

Емилия Каишева

**СЪДЕБНОМЕДИЦИНСКО
ЗНАЧЕНИЕ НА
ЧОВЕШКИТЕ КОСМИ**

2023

Съдебномедицинско значение на човешките косми

© Емилия Михайлова Каишева, автор

Рецензенти:

доц. д-р Александър Миладинов Апостолов, д.м.

доц. д-р Светлозар Спасов Спасов, д.м.

Първо издание

2023 © Всички права запазени. Настоящото издание или която и да е негова част не могат да бъдат възпроизвеждани (по електронен или механичен път) и разпространявани под каквато и да е форма без изричното писмено съгласие на автора.

ISBN 978-619-221-425-8

СЪДЪРЖАНИЕ

Рецензия, доц. д-р Александър Миладинов Апостолов, д.м. / 5

Рецензия, доц. д-р Светлозар Спасов Спасов, д.м. / 7

Съкращения / 9

Въведение / 10

1. Анатомия и физиология на космите / 12

1.1. Строеж и състав на космите / 16

1.2. Космен цикъл / 33

1.2.1. Анаген / 36

1.2.2. Катаген / 38

1.2.3. Телоген / 40

1.2.4. Екзоген / 42

1.2.5. Издърпани, отскубнати, спонтанно отпаднали косми / 42

2. Морфологични особености на космите / 46

2.1. Макроскопски характеристики / 54

2.1.1. Дължина на косъма / 55

2.1.2. Дебелина (диаметър) на косъма / 58

2.1.3. Форма на косъма / 59

2.1.4. Цвят на косъма / 67

2.1.5. Вид на върховия (свободния) край на косъма / 74

2.1.6. Особености на космите / 75

2.2. Микроскопски характеристики / 75

2.2.1. Медула / 80

2.2.2. Кортекс / 87

2.2.3. Кутикула / 105

2.2.4. Диаметър (дебелина) на косъма / 116

2.2.5. Напречно сечение / 121

2.2.6. Проксимален (коренов) край на косъма / 128

2.2.7. Дистален (върхов) край на косъма / 131

3. Увреждания на космите / 136

3.1. Болестни увреждания / 136

3.1.1. Вродени заболявания / 139

3.1.2. Придобити заболявания / 157

- 3.2. Травматични увреждания / 164
 - 3.2.1. Механични увреждания / 165
 - 3.2.1.1. Увреждания от ТТП / 165
 - 3.2.1.2. Увреждания от остри предмети / 173
 - 3.2.1.3. Увреждания от огнестрелни оръжия / 176
 - 3.2.2. Термични увреждания / 179
 - 3.2.3. Химични увреждания / 184
- 3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване / 186
- 4. Съдебномедицинско изследване на косми / 204**
 - 4.1. Идентификация / 213
 - 4.1.1. Произход / 223
 - 4.1.2. Видова принадлежност / 227
 - 4.1.3. Полова принадлежност / 240
 - 4.1.4. Етническа принадлежност / 251
 - 4.1.5. Регионален произход / 256
 - 4.1.6. Групова принадлежност / 269
 - 4.1.7. Индивидуална принадлежност / 277
 - 4.2. Сравнително изследване на косми / 286
- 5. Приложения / 298**
- 6. Библиография / 307**

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р Александър Миладинов Апостолов, д.м.
на монографичния труд на д-р Емилия Михайлова Каишева, д.м.
„Съдебномедицинско значение на човешките косми“

От съдебномедицинска гледна точка представеният за рецензия труд обхваща една изключително специфична и важна за съдебната медицина тема, каквато е изследването на човешки косми, явяващи се веществени доказателства като средство за индивидуална човешка идентификация и разкриване на престъпления срещу личността.

Структурата на монографията е съставена от шест глави с общ обем от 343 страници. Материалът е богато онагледен със 106 снимки, 10 фигури и 31 таблици. Използван е внушителен брой литературни източници – 410, като е направен обстоен литературен преглед на научно-практическите разработки, свързани с изследването на косми в търсенето на оптимални индивидуални идентификационни критерии при изследването на човешки и животински косми.

Направен е задълбочен и всеобхватен обзор на научните изследвания, формирали познанието за структурата и функциите на човешките косми, както и за сравнението и отдиференцирането им от животински косми и влакна с небиологичен произход.

Авторът е направил прецизен аналитичен преход от класическото макро- и микроскопско изследване на човешките косми и биохимичното им представяне към съвременните подходи за тяхното изследване, един от които е и методът на ДНК профилирането при изследване на ядрена и митохондриална ДНК.

Представени са разнообразни базови и съвременни методи и техники за изследване на характеристиките на човешките косми, които да покрият всички по-значими научно-практически изисквания и показатели при извършването на този тип проучвания. Изложението на материала е систематично и всеобхватно.

Анализирани са възможностите на микро- и макроскопските находки при извършване на съдебномедицински изследвания на човешки косми и са направени обосновани диференциално диагностични определяния и обсъждания.

Описани са и възможни увреждания и отлагания на биологични и небиологични следи по човешките косми като неразделна част в процеса на изследване на веществени доказателства.

За първи път в българската съдебномедицинска литература се прави подобен експертен сравнителен анализ на морфологията на уврежданията на човешките косми, причинени от различни травмиращи предмети, болестните им промени, както и задълбочена съпоставка между публикуваните резултати по темата от световни литературни източници.

Направена е умела съпоставка както на литературните данни по темата, а така също и между значителен набор от доказателствени компоненти и средства.

С оглед изтъкнатите качествени и количествени показатели считам, че издаването на монографията на д-р Емилия Каишева, д.м., със заглавие „Съдебномедицинско значение на човешките косми“, безспорно ще бъде много полезна за обучението на лекари специализанти, за експертната работа на съдебномедицинските специалисти, както и като цяло за развитието на съдебномедицинската теория и практика в Р България. Монографичният труд е необходим и би бил полезен и за експерти от структурите на МВР.

12.01.2023 г.

Доц. д-р Александър Апостолов, д.м.

Катедра по съдебна медицина и
деонтология при МФ на МУ-София

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р Светлозар Спасов Спасов, д.м.
на монографичния труд на д-р Емилия Михайлова Каишева, д.м.
„Съдебномедицинско значение на човешките косми”

Изборът на тема за научно изследване от областта на съдебната медицина несъмнено представлява обективна трудност поради интердисциплинарния характер на съдебномедицинската наука, широкия избор от теми, касаещи тази сравнително непозната на широката публика дейност, от една страна, и множеството лесно достъпни литературни източници, от друга страна. Бързото напредване на технологиите създава риск за автора неговият съзидателен и упорит труд да се окаже частично компрометиран като актуалност и значимост поради появата на по-съвременни технологични решения.

Предложената тема за изследване от страна на д-р Каишева прави нейното изследване трайно меродавно и актуално. С присъщото за нея аналитично отношение към изследваните теми, авторката предлага почти пълен и всеобхватен обзор върху научна зона, която в практиката е значима, а в научно-практическо отношение стои между съдебната медицина и научната дейност на експертите в научно-техническите звена на разследващите органи – МВР, Прокуратура, следствени отдели.

Представлява интерес оценката на научното ниво на споделеното от автора, което при изложението варира от строго научни познания и методики, свързани с експертната практическа работа, до широки общи познания по отношение на космите от човешки и животински произход, както и на влакна и обекти от природата, при които превалира научно-популярния и познавателен модел на представяне. Авторът е съчетал умело научната същност на разработката с нейното на много места научно-популярно звучене.

Считам, че работата на д-р Каишева ще бъде оценена по достойнство от всички, имащи отношение към изследвания обект, а именно изследването на човешки и/или животински косми и влакна при разследването на казуси в наказателното, а и в гражданското право.

Работата е обемна, което се е наложило от стремежа на автора да представи наличните знания по темата възможно най-пълно,

аналитично и най-важното – изразено пропедевтично. Вложен е значителен по обем труд за извеждане, отдиференциране и пропедевтично подреждане на информацията, преценена като необходима.

Монографията е представена в шест глави с общ обем от 343 страници. Темата е достатъчно добре онагледена със 106 снимки, 10 фигури и 31 таблици.

Библиографската справка е съответна на претенцията на автора за пълнота на изследването. Записани са 410 литературни източници с различна давност на публикуване на материалите в зависимост от хронологичното развитие на знанието и практиката по описаната тема.

Езикът на авторката е чист, ясен, необременен с чуждици или неразбираеми термини, което има основно значение за лесно и сравнително бързо възприемане на фактите и тезите на автора.

При работа с изследването, въпреки сериозния му обем, лесно се достига до желаната тематика поради доброто структуриране на работата и оптимално оформеното съдържание, което не е претрупано и е подредено и прегледно.

Считам, че работата е изключително полезно четиво по тази тема, успяла да обедини общите познанията в областта със споделени във втората част на труда професионален експертен опит и практика.

17.01.2023 г.
гр. Пловдив

Доц. д-р Светлозар Спасов, д.м.
Ръководител на Катедра по съдебна
медицина и деонтология
МУ-Пловдив

СЪКРАЩЕНИЯ

СЕМ – сканираща електронна микроскопия

ТЕМ – трансмисионна електронна микроскопия

АСМ – атомно-силова микроскопия

ВД – вещественно доказателство

СМ – съдебна медицина, съдебномедицински/ка/ко

МИ – медуларен индекс

ТПП – твърд тип предмет

ВЪВЕДЕНИЕ

Човешкото тяло, подобно на това на повечето бозайници, е покрито с косми (Pili, Trichos). Те се установяват по цялата кожна повърхност, с изключение на областта на дланите, стъпалата, гърба на крайните фаланги на пръстите, полулигавиците, млечните жлези и главичката на пениса.

Всеки косъм води началото си от космен фоликул, като общо в човешката кожа има около 2 000 000 космени фоликули, от които около 100 000 са разположени по скалпа.

Установено е, че развитието на космите се характеризира с цикличност и в края на последната фаза, след съответни промени, косъмът естествено отпада от задържащата го кожна покривка.

На ден всеки здрав човек губи между 80 и 120 косъма. Отделените косми могат да попаднат върху различни повърхности и намирането им на местопрестъплението има голямо съдебно-медицинско и криминалистично значение. То се определя от факта, че косми както от жертвата, така и от извършителя, могат да бъдат открити по тялото и дрехите на жертвата и съответно извършителя, по различни предмети, с които е извършено престъплението или които са присъствали на мястото на извършването му.

Донякъде това криминалистично значение на космите се определя от особеностите на анатомичната им структура. Те са много устойчиви във времето и на въздействието на факторите на околната среда, и на промените, развиващи се при гнилоствни процеси в трупа. Поради това космите могат да бъдат запазени и съответно изследвани дълго време след настъпване на смъртта, включително при ексхумирани трупове, при такива, престояли във вода или на открито.

Космите са добър обект за изследване и защото е възможно сравнително лесно и безболезнено да бъдат иззети както от жертвите, така и от заподозрените в извършване на различни типове престъпления – убийство, побой, блудство, изнасилване, при трудова злополука, при пътнотранспортно произшествие и др. Също така след изземването им могат да бъдат съхранявани продължително време, без това да изисква специфични условия или сложни техники за съхранение.

При космите се откриват и редица характерни особености в

зависимост от възрастта, етническата принадлежност, пола, областта на тялото, от което произхождат. В някои случаи се откриват и индивидуални особености – болестни, травматични и др., които е възможно да дадат насока за евентуалния източник на намерените на местопрестъплението косми.

Всичко изложено прави космите едни от най-леснодостъпните и в същото време ценни веществени доказателства в съдебномедицинската и криминалистична практика.

За правилното им изследване и последващата интерпретация на находките са нужни задълбочени познания на анатомичните, физиологичните и морфологичните особености на космите. Така добре подготвените специалисти в областта могат да изготвят експертизи, заключенията на които да са с по-голяма стойност в съдебния процес.

1. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ НА КОСМИТЕ

Космите са кожни придатъци с епидермален произход, подобно на ноктите, мастните и потните жлези. Развиват се във вдлъбнатини на епидермиса, известни като космени фоликули и както вече бе посочено, могат да се намерят изцяло по кожата на тялото, с изключение на няколко области, а именно дланите на ръцете, стъпалата на краката, гърба на крайните фаланги на пръстите и някои участъци на външните гениталии (Кряжева С.С., 1990; Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012; Златков Н. и съавт., 1998; Housk M.M., 2007; Buffoli et al., 2014).

По кожата на възрастен човек има общо около 2 милиона космени фоликула. Около един милион от тях са по главата (Szabo G., 1967; Lenihan J., 1988; Ferriman D., 1971) – в областта на скалпа и лицето, около 425 000 са фоликулите по торса, около 220 000 по горните и около 370 000 по долните крайници (Szabo G., 1967).

Установено е, че в различните части на тялото и в различните периоди от живота на човека се развиват различни типове косми. Фоликулите не са непременно определени да произвеждат един и същ тип косми през целия живот. Редица фактори оказват влияние върху промените (основни в това отношение са половите хормони). Съвкупността от тези фактори е отговорна за развитието на различни типове косми, от едни и същи фоликули – напр. терминални косми на мястото на велус по време на пубертета (McElwee K.J., 2008). Разбира се, хормоните могат да въздействат и за обратното развитие – оплешивяване при възрастни, предимно мъже, или оплешивяване след раждане при жени, когато велусни косми израстват вместо терминалните (Robertson J., 1999; Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012).

Още при раждането на детето тялото му е покрито с мъховидни косми – lanugo, чието формиране започва в зародиша от пети гестационен месец или 19-а гестационна седмица (Zviak C., Dawber R.P.R., 1986; Златков Н. и съавт., 1998). Тези косми опадат около седми-осми гестационен месец (Ferriman D., 1971) и непосредствено преди раждането се заменят от следващите косми – vellus (Robertson J., 1999; Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012; Златков Н. и съавт., 1998).

Велус космите са къси, тънки, меки, без медула и обикновено не са пигментирани или са слабо пигментирани (Zviak C., Dawber R.P.R.,

1986; Ferriman D., 1971; Audrey G., Cooper A., 2015). Дълги са 1-2 cm (Ferriman D., 1971), но могат да бъдат и 1 mm, а диаметърът им е 4 μ m или по-малко (Robbins C., 1988; Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012; Dawber R.P.R. et al., 2004). Те са разпространени сравнително равномерно по тялото, покривайки по-голямата част от повърхността му както при деца, така и при възрастни (Ferriman D., 1971; Audrey G., Cooper A., 2015). Могат да бъдат открити дори и върху видимо безкосмени области, като плешивия скалп, носа, челото или клепачите (Robbins C., 1988), но не присъстват върху дланите на ръцете и палмарната повърхност на пръстите, нито върху петите на стъпалата и плантарната повърхност на пръстите на краката (Zviak C., Dawber R.P.R., 1986; Robertson J., 1999).

През пубертета и при двата пола започват да се появяват терминални косми, заменящи велусните косми в пубисната и аксиларната област. Първо се появява пубисното окосмяване, следвано от аксиларното. За период от няколко години терминални косми заменят велусните в други части на тялото в следния ред: предна повърхност на подбедрицата, задна повърхност на подбедрицата, бедро отзад, бедро отпред, предмишница, корем, седалище, гръден кош, долна част на гърба, мишници и рамена (Reynolds E.L., 1951; Robertson J., 1999). Типът на разпределение на дългите косми се формира окончателно след 40–60-годишна възраст (Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012). Терминалните косми са тези, които обикновено се имат предвид, когато става дума за човешки косми. Те представляват финалният етап от диференциацията на космите при човека. Откриват се по скалпа, брадата, веждите, миглите, аксиларните и пубисните зони, като за разлика от велусните, те са груби, дълги, пигментирани, с голямо напречно сечение. Характеристики, както подобни на техните, така и на тези на велус космите, имат т.нар. междинни косми, които се срещат по ръцете и краката на възрастните индивиди (Audrey G., Cooper A., 2015; Robertson J., 1999; Dawber R.P.R., Van Neste D., 2004; Златков Н. и съавт., 1998).

В различните участъци на тялото терминалните косми имат различна дължина, форма, цвят, твърдост, напречен диаметър. Дължината и диаметърът им варират в широки граници (Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012) – дължина от 0,5 cm до метър и повече (за косми на скалпа) и диаметър от 30 до 120 μ m (Robbins C., 1988).

Според дължината си космите са: къси (четинести) и дълги (Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012; Златков Н. и съавт., 1998). Дългите косми се локализируют по капилициума – *capilli*, а след пубертета и в областта на пубиса и гениталиите – *pubes*, аксилите – *hirci*, и брадата на мъжете – *barbae*. Четинестите косми се разполагат по веждите – *supercilia*, ръба на клепачите – мигли – *cilia*, ноздрите – *vibrissae*, външните слухови канали – *tragi* (Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012; Златков Н. и съавт., 1998).

Видът на терминалните косми се променя с възрастта и към 50–60-годишна възраст те достигат своите максимален диаметър и дължина. При новородените косми са много тънки (20–40 μm), с годините се удебеляват и после, през старостта, отново изтъняват. Космите при русокосите са най-тънки – 50 μm в диаметър, при тъмнокосите – 75 μm , и при червенкосите – 100 μm (Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012).

Около 90% от космите по торса, рамената, ръцете и краката при мъжете са терминални косми. Делът на тези косми за същите области, но при жените, е около 35% (Montagna W., 1976; Robertson J., 1999). При тях терминалните косми са разположени основно по крайниците (Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012).

Не всички косми могат да бъдат точно отнесени към посочените категории. Съществуват и междинни типове или неопределени косми (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010; Sperling L.C., 2009; Randebrook R.J., 1964). Това предполага вариране в широки граници на дължината, дебелината, пигментацията и степента на медулация, дори за един определен телесен регион и трябва да се помни при съдебномедицинско изследване и сравнение на космите (Robertson J., 1999).

Освен типът, и нивото на растеж при човешките косми не е еднакво, като се влияе от редица фактори – телесна област, възраст, етап на развитие, пол, етнически произход, хранене, хормонални нива, метаболитни и генетични нарушения, сезонни промени и др. (Audrey G., Cooper A., 2015; Randall V.A., Ebling F.J., 1991; Wolfram L.J., 2003).

Най-изучавани са космите на скалпа, за които е установено, че растат със скорост от 0,35 mm до 0,44 mm (Saitoh M., 1969; Houck M.M., 2007; Krause K., Foitzik K., 2006) на ден или средна скорост на растеж 1 cm/месец. Според други автори (Audrey G., Cooper A., 2015,

Harkey M.R., 1993) темпът на растеж на окосмяването на скалпа варира от 0,6 до 1,5 cm всеки месец, поддържайки посочения среден темп от 1 cm/месец. Оставена неподрязана, косата на скалпа обикновено расте до 60–100 cm (Robertson J., 1999).

Скоростта на растеж за скалповите косми е малко по-висока при жените, отколкото при мъжете, но отнесено за цялото тяло средната дневна скорост на растеж на космите е по-голяма при мъжете (Robertson J., 1999). Според Cooper (Cooper, G.A.A., 2015) темповете на растеж на космите са по-бързи при мъжете във всички региони на скалпа, вариращи от 0,300 до 0,355 mm/ден спрямо тези при жените – 0,273 до 0,331 mm/ден.

При пубисните косми скоростта на растеж е приблизително еднаква за двата пола. Това окосмяване първо се появява при момичета между 8,5 и 13 години (средна възраст 11 години) и отнема три години, за да се развие моделът, характерен за възрастни. При момчетата растежът започва около 1,5 години по-късно (на средна възраст от 12,5 години) и също отнема три години (Reynolds E.L., 1951; Marshall W.A., Tanner, J.M., 1969,1970; Robertson J., 1999).

Пубисните косми имат по-бавен темп на растеж от скалповите, с по-дълга фаза на почивка (Kintz P. et al., 2015). Те растат със скорост от 0,35 mm на ден и при двата пола на възраст 15 години, като скоростта се увеличава с възрастта. За разлика от космите на скалпа, тук не настъпва промяна в дебелината с възрастта или в хода на космения цикъл. Няма и промяна при бременност.

Аксиларното окосмяване се появява на около 15-годишна възраст при момчетата и момичетата и достига пик при възраст между 20 и 30 години. Космената плътност е еднаква и при двата пола (Robertson J., 1999).

Лицевото окосмяване (брада) при момчетата също се появява през пубертета, започвайки по същото време като аксиларното окосмяване и замествайки велусните косми в определен ред. Началото е от ъглите на горната устна и се разпространява медиално, за да образува мустаците, след което се появява по бузите и накрая по брадата (Ebling F.J.G. et al., 1991).

С възрастта при мъжете се засилва растежът на космите на веждите и във външния слухов проход, а при жените – по брадичката. (Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012).

Обратно на посоченото развитие, терминалните косми, вече присъстващи на челната космена линия на скалпа, се заменят през пубертета от велусни, за да оформят лицевия изглед на възрастните представители и на двата пола.

Наблюдава се и сезонна вариация на скоростта на космения растеж. Randall и Ebling (Randall V.A., Ebling F.J.G., 1991) публикуват, че скоростта на растеж на космите от брадата достига връх през летните месеци, а е по-ниска през зимата.

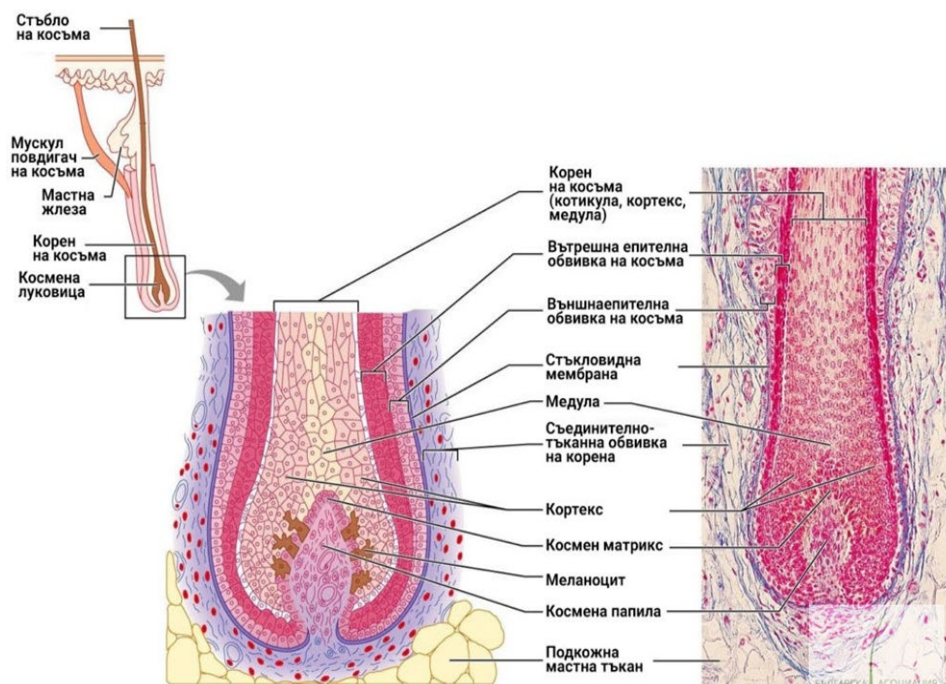
Известно е, че космените фоликули могат да бъдат повлияни и от редица системни фактори. Доказано е, че няколко хормона имат изявено въздействие върху космения растеж. Напр. тироидните хормони – хипотиреоидизмът води до значима редукция на броя и диаметъра на космите (Robertson J., 1999; Lavker R.M., 1993); половите хормони – овариектомията ускорява процеса на отпадане на космите, докато естрадиолът го забавя (Lavker R.M., 1993). Андрогените променят размера на космения фоликул и диаметъра на косменото стъбло. Те са необходими за развитието на пубисно, аксиларно и лицево окосмяване през пубертета и на по-късен етап от живота са отговорни за промените в космения тип при оплешивяване (или мъжки тип алопеция) (Leshin M., Wilson J., 1981, Lavker R.M., 1993), състояние засягащо хора и от двата пола. Оплешивяването се инициира във възприемчиви фоликули от действието на същите андрогени, които предизвикват развитието на полово окосмяване през пубертета, но ефектите им са противоположни. Докато при половото окосмяване фоликулите се насочват от продукцията на велусни към терминални косми, при оплешивяването фоликулите, продуциращи терминални косми, се променят прогресивно и намаляват на размери, докато отново започват да продуцират велусни косми (Robertson J., 1999).

За да се разберат добре посочените физиологични особености на човешкото окосмяване, е необходимо да се разгледа по-задълбочено анатомичният модел на косъма.

1.1. Строеж и състав на космите

Човешкият косъм е съставен от две части – стъбло (*scapus pili*) – частта, видима над повърхността на кожата – тънка, гъвкава тръба от мъртви, напълно кератинизирани епителни клетки, и корен (*radix*

pili) – разположен в дермата и завършващ с подобно на луковица разширение (bulbus pili), обграждащо мезенхимната дермална папила в горната част на хиподермата (Sperling L.C., 1993; Houck M.M., 2007; Туманов А.К., 1975; Buffoli B. et al, 2013, 2014; Krause K., Foitzik K., 2006; Erdoğan B., 2017).



Фигура 1. Схематичен модел на комплекса косъм-мастна жлеза
(<https://trichology.bg/>)

Коренът на косъма се намира в космен фоликул (folliculus pili), представляващ инвагинация на епидермиса на 3-4 mm под повърхността на кожата, явяващ се ключова структура, отговорна за растежа на косъма (Audrey G., Cooper A., 2008; Buffoli B. et al, 2014). Фоликулът се разполага под ъгъл, с основа обикновено в подкожната мастна тъкан (Blume-Peytavi U. et al, 2015; Кряжева С.С., 1990). Всички космени фоликули имат еднаква архитектура и заедно с мастната жлеза и мускула повдигач на косъма (m. arrector pili) формират така наречената пилосебацейна единица (Blume-Peytavi U. et al, 2008; McElwee K.J., Sinclair R., 2008) (Фигура 1).

При надлъжен срез фоликулът може да бъде анатомично разделен на два основни сегмента (Jain S., 2012; Preedy V.R., 2012; Erdoğan B., 2017):

Горен сегмент, съставен от:

- infundibulum – най-горната част на космения фоликул, простираща се от повърхността на епидермиса до отвора на мастната жлеза и завършваща с отвор на повърхността (ostium folliculare). Тя е фуниевидна структура, изпълнена със себум – продукт на мастните жлези (Erdoğan B., 2017; Buffoli B. et al., 2014). В нея настъпва втвърдяването на външната коренова обвивка чрез образуване на гранулиран клетъчен слой, подобен на епидермалната повърхност (Sperling L.C., 2003; Amy J. McMichael A.J, Hordinsky M.K., 2008; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Jain S., 2012; Blume-Peytavi U., Vogt A., 2011; Park A.M. et al., 2018).

- istmus (провлак) – късата средна част, простираща се между изходния канал на мастната жлеза и залавното място на m. arrector pili (изпъкналостта) (Sperling L.C., 2003; McMichael A.J, Hordinsky M.K., 2008; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Jain S., 2012; Park A.M. et al., 2018; Buffoli B. et al, 2013, 2014; Randall V.A., Botchkareva N.V., 2009).

В някои области на тялото в тази част на фоликула се отварят и апокринните (потните) жлези (Erdoğan B., 2017). Истмусът е важна преходна зона за фоликуларната кератинизация. В средната част на провлака вътрешната коренова обвивка се отделя, което води до разделяне между косменото стъбло и фоликуларната стена. В тази област клетките на външната коренова обвивка започват да се уплътняват, без да се образува гранулиран клетъчен слой – трихилемална кератинизация (Sperling L.C., 2003; Buffoli B. et al, 2013).

В изпъкналия сегмент на външната коренова обвивка на истмуса, близо до залавянето на m. arrector pili, се намират стволите клетки на фоликула (Arwert E.N et al., 2012; Erdoğan B., 2017; Plikus M.V., Chuong C.M., 2014). Тези клетки са мултипотентни и техните потомци генерират новия долен анагенен космен фоликул. Една от най-отличителните черти на стволите клетки е тяхната бавно циклична природа, вероятно за запазване на пролиферативния им потенциал и за минимизиране на ДНК грешките, които могат да възникнат по време на репликация. Тези клетки мигрират в посока надолу във фоликула. При навлизане в матрикса на космената

луковица те се размножават и преминават през терминална диференциация, за да образуват косъма и вътрешната коренова обвивка. Също така мигрират дистално, за да образуват мастни жлези, като се размножават в отговор на стимулация (Erdoğan B., 2017; Plikus M.V., Chuong C.M., 2014).

Заедно истмусът и инфундибулумът съставят постоянната зона на фоликула, която персистира през всички фази на космения цикъл.

Долен сегмент – долен космен фоликул, простиращ се от изпъкналостта (точката на прикрепване на *m. arrector pili*) до основата на фоликула, състоящ се от супрабулбарна и булбарна области (надлуковична и луковична част) (Erdoğan B., 2017; Sperling L.C., 2003; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Erdoğan B., 2017; Jain S., 2012; Park A.M. et al., 2018). Също е известна като преходна зона, защото е частта от фоликула, която регресира, т.е. търпи обратно развитие през катагенната фаза и отново регенерира в хода на космения цикъл. Тя се състои от клетките на космения матрикс, обгръща дермалната папила и е покрита от вътрешната коренова обвивка. Външната коренова обвивка присъства, но не е кератинизирала. Там е и най-широкият диаметър, наречен критична линия на Auber – под нея е мястото, където се проявява по-голямата част от митотичната активност (Auber L., 1950; Buffoli B. et. al, 2014; Audrey G., Cooper A., 2015). В булбуса са разположени и меланоцитите (пигмент-продуциращите клетки), които осигуряват меланозоми за цвят на косъма (Blume-Peytavi U. et al, 2008; Barnicot N.A. et al., 1955; Robbins C.R., 2012; Jain S., 2012; Tobin D.J. et al., 1995; Erdoğan B., 2017). Меланоцитите и техните предшественици се намират както в космения матрикс, така и по дължината на външната коренова обвивка на анагенните космени фоликули. Въпреки това производството на космения пигмент (черен – еумеланин, и/или червеникав – феомеланин) се случва само в специализираната пигментна единица на космения фоликул, разположена над и около дермалната папила, през анаген III–VI. Синтезът на меланина се установява в свързаните с лизозомите органели, наречени меланозоми. В прекортикалния матрикс тези меланозоми се прехвърлят към кератиноцитите на косъма и образуват пигментиран косъм, като всеки меланоцит има дендрити (израстъци), които се простират нагоре между бъдещите кортикални клетки (Robertson J., 1999; Swift A.J., 1977). Косменият фоликул съдържа

също и меланоцитни стволови клетки, разположени в изпъкналостта на истмуса (Erdoğan B., 2017).

В долния полюс на булбуса е вмъкната съединителнотъканна папила (papilla pili), съдържаща нерви и кръвоносни съдове, осигуряващи трофиката на косъма (Кисин М.В. и съавт., 1984; Preedy V.R., 2012; Корнишева В.Г., Ежков Г.А. 2012; Туманов А.К., 1975). Живата част на косъма е само най-долната част на луковицата – дермалната папила и заобикалящият я космен матрикс (Erdoğan B., 2017; Buffoli B. et al., 2014; Rogers M.A. et al., 2006; Dawber N., 1997; Randall V.A., Botchkareva N.V., 2009; Seta S. et al., 1988).

Този матрикс се състои от бързо пролифериращи кератиноцити, които се придвижват нагоре, за да образуват косъма (Erdoğan B., 2017, Rogers M.A., 2006, McMichael A.J, Hordinsky M.K., 2008, Blume-Peytavi U. et al, 2008, Jain S., 2012). При придвижването си през горната част на булбуса матриксните клетки увеличават обема си и се удължават вертикално. Горният булбус може да бъде разделен на четири части: 1. над критичното ниво, в широката част на луковицата – зона на предварителното удължаване, където клетките се подравняват вертикално и стават малко по-големи; 2. над тази област, където диаметърът на луковицата е по-тесен и клетките стават видимо удължени – област на клетъчното удължаване; 3. непосредствено над нея, в кортикалната предкератинизационна област, могат да се видят отделни фини влакна или фибрили, оцветени с основни багрила; 4. най-горна, кератогенна зона, където клетките се хиалинизират и кератинът на косъма се стабилизира. В зависимост от дължината на фоликула кератогенната зона завършва приблизително на една трета от разстоянието между върха на папилата и повърхността на кожата (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010; Audrey G., Cooper A., 2015; Buffoli et al., 2014).

Супрабулбарната област на фоликула, под истмуса и над булбуса, се състои от няколко приблизително цилиндрични и концентрични клетъчни слоя, които закрепят косменото стъбло. Представени, при напречен срез през фоликула, отвън навътре те са (Erdoğan B., 2017; Jain S., 2012; Sperling L.C., 2003; Morioka K., 2004; Blume-Peytavi U. et al., 2008):

Фиброзна обвивка на корена → стъкловидна мембрана → външна коренова/епителна обвивка → вътрешна коренова/епителна обвивка, представена от 3 слоя – слой на Henle, слой на Huxley и

кутикула → кутикула на косменото стъбло → кортекс → медула (Sperling L.C., 2003; Morioka K., 2004; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Jain S., 2012; Buffoli et al., 2014; Audrey G., Cooper A., 2015; Rogers M.A. et al., 2006; Shimomura Y., Christiano A.M., 2010).

Съединителнотъканната обвивка представлява мезенхимален фоликуларен слой, който прилепва към базалната мембрана на космения фоликул и е непрекъснато продължение на фоликуларната дермална папила.

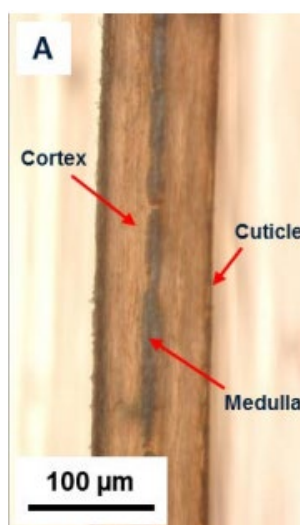
Вътрешно спрямо нея се разполага стъкловидната мембрана, обвиваща външната коренова обвивка (Morioka K., 2004; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Rogers G.E., 2004; Erdoğan B., 2017).

Външната коренова обвивка, от своя страна, е най-повърхностният компонент, обвиващ другите клетъчни пластове на фоликула и преминаващ в епидермиса (Preedy V.R., 2012; Cotsarelis G., 2006). Тази коренова обвивка продължава по дължината на космения фоликул от епидермиса, инфундибулума до нивото на булбуса и клетките ѝ се променят значително в целия фоликул. В инфундибулума тя прилича на епидермис, докато на ниво истмус клетките ѝ започват да кератинизират в трихилемален режим. Образува областта на изпъкналостта в основата на истмуса, служи като резервоар от мултипотентни стволови клетки, т.е. кератиноцитни и меланоцитни стволови клетки, и е отговорна за развитието и пигментацията на космения фоликул (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010; Audrey G., Cooper A., 2015; Randall V.A., Botchkareva N.V., 2009; Park A.M. et al, 2018; Erdoğan B., 2017; Buffoli et al., 2014).

Вътрешна коренова обвивка – клетките ѝ произвеждат кератини и трихохалин, които служат като вътреклетъчен цимент, даващ сила на тази обвивка да поддържа и оформя растящия косъм, както и да направлява движението му нагоре (Erdoğan B., 2017; Buffoli et al., 2014; Audrey G., Cooper A., 2015). Вътрешната коренова обвивка започва от нивото на истмуса и продължава до основата на булбуса. В областта на истмуса тази обвивка се отделя, разделяйки косменото стъбло и фоликуларната стена (Preedy V.R., 2012, McMichael A.J, Nordinisky M.K., 2008). Най-външно е разположен придружаващият слой – единичен клетъчен слой между обвивките на корена. Някога се е смятало, че той е слой от външната коренова обвивка, но впоследствие е доказано, че взаимодейства по-тясно с други слоеве

от вътрешната коренова обвивка (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010). Придружаващият слой е прикрепен към слоя на Henle и се придвижва нагоре към областта на истмуса заедно с останалата част от вътрешната обвивка на корена, действайки като равнина, по която вътрешната обвивка се приплъзва по неподвижната външна обвивка на корена по време на растежа на косъма (McMichael A.J, Hordinsky M.K., 2008; Robertson J., 1999; Stenn K.S., Paus R., 2001; Rogers M.A. et al, 2006). Следват три ясно отграничени слоя – слой на Henle, слой на Huxley и вътрешна коренова кутикула (Dawber R., 1997). Слойът на Henle е с дебелина от един ред клетки и се вроговява веднага след образуването си. Слойът на Huxley е с дебелина от две до четири клетки и вроговява в регион, известен като ресни на Адамсън (Erdoğan B., 2017). Вътрешната кутикула на кореновата обвивка е изградена от частично припокриващи се клетки, които се свързват със сплесканите клетки на кутикулата на косменото стъбло, като тази връзка между кутикулите образува един анатомичен слой, известен като кутикуларен слой. Плътното преплитане на двете кутикули закрепва косменото стъбло към фоликула (Sperling L.C., 2009; Preedy V.R., 2012).

Навътре от вътрешната коренова обвивка се разполага косменото стъбло. Хистологично то се състои от три слоя под вид на вградени един в друг цилиндри (Фигура 2).



Фигура 2. Схематичен модел на космено стъбло – кутикула, кортекс и медула (Flinders B., 2018)

Най-вътрешният слой се нарича медула – *substantia medullaris* (не е представена във всички човешки косми), вторият слой е кортекс – *substantia corticalis* (съдържа основната част от протеините на косменото стъбло и играе важна роля за физичните и механичните свойства на косъма), а най-външният слой е кутикула – *cuticula pili* (поддържа целостта на косменото влакно) (Bhushan B., 2010; Dawber R., 1997; Туманов А.К., 1975; Buffoli et al., 2014; Audrey G., Cooper A., 2015; Wolfram L.J., 2003; Rogers G.E., 2004; Erdoğan B., 2017; Buffoli et al., 2014).

Медулата е централното ядро на косъма, оформено като колона от прозрачни клетки и въздушни пространства, вариращи при различните типове косми (Park A.M. et al., 2018; Erdoğan B., 2017). В процеса на развитие на косъма медуларните клетки колабират по начин, който придава на медулата изглед на мрежа от клетъчни връзки и пространства, изпълнени с въздух. Медулата съдържа структурни протеини и еозинофилни киселинни гранули (Erdoğan B., 2017), като е характерно, че клетките ѝ продуцират протеин, съдържащ аминокиселината цитрулин, което го прави различен от протеините на кортекса и кутикулата.

Медуларните клетки се развиват от стъбловите клетки в изпъкналостта на истмуса. Диференциацията на медуларните клетки започва с появата на характерни електронно плътни, аморфни гранули, които варират по размер и не са свързани с мембрани. Броят и размерът им нараства в късните етапи от развитието, когато в клетките вече се откриват големи количества гликоген. С придвижването на клетките нагоре във фоликула митохондриите им набъбват и вакуолизират и в цитоплазмата се появяват везикули – богати на гликоген вакуоли и медуларни гранули, които съдържат цитрулин (Park A.M. et al., 2018). Ядрата дегенерират и гранулите показват тенденция към неправилност и слепване.

Над нивото на епидермиса медуларните клетки се дехидратират и вакуолите се изпълват с въздух (Dawber R.P.R., Van Neste D., 2004). В зрелия косъм клетките формират централното му ядро, заобиколено от кортикални клетки, въпреки че последните могат да нарушат това ядро, в случай че е имало пауза в продукцията на медуларни клетки – така се формират различните типове медула (Robertson J., 1999). Невинаги обаче медулите се изразждат и изпълват с въздух. В някои случаи се наблюдава прекъсване на медулата.

Такова се установява при светлинномикроскопско изследване и се дължи на пълни с въздух вакуоли, които се намират в голям брой както във, така и извън медуларните клетки, и на вакуоли без въздух и клетки на кората, които са избутали медуларните (Dawber R.P.R., Van Neste D., 2004; Preedy V.R., 2012).

Кортексът е следващият слой на косменото стъбло. Той е основният му структурен компонент, като изгражда около 90% от него и допринася най-много за механичните и физични свойства на влакното. Кортексът е съставен от плътно пакетирани, с вретеновидна форма, напълно кератинизирани трихоцити, които са циментирани плътно едни към други и с ос, ориентирана паралелно на оста на косменото стъбло.

Бъдещите кортикални клетки произлизат от централните клетки в булбуса, обкръжаващи тези, които формират медулата. Първоначално клетките съдържат големи, груби, сферични ядра и дълги, тънки митохондрии. В началото клетките са заоблени, но повърхността им започва да се нагъва. Обичайно се появяват междуклетъчни празнини с размери до 2-3 μm , като това се запазва докато клетките се придвижват към средното до горно ниво на булбуса. Тези празнини позволяват на дендритите на меланоцитите да проникват между развиващите се кортикални клетки (Robertson J., 1999). Меланиновите пигменти, синтезирани в меланоцитите, са опаковани в обвити с мембрана гранули, които се придвижват навън по хода на дендритите. Хомогенни овални еумеланинови гранули и ламеларни феомеланинови гранули с променлив състав и плътност образуват широкия спектър от тъмна до светла коса. Счита се, че меланин-натоварените дендрити се поглъщат от мембраната на реципиентните кортикални клетки, прищипват се и се изтеглят в цитоплазмата – процес, подобен на фагоцитоза (Swift A.J., 1977). Частичното смилане на тези фрагменти освобождава пигментните гранули във вътрешността на кортикалните клетки. Броят, разпределението и видът на меланиновите гранули, съдържащи се в тях, са това, което определя цвета на косъма (Preedy V.R., 2012; Туманов А.К., 1975; Park A.M. et al., 2018; Khan S., 2017; Alaiti S. et al., 2017).

Мигрирайки нагоре, клетките бързо се удължават във вретеновидни и клетъчното съдържимо, включително ядрата и

митохондрииите, се ориентира паралелно на оста на фоликула (Erdoğan B., 2017). На този етап за първи път в клетките се забелязват нишки, които също са успоредни на оста на клетките. Докато клетките мигрират през шийката на булбуса, снопчетата от филаменти бързо нарастват на дължина и ширина, до формиране на макрофиламенти (макрофибрили) с пигментни гранули, разположени между тях (Robertson J., 1999).

По-нагоре, в кератиногенната зона на фоликула, макрофибрилите стават по-ясно очертани, изградени от повече филаменти (микрофибрили) и аморфен интерфиламентен материал – матрикс (Erdoğan B., 2017; Buffoli et al., 2014; Robertson J., 1999). Макрофибрилите нарастват на дължина и ширина, изпълват почти цялата клетка, залавяйки ядрото и клетъчни останки в пространствата между тях (Swift A.J., 1977; Rook A., Dawber R., 1982). През последните фази на диференциация кортикалните клетки се дехидратират, при което диаметърът на косъма намалява с 20% (Rook A., Dawber R., 1982). От този момент тъканта на косменото влакно е биологично неактивна и се счита за „мъртва“.

При завършване на процеса на диференциация и кератинизация кортексът е изграден от плътно опаковани вретеновидни кортикални клетки с дължина около 100 μm и ширина 3-6 μm , които са подравнени успоредно на дължината на косъма (Preedy V.R., 2012; Randebrook R.J., 1964; Bhushan B., 2010; Seta S. et al., 1988) и междуклетъчен свързващ материал или клетъчно-мембранен комплекс (Bhushan B., 2010; Buffoli et al., 2014). Този мембранен комплекс се състои не само от двете клетъчни мембрани, но и от лепилоподобен материал, осъществяващ адхезията между кортикалните клетки (Tobin D.J., 2005). Междуклетъчният цимент на комплекса е съставен предимно от структурни липидни и некератинови протеини и е с ниско съдържание на цистин (~2%) (Bhushan B., 2010; Robbins C.R., 2012; Dawber R.P.R., Van Neste D., 2004). Такива клетъчно-мембранни комплекси се установяват между кортикалните клетки, между тях и клетките на кутикулата (в местата на свързване на кортекс и кутикула), както и между самите кутикуларни клетки.

В кортекса между кератинизираните кортикални клетки са разпръснати различни количества малки въздушни пространства, наречени кортикални фузии. Преди косъмът да е напълно

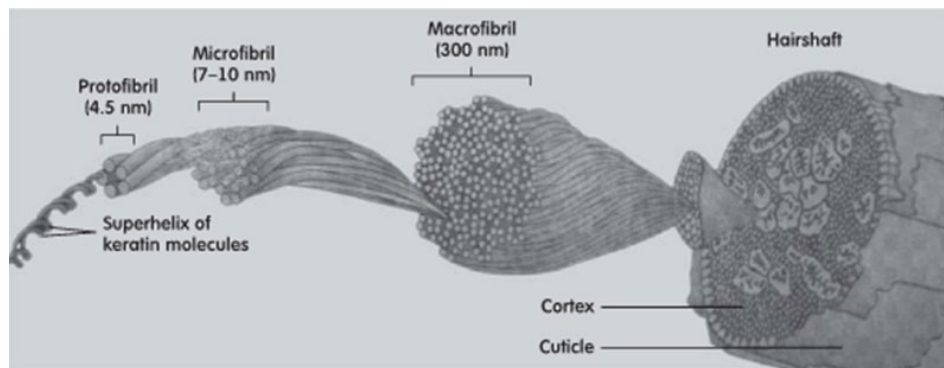
кератинизиран, тези кортикални фузии са запълнени с течност. По-късно, когато косъмът расте и се дехидратира, течността се заменя с въздух. При наблюдение в пропусната светлина тези въздушни пространства изглеждат тъмни.

Овоидните телца са другите структури, които могат да се открият в кортекса, като наличието им в космите на скалпа не е рядкост, но не са и постоянно присъстващи. Представяват добре очертани, силно уплътнени сгрупвания от неразпръснат пигмент. Те са големи (по-големи от пигментните гранули) твърди структури със сферична до овална форма и много правилно очертани ръбове (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004; Ogle R.R. et al., 1999).

Основните структури в самите кортикални клетки са плътно опаковани макрофибрили (90%), ядрени остатъци и пигментни гранули (10%). От своя страна всяка макрофибрила е твърда цилиндрична единица с диаметър от 0,1 до 0,4 μm , състояща се от няколкокостотин филаментни протеини, плътно опаковани в по-малко подредена матрица (Buffoli et al., 2014). Между макрофибрилите има променливи количества междумacroфибриларен матрикс и меланинови гранули. Всяка макрофибрила се състои от микрофибрили, които са изградени от протофибрили или алфа-кератинови интермедиерни филаменти (Robertson J., 1999; Seta S. et al., 1988; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982; Туманов А.К., 1975). Междинните нишки (интермедиерни филаменти, протофибрили), около 7,5 nm в диаметър, са с ниско съдържание на цистин (~6%), а матриксът около тях е богат на цистин (~21%). Кератините на тези нишки съдържат 400 до 500 аминокиселинни остатъци, образуващи твърди кератинови полипептидни вериги (Фигура 3). Кератиновите протеини се разделят на две големи семейства: кератини от тип I (киселинни) и кератини от тип II (основно-неутрални), като и двата типа се намират предимно в кората и кутикулата на косъма (Dawber R., 1997; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; Blume-Peytavi U. et al., 2008; Erdoğan B., 2017; Rogers G.E., 2004; Rogers M.A. et al., 2006).

Кератиновите вериги имат голям брой сяра-съдържащи цистеинови остатъци. Тези остатъци от съседни кератинови филаменти образуват ковалентни дисулфидни връзки, които създават силно кръстосано свързване между кератиновите вериги (Buffoli et al., 2014, Feughelman M. et al., 2002). Дисулфидните връзки придават форма, стабилност и устойчивост на косменото стъбло. Други по-

слаби връзки, като взаимодействия на Ван дер Ваалс, водородни и солни връзки, също играят роля в свързването на кератиновите полипептидни вериги (Feughelman M. et al., 2002; McMichael A.J, Hordinsky M.K., 2008; Park A.M. et al, 2018).



Фигура 3. Структура на кортекса на косменото стъбло (J.L. Bolognia, J.L. Jorizzo, R.P. Rapini, 2008 – Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012)

Кератиновите интермедиерни филаменти в макрофибрилите са напълно разделени от електронно-плътен матрикс, състоящ се от КАР протеини (кератин-свързани протеини), диспергирани между тях (Buffoli et al., 2014; Erdoğan B., 2017; Rogers G.E., 2004). КАР протеините са голяма група от 100 различни протеина. Матриксните протеини попадат в три основни семейства според техния аминокиселинен състав и молекулен размер. Те са обозначени като протеини с високо съдържание на сяра (цистеин), протеини със свръх високо съдържание на сяра (цистеин) и протеини с високо съдържание на глицин-тирозин, експресиращи се различно в кортекса, кутикулата и медулата (Parry D.A., 2006; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Dawber R., 1997; Dawber R., Van Neste D. 2004; Rogers G.E., 2004; Rogers M.A. et al., 2006; Park A.M. et al., 2018; Houck M. M., 2007).

Кутикулата е най-външният слой на косменото стъбло, покриващ изцяло кортекса. Тя осигурява целостта на косъма, защитавайки го от метеорологични въздействия и разкъсване. Изградена е от плоски, вроговени, припокриващи се клетки, подредени като керемиди на покрив, плътно прилягащи към стъблото в проксималния край (сочещ към корена) и свободни в дисталния (към върха на косъма), където частично покриват по-високо

разположените клетки и в различна степен се отклоняват от стъблото (Preedy V.R., 2012; Deedrick D.W., Koch S.L., 2004). По този начин свободните краища на клетките придават на човешките косми характерната повърхностна структура, имаща идентификационно значение при съдебномедицинското им изследване (Robbins C.R., 2012; Туманов А.К., 1975; Кисин М.В. и съавт., 1984).

Кутикулата на стъблото всъщност има строеж, подобен на този на вътрешната коренова обвивка, но при последната свободните ръбове на припокриващите се клетки са ориентирани към проксималния край на корена и булбуса. Това позволява двата кутикуларни слоя плътно да се захванат и да се блокират, за да функционират като направляваща обвивка и котва за проксималния край на косменото стъбло (Preedy V.R., 2012; Park A.M. et al., 2018; Khan S., 2017; Alaiti S et al., 2017; Erdoğan B., 2017). Благодарение на това заключващо свързване на кутикулите на обвивката и влакното, при рязко дръпване на растящ косъм, той може да се отдели заедно с прикрепената към него вътрешна коренова обвивка (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982). Посоченото има голямо значение при съдебномедицинското изследване на космите като веществени доказателства, тъй като позволява извършването на ДНК изследване и съответно по-пълна и точна идентификация на изследваните косми. При естественото отпадане на косъма, той се отделя самостоятелно, без вътрешната коренова обвивка (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Кутикулата в човешките косми е изградена от един слой клетки, но поради частичното им припокриване тя изглежда многослойна – до 6-8 слоя клетки (Robbins C.R., 2012). Според Dawber и Van Neste (Dawber R., Van Neste D. 2004) кутикулата е съставена от пет до десет припокриващи се клетъчни слоя, като общата дебелина на кутикуларния слой е приблизително 3-4 μm (Park A.M. et al., 2018; Khan S., 2017; Alaiti S et al., 2017). Клетките на кутикулата са без пигмент, но изграденият от тях слой е тънък, позволяващ на светлината да прониква до пигментите на кортекса.

Установено е, че броят на слоевете варира малко при различните видове, от груби до фини косми, и по този начин в последните кутикулата може да представлява до 10% от теглото на влакното (Dawber R., 1997).

При изследванията си Dawber, както и Takahashi et al. (Dawber R., 1997; Takahashi T. et al., 2006), показват, че има разлика в дебелината на слоя кутикуларни клетки при хората с различна етническа принадлежност – по-голяма е при тези с азиатски произход. Това също се отчита при идентификационното определяне на предоставените като ВД косми.

Кутикулата се състои от различни субламеларни слоеве (епикутика, А-слой, екзокутикула, ендокутикула и вътрешен слой) и клетъчноембранен комплекс (Bhushan B., 2010; Robbins C.R., 2012; Tobin D.J., 2005; Dahiya M.S., Yadav S.K., 2013; Robbins, C. 1988; Buffoli B. et al., 2014).

Отделните кутикуларни клетки са с дебелина приблизително 0,3-0,5 μm и видима дължина приблизително 5-10 μm . Те се развиват от стволни клетки, подобно на останалите космени слоеве. Първият знак за тяхната диференциация е изграждането на клетъчна мембрана. Това е резултат от формирането на малки зони на контакт между бъдещите кутикуларни клетки. С напредване на диференциацията броят и площта на тези контакти се увеличава, докато те напълно покриват повърхностите между клетките. Формира се организиран слой от кубоидни клетки, които по-нататък преминават през бавна промяна на формата, докато се придвижват нагоре през булбуса и областта на истмуса, където стават плоски и се удължават и след това се приплъзват една върху друга, за да образуват слой от припокриващи се клетки (Swift A.J., 1977). Ядрата на клетките се придвижват към долния край на клетката и се сплескват. Гранули от около 30-40 nm в диаметър се забелязват в началото в периферията на клетките. Тези гранули нарастват по размери във външната част на клетката, докато изпълнят тази половина от клетката и притиснат ядрото и цитоплазмата в другата (вътрешната) половина. Грануларният материал се променя, образувайки екзокутикулата и слоя „А“ от кутикулата на зрелия косъм, а лежащата под нея плоска зона от остатъчна цитоплазма се кондензира и дехидратира, образувайки от цитоплазмените включвания на развиващата се клетка ендокутикулата (Swift A.J., 1977). Епикутикулата е най-външният, по повърхността на косменото стъбло, хидрофобен липиден слой от наситена мастна киселина, наречена 18-метилейкозанова киселина (18-МЕА), който предпазва косъма като допринася значително за омазняването на косъма и

предотвратяване на по-тежки увреждания при ежедневната грижа за косата. Той не се вижда при рутинна светлинна микроскопия.

Между отделните клетки на кутикулата се разполага клетъчно-мембранный комплекс. Както вече бе посочено, този комплекс действа като естествен адхезив, свързвайки клетките на основните цилиндрични космени слоеве. Описани са три типа мембранны комплекси: между клетките на кутикулата, между клетките на кортекса и между кортикалните и кутикуларни клетки (кутикула-кутикула, кортекс-кортекс и кутикула-кортекс). Посочените комплекси освен заздравяваща, имат и бариерна функция – стопират проникването на различни вещества от околната среда навътре в косъма (Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012).

Нормалната (неувредена) кутикула има гладък външен вид, което позволява отразяване на светлината и ограничаване на триенето между космените стъбла. Отговорна е за блясъка и устойчивостта на косъма (Park A.M. et al., 2018; Khan S., 2017; Alaiti S et al., 2017), тъй като целостта и свойствата на слоя кутикула оказват голямо влияние върху външния вид на косъма (Buffoli B. et al., 2014). Кутикулата може да се повреди от сили на триене (четкане, сресване или сушене с издухване), химическо отстраняване, особено чрез окисляване. Това елиминира първата хидрофобна защита на косъма и оставя повърхността му по-пореста и уязвима на въздействие на различни външни вещества и фактори на средата (Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012).

Освен посочения специфичен строеж, косменият фоликул има и характерна инервация и васкуларизация, свързани с космения цикъл и създаването на нови космени влакна. Към космения фоликул са прикрепени: мускул – *m. arrector pili*, мастна и апокринна жлези, секретират директно във фоликула.

Нервите на космените фоликули са подредени подобно на дермалната нервна мрежа и включват сензорни аферентни и автономни симпатикови нерви. Те произхождат от дермалната мрежа, като се издигат от дермата или подкожната тъкан, за да инервират космения фоликул от булбуса до епидермиса. На нивото на мастната жлеза някои, но не всички, космени фоликули са заобиколени от окръжност от нерви, подредени във външен кръгъл слой и вътрешен надлъжен слой (Buffoli B. et al., 2014; Erdoğan B., 2017; Hordinsky M.K., Ericson M., 1999).

По същия начин васкуларизацията на фоликулите се осигурява от мрежа от капиляри и артериоли, които са разклонения на дермалния плексус на аа. Musculocutanei (Robertson J., 1999; Blume-Peytavi U. et al., 2008). В активния фоликул капилярите обграждат долната трета, от основата до малко над булбуса, в подобен на дантела модел от паралелни съдове, свързани с напречни шънтове (Hordinsky M.K., Ericson M., 1999). От върха на булбуса до нивото на себумната жлеза тези шънтове намаляват, но капилярната мрежа се съгъства отново около жлезата и космения канал. Капилярни примки формират съдов пръстен около отвора на растящия фоликул под епидермиса (Robertson J., 1999).

Кръвоснабдяването на дермалната папила, космения фоликул и себумната жлеза формира обща функционална единица. Най-плътно васкуларизираната част на фоликула е на нивото на кератогенната зона на горната граница на булбуса – най-важния регион за обмяна на метаболити като глюкоза и кислород, необходими за растежа. Ясно е, че това е и пътят за обмяна на други вещества, включително лекарства и наркотични вещества, които са от експертен интерес поради включването им в косъма. През дермалната папила е другият вероятен път за трансфер на такива субстанции.

По време на различните фази на космения цикъл се наблюдават някои вариации в кръвоснабдяването. По-специално по време на анаген има значително увеличение на перифоликуларната васкуларизация, свързано с повишаване на експресията на съдовия ендотелен растежен фактор от кератиноцитите на външната коренова обвивка (Buffoli B. et al., 2014; Erdoğan B., 2017).

През катагена, когато булбусът атрофира, фоликулът се придвижва нагоре в дермата и частично извън мрежата от капиляри, които дотогава го заобикалят. Дермалната папила също се придвижва нагоре и се отдалечава от капилярното си снопче, така че през телогена дермалната папила е все още обградена от капилярна мрежа, но не и проникната от нея. Кръвоснабдяването на перманентната (горна) зона на фоликула и себумната жлеза остават интактни (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

Себумните жлези се формират вътреутробно като израстъци на фоликула и се разполагат в тъпия ъгъл, образуван между косъма и кожата, над m. arrector pili. Състоят се от множество дялове, прикрепени към фоликуларния канал чрез общ дуктус на нивото над

подутината и себумът се освобождава през този дуктус в канала и оттам попада върху кожата. В мембранните системи на клетките се извършва преобразуване на гликогена в липиди, формиращи впоследствие себума.

Основните компоненти на човешкия себум са сквален, восъчни естери и триглицериди и се предполага, че функцията му е свързана със защита – прави косяма непроницаем за влага (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

Освен посочената характерна анатомична структура, космите на главата и останалите части на човешкото тяло имат и специфичен химичен състав. Те се състоят от 50% въглерод, 20% кислород, 17% азот, 6% водород и 5% сяра, които формират главните компоненти на косяма: влакнести протеини, които са предимно а-кератини (85-93%), меланини – сложни полимери, получени от тирозин (еумеланини и феомеланини), вода (3-5%), липиди (1-9%) и минерални съединения (0,25-0,95%) (Wennig R., 2000).

Според други автори (Smith J.R., Swift J.A., 2002; Bhushan B., 2010; Robbins C.R., 2012; Dawber R., 1997; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008), основните компоненти на косяма са богати на сяра протеини – 65-95% от теглото на косяма, липиди (структурни и свободни), вода, меланин и микроелементи.

Анализ на космените липиди показва, че в състава на структурните липиди (ковалентно свързани с цистеина) се съдържат около 50% мастни киселини, 40% холестерол сулфат, 7% холестерол и 3% мастни алкохоли. Основните протеини, синтезирани в косяма, са кератини и кератин-свързани матриксни протеини, които са от съществено значение за образуването на твърди и устойчиви косми, чрез множеството им дисулфидни връзки и хидрофобни взаимодействия (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010; Moll R. et al., 2008; Coulombe P.A., Omary M.B., 2002; Buffoli B. et al., 2014). Протеините се състоят от дълги вериги от различни смеси от около 20 до 50 аминокиселини (Preedy V.R., 2012). От аминокиселините особено голямо значение има цистеинът (сяра-съдържаща аминокиселина), която образува дисулфидни мостове и придава устойчивост на кортекса, като пречи на разпадането му на отделни фибрили (Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012).

При химичен анализ на космите в тях се установява наличие и на редица микроелементи: Ca, Mg, Sr, B, Al, Na, K, Zn, Cu, Mn, Fe, Ag,

Au, Hg, As, Pb, Sb, Ti, W, V, Mo, I, P и Se (Robbins C.R., 2012; Dawber R., 1997; Blume-Peytavi U. et al., 2008). Според Takagi et al. (Takagi Y. et al., 1986) прави впечатление, че Ca, Mg, P, Na, K, Fe, Cu, Mn, Zn, Se, Pb и Al се срещат в значително по-високи концентрации в сравнение с останалите елементи. Сред тежките метали Zn, Cu, Fe, Al и Pb се срещат в по-голямо количество, така представени в низходящ ред. Произходът на тези елементи, както и начинът им на проникване в космите е различен – ендо- или екзогенен – диета (храна, различни хранителни добавки, вода), от околната среда, включително и от различни замърсители.

1.2. Космен цикъл

Човешкият косъм, подобно на космите на другите животни, следва модел на растеж и покой. Растежът се извършва по време на т.нар. растежна фаза на фоликула и през последващата фаза на покой косъмът се запазва като мъртва структура. Следва нова фаза на растеж, продуцираща нов косъм, който измества стария или расте до него. Посоченият модел на растеж, загуба и регенерация се нарича космен цикъл и продължава през целия живот на човека. Чрез този цикъл животните, включително и човекът, са способни да адаптират космената си покривка (чрез замяна на косми) към промяната в условията, например промяната на цвета на космите при смяната на сезоните или промяната на космения тип с възрастта (пубертет при хората). Терминът „цикъл“, що се отнася до човешките косми, може да бъде заблуждаващ обаче, тъй като предполага правилност на периодите, което не се наблюдава при растежа на човешкия косъм.

Различни фактори оказват влияние върху продължителността на отделните фази на цикъла: възрастта и етапа на развитие на индивида, участъкът от кожата, където расте косъмът, генетични, невроендокринни, обменни нарушения, различни заболявания, хранителни навици или промени в околната среда, като продължителност на деня и др. (Tobin D.J., 2005; Кряжева С.С., 1990; Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012; Buffoli B. et al., 2014; Wolfram L.J., 2003; Arck P.C. et al., 2003). Посочените циклични трансформации се контролират от фино настроени промени в локалната сигнална среда, базирани на промени в експресията на редица вещества – цитокини, хормони, невротрансмитери и техните рецептори, както и на

транскрипционни фактори и ензими, които действат по ендокринни, паракринни или аутокринни пътища (Kintz P. et al., 2015; Robertson J, 1999). Редица хормони въздействат върху протичането на космения цикъл – андрогени, естрогени, тироксин и др. Женските полови хормони (естрогените) намаляват скоростта на растежа, а мъжките полови хормони (андрогените) увеличават тази скорост и водят до задебеляване на косъма в андроген-зависимите зони (брада, аксили, пубис). Естрогените удължават продължителността на фазата анаген, тироксинът индуцира растеж, а кортикостероидите забавят началото на фазата анаген. Хормоните са в състояние да инструктират фоликула да претърпи подходящи промени, така че всеки косъм да бъде в различен етап от цикъла на растеж спрямо съседните си косми (Kloepper J.E. et al., 2010; Buffoli B. et al., 2014).

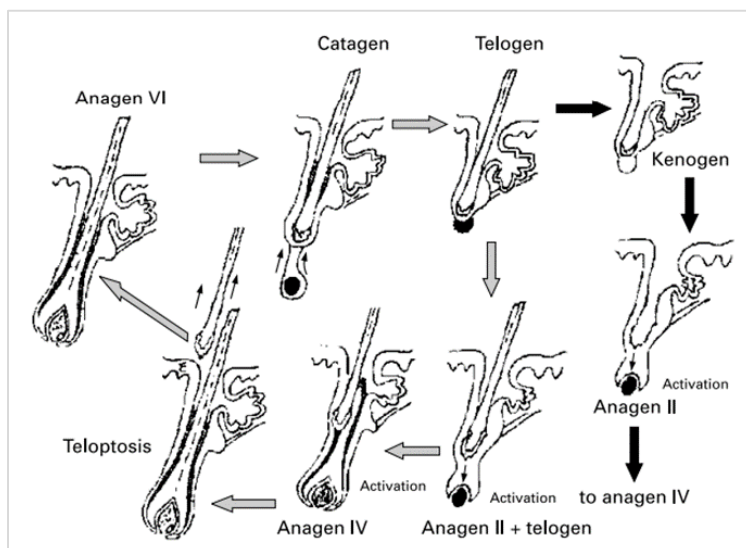
Както вече беше посочено, косменият цикъл, продължаващ през целия живот на човека, представлява динамичен непрекъснат процес, с редуване на покой, регенерация и регрес. Още при откриването му от Адеодато Гарсия (Garcia S.A., 1891; Rebora A. et al. 2002) жизненият цикъл на космения фоликул е разделен на три морфологични фази: анаген или фаза на пролиферация и растеж, телоген или фаза на покой и кратка междинна фаза, между растеж и покой, катаген (Alfredo R., Guarrera M., 2002; Blume-Peytavi U. et al. 2008; Preedy V.R., 2012; Houck M.M., 2007; Plikus M.V., Chuong C.M., 2014; Stenn K.S., Paus R., 2001). Фазата анаген продължава години (според нейната продължителност се определя и дължината на косъма (Jain S., 2012), катаген – дни, а телоген – месеци. Допълнителна фаза – екзоген (Paus R., 1998) или телоптоза (Piérard-Franchimont C., Piérard G.E., 2001), е добавена условно и определя момента, в който косъмът се екструдират. Всъщност телоптозата не представлява фаза, а процес, започващ през анаген IV, а не по-късно, по време на анаген V, когато върхът на косменото влакно достигне основата на телогенния косъм (Kenogen A, 2002; Milner Y. et al., 2002; Rebora A. et al., 2002). Този процес е стриктно контролиран и е независим от контрола на космено-фоликуларния цикъл.

Космите растат асинхронно, т.е. в определен момент отделните косми се намират в различна фаза на растеж (Dawber R., 1997; Halloy J. et al., 2000). При хора със здрава коса от приблизително един милион космени фоликули, разположени на главата, 86% (80-90%) са във фаза на растеж, т.е. анаген, 13% (10-20%) са във фаза телоген и

само 1% (1-5%) – във фаза катаген (Dawber R.P.R., 2004; Златков Н. и съавт., 1998; McElwee K.J., Sinclair R., 2008; Park A.M. et al., 2018; Mulinari-Brenner F. et al., 2006; Dawber R., 1997; Sperling L.C. et al., 2012; Whiting D.A., 2004).

За да поддържа циклична регенерация, всеки космен фоликул разчита на своите стволови клетки (Plikus M.V., Chuong C.M., 2014). Различни типове стволови клетки заселват анатомично отделни компартменти в горната част на фоликула: изпъкналост, косъм, провлак и инфундибулум (Arwert E.N. et al. 2012). Активирането на стволовите клетки в изпъкналостта и техните непосредствени потомци в така наречения космен зародиш се случва в края на фазата на покой на цикъла (телоген). До голяма степен това активиращо събитие се задвижва от пролиферативни сигнали от специализирани мезенхимни клетки на дермалната папила. След като стволовите клетки се активират, фоликулът влиза във фазата на растеж на цикъла (анаген). В анагенната фаза той расте надолу и образува матричната област в основата си. Тези матриксни клетки активно се размножават и се диференцират в няколко различни типа клетки, създавайки придружаващия слой, вътрешната коренова обвивка и косъма (Langbein L., Schweizer J. 2005; Alonso L., Fuchs E., 2006). Дермалната папила, която е заобиколена от матриксни клетки, ги стимулира непрекъснато да пролиферират и да се диференцират към нови косми и вътрешни коренови обвивки (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010; Alonso L., Fuchs E., 2006; Kishimoto J. et al., 2000). Фоликулът става напълно зрял, когато булбусът му се приближава до дъното на дермата. След като нов косъм нарасне до определена дължина, матриксните клетки се подлагат на апоптоза, ефективно изтласквайки космения фоликул във фазата на инволюция на цикъла (катаген). В катагенната фаза долната част на фоликула претърпява апоптоза и регресира към постоянната част, преди фоликулът да се върне към телогенната фаза. Получената от мезенхим дермална папила регресира и се спуска с долната част на фоликула по време на катаген. До края на катагена фоликулът се ремоделира обратно в състояние на покой, завършвайки цикъла (Plikus M.V., and Chuong C.M., 2014). Така погледнато, косменият фоликул би могъл да следва два пътя в своето развитие: класически, който протича от ранен анаген, през дълъг анаген VI и катаген, до телоген, като последният съвпада с новия ранен анаген и завършва с телоптоза, и алтернативен, по време

на който телогенната фаза, която не е придружена от съвпадащите нови ранни анагенни фази, завършва с телоптоза, оставяйки фоликула празен. Класическият път започва от телогенната фаза чрез активиране на новия космен зародиш (анаген II), анаген IV, анаген VI с телоптоза, дълг анаген VI, катаген и телоген. Алтернативният път започва с кеноген, при който косменият фоликул е празен и папилата е инактивирана. След променливо време папилата се активира отново и цикълът преминава през анаген II-IV, за да завърши с анаген VI без телоптоза (Фигура 4) (Rebora A., Guarrera M., 2002).



Фигура 4. Космен цикъл. Черните стрелки посочват алтернативния път, а сивите – класическия път (Rebora A, Guarrera M., 2002)

1.2.1. Анаген

Анагенът е тази фаза на активен растеж на косъма, която се простира от края на фазата на покой, телоген, до началото на регресиращата фаза, катаген (Stenn K.S., Paus R., 2001). Това е период на висока метаболитна и митотична активност (матриксните кератиноцити, разположени в областта на фоликуларния булбус, бързо пролиферират – клетките се делят на всеки 24 часа (Weinstein G.D., Mooney K.M., 1980; Lavker R.M. et al., 1993), образуват се пигментирани косми и фоликулът достига своята максимална

дължина и обем. През анагена косменият фоликул се формира отново след предишна фаза на покой в процес, подобен на неговото начално развитие, като космената папила вече присъства и косменият канал към кожата повърхност е наличен (Robertson J., 1999; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008). Продължителността на анагена определя дължината на косъма и зависи от продължаващата пролиферация и диференциация на матриксните клетки в основата на фоликула (Alonso L. and Fuchs E., 2006; Lavker R.M. et al., 2003).

Тъй като има ограничение на времето, през което фоликуълът остава в анаген, има ограничение и за дължината на неговия продукт, косъма. Цикълът на космения растеж в различните части на тялото варира: космите на капилициума са в анаген 2-6 години (Park A.M. et al., 2018; Robbins C.R., 2012; Robertson J., 1999; Mulinari-Brenner F. et al., 2006), 2-7 год. според Sperling (L.C. Sperling, 2003), на брадата и аксилите – 10 месеца, на веждите – 2 месеца (Robertson J., 1999), миглите – 3-5 месеца (Кряжева С.С., 1990). Дължини на анагенна фаза от 70, 140 и 130 дни са дадени съответно за растежа на космите в горната част на ръцете, долната част на ръцете и бедрата (Orfanos C.E., 1991; Saitoh et al., 1969).

По време на цикъла на косата долните 2/3 от космения фоликул (циклиращата част) претърпяват динамични промени в морфологията, докато горната 1/3 от фоликула (постоянната част) поддържа структурата си през целия цикъл (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010). Долната част на тази постоянна част на фоликула, където е прикрепен мускулът *arrector pili*, е известна като изпъкналост. Във фазата на телоген или на покой, нерастящият косъм е обвит от постоянната част на фоликула. В анагенната фаза – фазата на активен растеж (Shimomura Y., Christiano A.M., 2010), косменият фоликул се увеличава, достига характерната си луковична форма и се произвежда косменото влакно (Erdoğan B., 2017; Buffoli B. et al., 2014). Тя може да бъде разделена на шест етапа (I-VI) (Krause K., Foitzik K., 2006). По време на анаген I-V (проанаген) матриксните клетки на косъма пролиферират, обгръщат растящата дермална папила, растат надолу в кожата и започват да се диференцират в няколко различни типа клетки, пораждайки придружаващия слой, вътрешната коренова обвивка и косъма (Erdoğan B., 2017; Buffoli B. et al., 2014; Shimomura Y., Christiano A.M., 2010; Rompolas P., Greco V., 2013). След това новообразуваният косъм започва да се развива и матриксните

меланоцити показват активност за производство на пигмент; при анаген VI (метанаген) се осъществява пълно възстановяване на единицата, произвеждаща космените влакна, което се характеризира с образуване на епителна космена луковица, заобикаляща дермалната папила, разположена дълбоко в подкожната тъкан, а новият косъм се появява над кожата повърхност (Erdoğan B., 2017; Buffoli B. et al., 2014; Randall V.A., Botchkareva N.V., 2009). Фоликуларните стволони клетки, както и стриктното взаимодействие между епителните, мезенхимните и меланоцитните клетки, са необходими за поддържане и регулиране на цикъла на косъма (Buffoli B. et al., 2014).

Според теорията за активиране на изпъкналостта фактори в дермалната папила действат върху стволоните клетки на областта на изпъкналостта, за да модулират цикъла. Стволоните клетки започват да се размножават, след като реагират на сигнали от папилата. Пролиферацията на тези клетки е клетъчният източник на цялата структура на космения фоликул, включително матрикса на косъма и матриксните клетки, като тези клетки са преходни амплифициращи клетки, които могат да претърпят само ограничен брой митози и по този начин се установява дължината на анагена и началото на катагена. След това движението нагоре на фоликуларната папила по време на катагена е от решаващо значение за възстановяването на контакта между фоликуларната папила и клетките от изпъкналостта и индуцирането на нов космен цикъл (Buffoli B. et al., 2014; Shimomura Y., Christiano A.M., 2010).

Синтезът на косъма и пигментацията се извършват само в анаген. С изключение на последната подфаза, анаген VI (продължителността на която диктува дължината на косменото стъбло), дължината на анагенните подфази I-V не се различава съществено между фоликулите от различни региони (Buffoli B. et al., 2014; Stenn K.S., Paus R., 2001).

1.2.2. Катаген

След края на анагена започва следващата – катагенна фаза (фаза на регресия), чиято дължина варира в зависимост от вида на косъма. В началото на катагенната фаза диференциацията и пролиферацията на матриксните кератиноцити на косъма намаляват значително,

пигмент-продуциращата активност на меланоцитите спира и производството на косъма завършва. През тази фаза фоликулът преминава през последователни, в строго определен ред, морфологични и функционални промени, навлизайки в своята фаза на регресия, предизвикана от апоптоза, което води до намаляване с около една шеста от нормалния диаметър (Buffoli B. et al., 2014; Audrey G., Cooper A., 2015). Спира пролиферацията на стволите клетки и се наблюдава апоптоза (програмирана клетъчна смърт) в долната циклична част на космения фоликул (Rompolas P., Greco V., 2013; Preedy V.R., 2012; Dawber R., 1997), при която става апоптоза на епителните клетки в булбуса и външната коренова обвивка, диференциацията спира и дъното на космения фоликул се запечатва в заоблена структура с бухалковидна форма, която се движи нагоре, докато достигне постоянния, нециклиращ горен фоликул, където остава закотвен по време на телогена (Alonso L. and Fuchs E., 2006; Erdoğan B., 2017). Тъй като долният фоликул се отдръпва, се образува временна структура – епителната нишка – която е уникална за катагена. Тя свързва дермалната папила с горната част на космения фоликул, съдържа много апоптотични клетки и е напълно елиминирана до момента, в който папилата достигне клетките, които обграждат остатъчния косъм (Alonso L. and Fuchs E., 2006). Дермалната папила се трансформира в група от неподвижни клетки, близо до регресиращия епител на космения фоликул и се придвижва от субкутиса към границата на дермиса/субкутиса, за да поддържа контакт с дисталната част на епитела на космения фоликул, включително вторичния космен зародиш и издутината (Buffoli B. et al., 2014; Randall V.A., Botchkareva N.V., 2009).

Понастоящем не е добре разбрано как се регулира преходът от активен растеж на косата към регресия. Възможно е матриксните клетки да спират да подхранват растежа на косъма поради изтощение или поради неизвестен вътрешен часовников механизъм. Алтернативно сигналите от дермалната папила или други източници могат активно да регулират влизането във фазата на регресия. С напредването на регресията булбусът губи обема си, вероятно поради повишената скорост на апоптоза на долната външна коренова обвивка, образувайки тясна епителна нишка, която се прибира нагоре и в края на която следва дермалната папила. Клетките от външната обвивка, които преживяват фазата на регресия, се връщат обратно в

нишата, образувайки, поне отчасти, новия косъм (Rompolas P., Greco V., 2013; Buffoli B. et al., 2014).

В началото на катагена клетките на предполагаемото космено стъбло все още са нуклеирани, но ядрата изчезват, когато стъблото започва да се уплътнява от центъра навън (Sperling L.C., 2003). Продукцията на меланин спира в началото на този етап. Дендритите се свиват и повече не се инжектира пигмент във все още растящия кортекс, който става блед или бял в кореновия край (Montagna W., Parakkal P.F., 1974; Stenn KS, Paus R., 2001).

В човешкия скалп процесът е относително кратък и трае 10-14 дни (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008) или 2 до 3 седмици (Sperling L.C., 2003), независимо от мястото и типа на фоликула. Други автори като Ferriman (Ferriman D., 1971), както и Zviak и Dawber (Zviak C., Dawber R.P.R., 1986) предполагат обхват от 1-2 до 4 седмици (Jain S., 2012).

1.2.3. Телоген

Фазата на телогена започва след катагенната фаза и се характеризира с привидна неактивност, поне на клетъчно ниво – няма растеж на косъма, а фоликулът остава в покой (Preedy V.R., 2012; Audrey G., Cooper A., 2015; Rompolas P., Greco V., 2013). Телогенът настъпва при достигане на най-ниското ниво на пролиферация и биохимична активност. За космите на скалпа тя продължава около 3-4 месеца (Ferriman D., 1971; Zviak C., Dawber R.P.R., 1986; Jain S., 2012; Sperling L.C., 2003). Според други автори (Buffoli B. et al., 2014) периодът може да продължи няколко седмици (мигли) до осем месеца (скалпови косми). Въпреки че косъмът не расте през този етап, дермалната папила остава във фазата на покой. Телогенните космени фоликули се характеризират с липса на меланоцити, произвеждащи пигмент и липса на вътрешна коренова обвивка (Randall V.A., Botchkareva N.V., 2009).

Косъмът е закотвен във фоликула чрез по-горе описаната бухалковидна форма на корена. Клетките от долния регион на фоликула са митотично инертни и съдържат по-малко ДНК от клетките на анагенния булбус. Телогенният фоликул е много къс – около една трета от дължината на анагенния – достигащ едва до нивото на себумната жлеза, като дисталният край на фоликула е точно

под отвора ѝ (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008). Той също така е относително просто устроен, в сравнение с анагенния фоликул; дермалната папила се е натрупала в плътна маса и е спряла да се движи нагоре с апоптозираната епителна колона, за да се успокои под издутината на епитела, наречена вторичен космен зародиш, който има звездовидно напречно сечение. Вторичният космен зародиш е до косъма с бухалковидна форма и издутината; близостта на космения зародиш до стволите клетки, намиращи се в изпъкналостта, от която произхожда косменият зародиш, е от съществено значение за регенерацията на косата. Под папилата на косъма се намира стелата (свита влакнеста коренна обвивка), а над вторичния космен зародиш телогенният бухалковиден (колбовиден) корен продължава да се разширява, докато запуши космения фоликул. Това продължава средно 100 дни, докато косъмът се отдели от канала. След като косъмът се отдели, стволите клетки на фоликуларната издутината и вторичния зародиш се активират и бързо се размножават като епителни клетки. Тези клетки се размножават като низходящ растеж в сега незаеята и свлечена влакнеста обвивка на корена, отбелязвайки началото на нов растеж на косъма. Във всеки един момент приблизително 10–15% от всички косми са във фаза на покой (Randall V.A., Botchkareva N.V., 2009). В края на този етап косъмът отпада (екзогенна фаза)(Buffoli B. et al., 2014); няколко седмици по-късно косменият фоликул отново влиза във фазата на растеж, като стимулира стволите клетки от областта на изпъкналостта (Buffoli B. et al., 2014; Erdoğan B., 2017; Wosicka H., Cal K., 2010; Audrey G., Cooper A., 2015), т.е. телогенът приключва, когато започва нов анаген. Всеки път формирането на нов косъм се предшества от формирането на почти изцяло нов фоликул при регенерация, подобна на началното развитие на фоликула от издутата област на външната обвивка на корена (Preedy V.R., 2012; Alonso L., Fuchs E., 2006). Първата митотична активност започва в базалните клетки от долната част на фоликула, които растат надолу като плътна колона от недиференцирани и делящи се клетки, за да обградят дермалната папила и да започне новата анагенна фаза. Старият косъм остава в обвивката, докато не бъде изместен и изтласкан от новоизраснал анагенен косъм (Preedy V.R., 2012).

1.2.4. Екзоген

Терминът „екзоген“ е въведен, за да се идентифицира събитието на отделяне (отпадане) на космите като отделен процес по време на цикъла на космения фоликул (Shimomura Y., Christiano M.A, 2010). Морфологията на корена на косъма предполага, че екзогенният процес включва протеолитично събитие в клетките в основата на телогенното космено стъбло и отделяне на корена от околната част на фоликула (Stenn K.S., Paus R., 2001; Erdoğan B., 2017). Празните космени фоликули след отделяне на косъма, но преди началото на подновен анаген, са в стадий, наречен „кеноген“ (McElwee K.J., Sinclair R., 2008).

1.2.5. Издърпани, отскубнати, спонтанно отпаднали косми

Космите, които отпадат спонтанно или се отскубват от скалпа, могат да бъдат изследвани директно под микроскоп без специална обработка. Достатъчно е те да бъдат поставени върху предметно стъкло с няколко капки олеозна субстанция и покрити с покривно стъкло. Обикновено единствените косми, които могат леко и лесно да се изтеглят от скалпа са телогенните косми. Лесното отстраняване от скалпа на всеки друг тип косми може да се счита за ненормално и да се свързва с определени заболявания на космите (Sperling L.C., 2003).

В зависимост от фазата на космения цикъл находката при изследване на издърпаните косми ще е различна.

Издърпване/скубане на анагенни косми

Обикновено тези косми не могат да бъдат леко издърпани от скалпа. Те трябва да бъдат отскубнати насилствено (Снимка 1). Растящият анагенен косъм е плътно прикрепен и може да се отстрани единствено чрез по-силно дърпане (съпроводено с болка), за да се откъсне от дермалната папила (Ludwig E., 1969). Патологично е анагенните косми да се извличат лесно и безболезнено, както се наблюдава при някои космени заболявания. Отскубанатите анагенни косми се характеризират с пигментиран булбус, който често се разширява в триъгълна форма, тъй като се разкъсва (изтръгва) от космената папила. Папилата на косъма обикновено (но не винаги)

остава след него в дермата. Косменият булбус е мек и може да придобие извита форма или конфигурация на „хокеен стик“. Точно над булбуса могат да се идентифицират части както от вътрешната, така и от външната коренова обвивка. Много често външната коренова обвивка или и двете обвивки остават в дермата, артефакт на скубането. Това придава на косъма „дисморфичен“ (не дистрофичен) вид. (Снимка 2). Тук терминът „дистрофичен“ не е подходящо да се използва, тъй като загубата на кореновите обвивки не е дефект на растежа, а артефакт от отскубването (Sperling L.C., 2003).



Снимка 1. Булбус на насилствено отскубнат косъм в късен анаген
(Sperling L.C., 2003)



Снимка 2. „Дисморфичен“ косъм в късен анаген

Когато анагенният косъм е отстранен бързо (дори при разресване), към него може да има прикрепена тъкан от обвивката (Petraco N. et al., 1988). Анагенните косми, изскубнати с много рязко дърпане, могат да излязат обвити във всички елементи на долната част на фоликула, включително папилата. Тъй като тъканите на корена и обвивката са метаболитно и митотично активни, те са податливи на ензимно изследване, определяне на пола чрез флуоресцентен хромозомен анализ и ДНК изследване чрез полимеразна верижна реакция (Robertson J., 1999), което определя голямото криминалистично и съдебномедицинско значение на космите, изтръгнати именно в този етап на цикъла.

Издърпване/скубане на катагенни косми

Катагенните косми също много рядко се издърпват леко от скалпа. Могат да се открият, когато кичур коса е насилствено изтръгнат от скалпа. На този етап космите нормално са прикрепени към остатъците от фоликула, но ако бъдат изтръгнати, корените често се оказват непигментирани и четковидни, понякога обгърнати от епителиалния сак, но без прикрепен материал от кореновите обвивки (King L.A. et al., 1982).



Снимка 3. Насилствено отскубнат косъм в катаген (Sperling L.C., 2003)

Откъснатите катагенни косми много наподобяват телогенни косми, с изключение на това, че чист, неуплътнен сак обгражда бухалковидния булбус, а под булбуса се намира „опашка“ от мека, прозрачна тъкан, представляваща дегенериращата епителна колона, която се намира между папилата на косъма и уплътняващия се булбус (Снимка 3) (Sperling L.C., 2003).

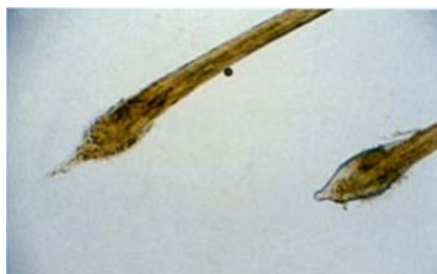
Издърпване/скубане на телогенни косми

Космите в стадий телоген съставят огромната част от „естествено отпадналите“ косми – спонтанно или при разресване (King L.A. et al., 1982), и очаквано, в сравнение с космите в анаген, те изискват малко сила, за да се откъснат. Счита се, че средно човек губи около 50 такива косми на ден. Издърпаните или отскубнати телогенни косми имат разширен, депигментиран или хипопигментиран булбус с бухалковидна форма. Тъй като целият телогенен косъм е вроговен, булбусът не е „огънат“ спрямо дългата ос на стъблото (Снимка 4)

(Sperling L.C., 2003). Характерно е, че тези косми нямат прикрепена коренова обвивка, нямат медула близо до корена и пигментът в корена е малко или липсва (Снимка 5). Нерядко кортикални фузии присъстват в стъблото над корена с форма на бухалка (Petraco N. et al., 1988).



Снимка 4. Насилствено отскубнат косъм в ранен телоген – невроговен епителиален сак заобикаля вроговения бухалковиден булбус (Sperling L.C., 2003)



Снимка 5. Насилствено отскубнат или нежно издърпан косъм в късен телоген – бухалковидният булбус е напълно вроговен и епителиалният сак липсва

2. МОРФОЛОГИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА КОСМИТЕ

Човешките косми имат редица морфологични особености с различно по степен идентификационно значение. Съдебно-медицинското изследване на намерените на местопроизшествието космени биологични следи започва с определяне на макроскопските им характеристики. Тези показатели са по-обща и валидни за по-голяма група от хора. Включват форма на косъма, дължина, дебелина (диаметър) на косменото стъбло, цвят, вид на върховия край, други особености.

Обикновено чрез систематичното изследване и записване на тези характеристики е възможно да се определи произходът на космите, иззети като веществени доказателства и за сравнение с други космени проби (от известен източник), а понякога и да се изключи известната, т.е. дадената за сравнение проба като принадлежаща на източника на космите от местопроизшествието. Въпреки това в много случаи не е възможно на макроскопско ниво на изследване да се докаже морфологично сходство или да се разграничат космите, иззети от мястото от предоставената за сравнение проба от един или повече известни източници (Robertson J., 1999, Tobin D.J., 2005). Задължително след това изследване се извършва и микроскопско проучване на космите, което показва много повече и по-специфични особености както на косменото стъбло, така и на корена на косъма. Тук се определят характеристики като: особености на основните съставни елементи – медула, кортекс, кутикула, вид на кореновия и върховия край на косъма, напречно сечение и др. По тях с по-голяма точност може да се определи видовият, етническият и регионалният произход на космите, както и следите по тях от различни болестни или травматични въздействия, козметични процедури и неблагоприятни фактори на околната среда.

Макроскопското наблюдение се извършва с невъоръжено око, а микроскопското – чрез светлинна микроскопия на нативен препарат или такъв, фиксиран в различни просветляващи среди – парафин, ксилол, канадски балсам и др. За най-фините травматични (механични, химични, термични) увреждания или болестни изменения, видими само на ултраструктурно ниво, се използва сканираща електронна микроскопия (СЕМ) и трансмисионна

електронна микроскопия (TEM) (Ogle, R. R. et al., 1999; Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

Прието е, при наличие на достатъчно материал, винаги да се изземва за изследване цял кичур, а не отделен косъм, тъй като за някои от характеристиките така се добива по-точна представа, отколкото при изследване на единичен косъм. Напр. при определяне цвета на космите, което става визуално, цветът на целия кичур може да се различава от този на някои от включените в него косми. Тогава се отбелязва както цветът на кичура, така и на отличаващите се косми. Ако предоставените за изследване косми имат нееднакъв цвят, задължително се отбелязва колко са космите и какъв цвят се получава (Туманов А.К., 1975).

В началото щателно се изследват космите, иззети като веществено доказателство, и на база на това се извежда сумарна характеристика на тези косми. По същия начин се изследват и космите предоставени за сравнително изследване, и отново се отбелязва тяхна обща характеристика. Може всички косми да се включат в една обща таблица, като за всеки се отбележи: цвят (макро и микроскопски), форма, дължина, дебелина (диаметър), медула, кортекс, кутикула, вид на периферния край, вид на кореновия край, форма на напречния срез, наличие на увреждане на косъма и др. (Туманов А.К., 1975).

След завършване на процеса на идентификация на космите, иззети като веществени доказателства и предоставени от известен източник, включващ определяне на макроскопските и микроскопските им морфологични характеристики, се пристъпва към последния етап, а именно пряко сравняване на космите от двата източника и определяне наличие или липса на тъждество (Tobin D.J., 2005; Robertson J., 1999).

Както вече бе посочено, за определяне на морфологичните характеристики на космите се прилагат различни методи на изследване (Кисин М.В. и съавт., 1984).

Макроскопското диференциране е на базата на изследване с невъоръжено око. Визуално става определянето на формата, дебелината и цвета на косъма.

Дължината се определя с помощта на мерителна линейка, в сантиметри.

Без увеличителна техника или с помощта на лупа се оглежда вида на върховия край на косъма, както и щателно стъблото за наличие на различни зацапвания, болестни или травматични увреждания.

За изучаване на микроструктурата се използва основно светлинна и електронна микроскопия (Кисин М.В. и съавт., 1984). Светлинната микроскопия подпомага изследването на по-грубата космена структура.

Чрез стереомикроскоп може да се наблюдават груби характеристики на косъма, като цвят, форма, състояние на кореновия и върховия му край, наличие на външни материали (напр. зацапване с кръв, почва, допълнителни фактори при изстрел, различни микроорганизми и др. (Tobin D.J., 2005).

Светлинномикроскопски се изучават отделните елементи на косъма. Медулата се изучава върху просветлени косми, на напречни и надлъжни срези и чрез термохимична обработка на космите. Подробна представа за архитектурата на медулата може да се получи с помощта на сканиращ електронен микроскоп.

За изучаване на медуларната структура във временни микроскопски препарати като реагент ние използваме ксилол или глицерин, а при изготвяне на постоянни препарати използваме канадски балсам.

За по-добро изследване първоначално се отстранява въздухът, намиращ се между медулата и кортекса, тъй като той затруднява изучаването на медулата. За целта косъмът се нарязва напречно. Върху предметно стъкло в ксилол или глицерин се поставя косъмът и до него се допира покривно стъкло, така че краищата им да се допират в мястото, където медулата е добре развита. Приплъзват се стъклата, така че да се открие нужният участък от косъма и се прерязва с остро ножче. След това покривното стъкло се премества така, че под него да остане парченцето косъм. Реагентът постепенно замества въздуха и структурата на медулата става забележима. Ако тази техника се окаже недостатъчна, парченцата от косъма се поставят в тръбичка с ксилол и леко се загряват за 1-2 мин (Туманов А.К., 1975).

Ако космите са значително пигментирани, предлагаме те първо да бъдат обезцветени. За целта се поставят в перхидрол за 25-30 мин и се добавят няколко капки 25% разтвор на амоняк.

За изучаване на медулата се използва и термохимична обработка (алкална хидролиза при нагряване). За целта косъм или фрагмент от него се поставя върху предметно стъкло в капка 15% алкален разтвор (NaOH, KOH), покрива се с покривно стъкло и се загрява в термостат при 80-100°C. Загряването се извършва, докато медулата започне да се отделя от рушащите се кортекс и кутикула. Препаратът се оцветява с 0,5% разтвор на еозин или еритрозин в 1% разтвор на амоняк. Разпадането на медулата на отделни клетки се постига чрез внимателен натиск върху предметното стъкло. Алкалната хидролиза за различните хора и различните типове косми на един човек настъпва за различно време (5-20 мин) (Туманов А.К., 1975).

За изследване на кутикулата също е необходима специална подготовка. Изготвя се отпечатък върху целулоидни плочи или лак, от който се получава добра представа за рисунъка на кутикулата и особеностите на отделните ѝ клетки (Туманов А.К., 1975). За по-детайлно определяне се прилага СЕМ (сканираща електронна микроскопия). Този метод позволява изучаването на кутикулата на косъма непосредствено и в такива подробности, недостъпни при светлинна микроскопия.

За целта космите се измиват с топла вода и сапун, след това с 10% разтвор на оцетна киселина и се обезмасляват със смес от етанол и диетилов етер в съотношение 1:1, изсушават се при стайна температура върху филтърна хартия и се фиксират с проводимо лепило към специални алуминиеви плочи. Последните се поставят във вакуумна машина за пръскане, където космите се покриват със златен слой и след това се прехвърлят в колоната на микроскопа. Препоръчително е изследването на обектите да започне при малко увеличение и след това то да нараства. Оптимални за изследване на цялостната картина на космите са 200-600x увеличение, а за изследване на фината структура – 600-1000x (Robertson J., 1999).

В някои случаи се налага изследване и на напречни срези на космите. За изготвяне на такива косъмът се поставя в някакво вещество, което има еднаква с него плътност, напр. парафин и след това на микротом се правят тънки срези. За по-правилна преценка трябва да се направят няколко такива среза на един косъм (Туманов А.К., 1975).

Напречните срези се използват за определяне на формата на напречното сечение на косъма, за установяване на съотношението на трите космени слоя, за изследване структурата на медулата и кортикалния слой, свойствата и местоположението на пигмента и др.

Според нашата практика един от добрите методи за изготвяне на препарати с напречни срези на изследваните косми е методът на Кокел с модификация на М.А. Бронникова (предназначен за изследване на малко количество косми): Целулоидна плоча с дължина 15 mm и дебелина 1-2 mm се навлажнява с ацетон, за да се омекоти повърхността ѝ и се поставят космите върху нея. Така космите се залепят към плочата. Отново се нанася ацетон, така че да покрие цялата повърхност, върху която лежат космите, а отгоре се слага втора плоча. При това се следи между плочите да не остане въздух и позицията на космите да не се промени. Образува се блок от целулоид, в който е затворен косъмът. За консолидиране блокът се поставя за няколко часа или ден под натоварване. Правят се срези с микротом. Поставят се върху предметно стъкло, фиксират се с канадски балсам и след това се поставя покривно стъкло. По същия начин могат да се правят и надлъжни срези на космите (Кисин М.В. и съавт., 1984).

При извършване на светлинномикроскопското изследване на космите се спазват някои общоприети правила. Монтирането на космите трябва да става в стая без течение, за да се избегнат загуби на екземпляри. Боравенето с тях трябва да се извършва с пинсети с гумени връхчета. Гумата минимизира увреждането на косъма, което иначе се вижда като сплескан възел или псевдомонилетрикс, когато се гледа под микроскоп. За задълбочен преглед обикновено са необходими 20 или повече косъма, освен ако характеристиките не са толкова изразени, че да личат в по-малка извадка. При изследване на дълги косми проксималните и дисталните участъци на косменото стъбло трябва да бъдат монтирани на различни стъклени слайдове (Dawber R., 1997).

Косъмът може да се монтира на сухо и да се задържи на място чрез покривно стъкло, фиксирано чрез тънки ивици от прозрачна самозалепваща лента. Този метод не изисква специални материали и образецът може да се използва повторно за други форми на микроскопия или анализ. При прилагането му обаче възникват и някои проблеми: разсейване на пропуснатата светлина от множество

повърхностни несъвършенства и прахови частици, както и начинът, по който дребните артефакти по предметното стъкло създават затруднения при фотомикроскопията. Друг недостиг на метода е, че понякога е трудно да се задържат космите под покривното стъкло, докато се извършва залепването (Dawber R., 1997).

Сухото монтиране може да бъде променено с помощта на двустранна лепкава лента, която улеснява монтирането на образеца и осигурява по-кратка подготовка (Shelley W.B., 1983). Не е лесно обаче съхранението на такива проби, тъй като те са склонни да натрупват замърсявания и фотомикроскопията се променя от външния вид на лентата.

При проучването му косъмът може да се постави и в някаква течна монтажна среда или олеозна субстанция (канадски балсам, ксилол и др.). Така се избягва проблемът с разсейване на светлината, наблюдаван при сухото монтиране.

При косменото микроскопиране се използват различни техники. Светлинната микроскопия с ниска мощност е основният начин за откриване на структурни аномалии на косменото стъбло. Това може да бъде допълнено с поляризиращи филтри, което се счита за полезно при диагностициране на някои заболявания – напр. трихотиодистрофия. При това състояние се наблюдава намаляване на съдържанието на цистин в косъма и свързано с това грубо изтощение на косъма. Намалява здравина на А-слоя на кутикулата, при което кутикулата и впоследствие кортекса са подложени на атмосферни влияния. При използване на поляризирана светлина, такива косми показват редуващи се светли и тъмни напречни ленти, известни като тип „тигрова опашка“ (Dawber R., 1997).

Техниката на използване на поляризиращи филтри за изследване на косата е същата като при изследването на друг хистологичен материал. Единият филтър трябва да се постави между източника на светлина и образеца, а другият между образеца и окуляра (Dawber R., 1997).

Електронна микроскопия: Разделителната способност получена от електронен микроскоп (около 0,25 nm) е значително по-добра от тази на оптичния микроскоп (около 0,2 μ m). Максималното увеличение при модерните уреди достига до 1 000 000 пъти. Недостатъци на електронния микроскоп са: липсващата пространствена представа за обекта, черно-бялото изображение и

необходимостта за постигане на вакуум в камерата за наблюдение. За космено изследване се използват сканиращ електронен микроскоп (SEM), трансмисионен електронен микроскоп (TEM) (Wagner R.C.C. et al., 2007), сканиращ трансмисионен електронен микроскоп с цел установяване на допълнителни подробности към светлинно-микроскопското изследване (Ferguson D.J.P., 1992; Meyvisch K. et al. 1992).

Сканиращият електронен микроскоп се използва за изучаване на повърхности. Определянето чрез SEM на характеристиките на повърхността на косъма, като брой на люспите, структура на рисунъка, повърхностни остатъци и повърхностни увреждания, може да е от голямо значение при разследващи проучвания (Seta S., et al., 1988).

SEM е особено полезен напр. за изследване на триизмерни детайли в случаите, когато яйцевидното напречно сечение на косменото стъбло може да доведе до появата на разширения и стеснения, ако косъмът се завърти на деветдесет градуса. Също така е в състояние да определи точното морфологично състояние на кутикулата. При изследване с него обектът се сканира (обхожда се точка по точка) от електронен сноп. Отразените или избитите електрони се улавят от детектор и след обработка на сигнала се получава образ върху монитора. За да се получат качествени образи, при наблюдение е необходимо да се отразяват или избиват максимално количество електрони, т.е. обектът да е „непрозрачен за тях“. Това налага покриването на непроводящи обекти с тънък слой въглерод (под формата на графит) или благороден метал (злато, злато-паладий, платина). Работи се с по-ниско напрежение от трансмисионния електронен микроскоп (30-40 kV). Сканирането на обекта става с помощта на така наречените дефлектори – електромагнитни пластинки, които отклоняват електронния лъч във взаимно перпендикулярни посоки. За да има максимална ефективност, всички електромагнитни лещи, които регулират електронния лъч, се намират преди обекта за наблюдение, който е поставен в най-долната част на вакуумната колона. Образът, който се получава, е обемен, тъй като детекторът за избитите или отразени електрони е поставен в единия край на тръбата и ако електроните се отклонят в друга посока, съответната точка се отчита като „тъмна“, а ако отклонението е в посока на детектора – като „светла“. Космените

проби се наблюдават директно в СЕМ камерата без допълнителна подготовка (Seta S. et al., 1988).

За разлика от него, трансмисионният електронен микроскоп, поради изключително високата резолюция на получените изображения, е незаменим за задълбочени изследвания на структурата на различни материали. ТЕМ може да се използва за определяне на организацията на вътреклетъчните елементи на косъма. При трихотиодистрофия се използва заедно с оцветяване със сребърен метанамин и уранил ацетат, за да се демонстрира целостта на кутикуларния А-слой и да се определи визуално количеството цистин.

Конвенционалният трансмисионен електронен микроскоп е със значително по-голямо от увеличението на оптичния светлинен микроскоп. Максималното увеличение е до 1,5 милиона пъти за конвенционална и 2 милиона пъти за сканираща трансмисионна електронна микроскопия (Seta S., et al., 1988). Това огромно увеличение позволява изучаването на детайли, които никога не се появяват при оптичния светлинен микроскоп. Рутинната електронномикроскопска подготовка може да бъде подходяща за изследване на космения фоликул и ултраструктурната морфология на зрелите косми (Orfanos C.E., Ruska H., 1968; Muto H. et al, 1981), но подготовката за трансмисионна електронна микроскопия изисква много процедури, които не са подходящи за съдебномедицинско сравняване на космите. Тъй като косъмът е силно кератинизирана тъкан, разделянето чрез конвенционалните стъклени ножове е с лошо качество и се препоръчва разделяне с диамантен нож, за да се получи най-добра разделителна способност и значими резултати. За ултратънки участъци от косъма, амонячно сребро или сребърно оцветяване с метанамин, което специфично оцветява цистин, придава по-голям контраст на кутикуларната и кортикалната структура, като подчертава богатата на цистин екзокутикула и протеина на кортикалния матрикс (Gummer C.L. et al., 1981, 1984; Gummer C.L, Dawber R.P.R., 1981; Seta S., et al., 1988).

Косъмът има доста аморфна структура и трябва да бъде оцветен с тежък метал, за да покаже структурни детайли. Уранил ацетатът и оловният цитрат позволяват да се видят цялостните структури (Seta S. et al., 1988).

При изследване на космите се прилага и атомно-силов микроскоп (АСМ, *AFM* – *atomic-force microscope*) (Swift J.A., Smith J.R., 2000). Това е микроскоп с висока разделителна способност, основан на взаимодействието на сонда (тънко острие) с повърхността на изследвания образец. Взаимодействието им се изразява в привличане или отблъскване на сондата от повърхността, дължащо се на силите на Ван дер Ваалс. С помощта на АСМ могат да се изследват както проводящи, така и непроводящи повърхности. С него може да се изследва и релефът на образец, потопен в течност, което позволява да се работи с органични молекули, включително ДНК. Пространствената разделителна способност на атомно-силовия микроскоп зависи от радиуса на кривината на острието и по вертикала достига атомни размери, а по хоризонтала е значително по-голяма. Ако към системата се добави устройство за разгъвка по осите X и Y, се получава сканиращ АСМ (Swift J.A., Smith J.R., 2000).

В някои специфични случаи се налага прилагане и на по-специални методи на изследване на космите. Напр. изкуствено изрусената коса може да се разграничи от естествената руса коса като се изследва под ултравиолетова светлина, тъй като изкуствено получената ще свети при тези условия, докато естествената руса коса – не (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

2.1. Макроскопски характеристики

При макроскопското изследване на косъма се определят всички негови характеристики, установими с невъоръжено око, т.е. без използване на увеличителна апаратура. За целта косъмът се поставя върху лист бяла хартия (ако е тъмен) или черна (ако е светъл) и се оглежда. Различните експерти приемат различни космени характеристики, които включват в тази група. Някои определят само дължина и форма, други включват и цвят (Lee H.C., DeForest P.R., 1984), а трети (Robertson J., Aitken C.G.G., 1986) и особености на върховия край.

При внимателно оглеждане на космите обаче установихме, че и други техни характеристики се различават значително при различните индивиди и могат да служат за идентификация и морфологично сравняване. Затова при макроскопския анализ на космените доказателства ние предлагаме да се определят следните

показатели: дължина, дебелина (диаметър), форма, цвят, вид на върховия (свободния) край на косъма, други особености.

2.1.1. Дължина на косъма

Дължината на косъма се дефинира като цялата дължина на косъма, от кореновия до върховия му край, в сантиметри (Robertson J., 1999; Ogle R.R. et al., 1999). Определя се чрез ръчно изпъване на косъма до мерителна линия (Seta S. et al., 1988; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982), като за по-голяма точност на изследването е препоръчително измерване на по-голям брой косми.

При сравняване на косми от различни източници първо се измерва дължината на намерените на местопроизшествието косми, а след това се определя и обхвата на дължините на предоставените от известния източник косми и се сравняват получените стойности. За да се приеме сходство, дължините на изследваните косми трябва да бъдат в диапазона от дължини, измерени при космите с известен източник (Seta S. et al., 1988).

Задължително трябва да се съобрази и регионалният произход на изследваните косми. Няма как да се сравнява дължината на космите от различни области, напр. косми от скалпа с пубисни или аксиларни. Затова е изключително важно преди да се пристъпи към сравняване на космите – ВД и от известен източник, първо да се определи регионалният произход на космите, намерени на местопроизшествието, и да се анализира само дължината на космите със съответния произход.

При определяне на дължината на косъма, колкото и елементарно да изглежда, все пак могат да се появят някои затруднения. Такова определяне трябва да се извършва, където е възможно, след изправяне на косъма. Това е лесно при хората с европейски или азиатски етнически произход, при които косата е права или почти права, но значително по-трудно при ситно къдрави косми, при хората с африкански произход.

За по-голяма точност на изследването при събиране на образци от определени телесни региони е прието да се взема проба не от едно или от малък брой места, а от няколко участъка. Например скалпови косми се изземват от челната, двете слепоочни, теменната и тилната области, тъй като „покрайнините“ на скалпа (окосмената част на главата) показват най-голяма вариация на дължина и форма на

косъма. Редица изследователи посочват значителна разлика в дължините на най-късите и най-дългите косми на главата на един и същ индивид (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004). При сравнение Gaudette и Keeping (Gaudette B.D, Keeping E.S., 1974) класифицират дължините на косата в пет типа: под един, 1-3, 3-6, 6-12 и над 12 инча, като Ogle et al. (Ogle R.R. et al., 1999) правят това съответно в сантиметри: < 2,5 cm, 2,5-7,5 cm, 7,5-15 cm, 15-30 cm и > 30 cm.

Два варианта за представяне на космената дължина се приемат при нас, в зависимост от обстоятелствата на конкретния случай и конкретното космено ВД, а именно записване на реалната му дължина в сантиметри или причисляване на косъма към някоя от петте групи – < 2,5 cm, 2,5-7,5 cm, 7,5-15 cm, 15-30 cm и > 30 cm.

Според Robertson (Robertson J., 1999) дължината на космите на скалпа, като числена характеристика, в повечето случаи има ограничено идентификационно значение, но все пак тя може да бъде полезна и винаги трябва да се измерва.

Ние приемаме дължината като един от задължително определяните космени показатели, тъй като въпреки че вариацията на дължината на косата е сравнително висока и зависи от множество различни фактори, може да се очаква, че дължините на космите ще показват ясни разлики при скалповете на различните хора и следователно ще са потенциално полезни при съдебномедицинското сравняване на космите.

Стойностите на космената дължина могат да бъдат използвани в няколко насоки при анализа. Напр. на тази база е възможно ориентировъчно определяне на регионалния произход на изследваните косми. Най-общо космите на човешкото тяло се разделят на дълги и къси. Космите по главата, пубисните, аксиларните и тези на гърдите са класифицирани като принадлежащи към групата на дългите косми (над 2-3 cm), докато веждите, миглите и вибрисите се класифицират като къси коси (1-2 cm).

При изследване на скалпови косми е възможно и ориентировъчно определяне на пола, доколкото повечето представители на женския пол са с дълга коса, а на мъжкия – с къса. Разбира се, това определяне е съвсем грубо и неточно, като винаги трябва да се преценява и според други показатели.

Измерването на дължината може да бъде полезно и в друга насока, ако се разглежда заедно с други морфологични

характеристики. Напр. установяване на козметични промени по косъма – ако косата е боядисана, времето след третирането може да се оцени за косми в анаген чрез измерване на разстоянието между проксималния край и боядисаната част. Оценката се основава на констатацията, че анагенната коса показва постоянен темп на растеж от 0,3-0,4 mm/ден (Seta S. et al., 1988).

Технически отчитането на показателя „дължина на косъма“ е лесно, когато е наличен цял косъм (заедно с кореновата и върховата му част), но при откриване на местопроизшествието само на фрагмент от косменото стъбло се ограничава стойността на изследването и сравняването на космите. При малка дължина на предоставения космен участък се затруднява както определянето на общата дължина, така и по-нататъшното изследване на косъма, включително и сравняването на микроскопски характеристики по дължината на стъблото. Очаквано, по-лесно биха се сравнявали вариациите в микроскопските показатели при косми с подобна дължина. Според Robertson (Robertson J., 1999) обаче важността на еднаквата дължина се надценява. Не трябва да се приема, че космите следва да бъдат еднакви по дължина, за да има сравнението смисъл. По-важно е сравняването на косми да показват същата вариация от корена до върха при макроскопски оглед. Когато се сравняват косми с различна дължина, изследващият е този, който трябва да обясни на каква основа е възможно да се сравнят те. Смислено сравняване е възможно при два косъма със значително различие в дължината. Фактът, че два косъма са с подобна дължина, е с по-малко идентификационно значение (Robertson J., 1999).

Също така практиката показва, че за да има смисъл определянето на този показател, космите трябва да бъдат взети за изследване възможно най-скоро след разследвания инцидент. Дължината на стъблото може да бъде важна характеристика само ако космите от известен източник и проучваните косми се събират в кратки срокове. Ако е изминало известно време между предоставянето на изследвания/изследваните косъм/косми и събирането на известни косми от подозрителен източник, при оценяване на резултатите от сравняването на дължината трябва да се обмисли възможността за значителен растеж на космите или обратно – подстригване на заподозрения индивид.

Космите растат с различна скорост в зависимост от редица фактори, като при тези на скалпа растежът е с по около един сантиметър на месец. Проучването на дисталните краища на космите може да предостави доказателства за наличието или отсъствието на скорошно подстригване, което би повлияло на значимостта на космената дължина като характеристика за сравнение.

2.1.2. Дебелина (диаметър) на косъма

Дебелината е една от характеристиките на космите, изследването на които спомага за решаване на редица въпроси като: вид на космите, регионален произход, етническа принадлежност на индивида, въздействие върху космите на някакви болестни или травматични фактори, козметични процедури и др. На макроскопско ниво може да се види само че човешките косми са с голяма вариация в дебелината и да се получи представа дали те са фини, средни или груби. Това изследване е много условно и често неточно. То дава възможност единствено да се направи сравнение, с цел търсене на морфологично сходство, между космите, иззети като ВД, и сравнителния космен материал. Микроскопското изследване с използване на микрометрична скала е това, което установява, че диаметърът на космите може да бъде в диапазона от 20 до 120 μm , като долната граница е по-вероятна за по-фините косми при децата.

Редица са факторите, определящи космения диаметър. При различните видове косми стойността му варира от много фин – за велус космите, до много груб – при терминалните косми.

Регионалният произход на космите също има значение за дебелината им, която е различна при космите от различните части на тялото – скалп, пубис, аксилы, крайници и др. Дори и макроскопски, лесно се установява значително по-голямата дебелина на пубисните спрямо скалповите косми. Разлики се откриват и в дебелината на космите от един и същи телесен участък, но на различни индивиди (Robertson J., 1999).

Етническият произход на индивида – европейски, азиатски, африкански, се отразява върху общия вид на косъма и отделните му характеристики, включително и дебелината му, която е най-голяма при азиатската и най-малка при африканската етническа принадлежност.

Промени във вида и дебелината на косменото стъбло, включително и разлика в тази дебелина в отделни участъци по хода на стъблото, могат да се установят и при редица заболявания на космите – *Monilethrix*, *Pseudomonilethrix*, *Pili torti* и др. Същото се отнася и за влиянието на различни фактори на средата, травматични или козметични въздействия (Подробно разгледано в раздел 3. Увреждания на космите).

Затова, при изследване на космената дебелина трябва освен стойността (фин, среден, груб косъм) задължително да се разглежда и отбелязва обхватът на вариация в определена космена проба и вариацията в рамките на едно космено стъбло. Отчита се както видът и степента на изменение на дебелината на стъблото, така и скоростта на промяната на вариациите (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

2.1.3. Форма на косъма

При първоначално разглеждане с невъоръжено око косъмът изглежда, че има само едно измерение – дължина. При внимателно разглеждане обаче, може да се види, че аксиалната форма на космите е много различна. Всъщност понятието форма на косъма се отнася до общия вид на космите по отношение на къдренето им. Степента на къдрене или макроаксиалната форма на човешката коса има важно идентификационно значение, като за определяне на формата е необходимо изследване на по-голям брой косми. Формата на косъма има твърде ограничена разпознавателна сила при изследване на единичен косъм.

Описанието на формата на космите с думи варира от класическата до по-сложната, като се използват термини като права, вълнообразна, къдрава, ситно къдрава, кичеста, вълниста и спираловидна (Trotter M., 1938). Въпреки че тези думи ясно представят глобалния външен вид, такива определения са объркващи, защото са субективни, с недефинирани, припокриващи се граници. Затова са необходими обективни описания за по-точно определяне (De La Mettrie R. et al., 2007). Измерванията на средната кривина, съотношението между максимална и минимална кривина, вид къдрици, съотношението естествена към права дължина и т.н. са от интерес за характеризиране на космената форма при хората.

Армеев (Армеев Д.А., 1960) посочва свои критерии, според които за съдебномедицински цели космите се разделят на следните групи: прави, дъговидни, вълнообразни, усукани, къдрави. Той предлага, за определяне на формата, да се постави косъмът върху лист хартия и да се проследи допирането (контакта) му с нея. При правите коси има съприкосновение с хартията по цялата дължина на косъма или той може да образува само една слабо забележима извивка. Вълнообразни – няма плътно съприкосновение с листа и по протежението им се различават 2 и повече извивки. Усукани – в дисталния им край се образуват няколко широки пръстена или един непълен пръстен. При тях съприкосновението с хартията е само в отделни участъци на стъблото. Къдравите коси са в съприкосновение с хартията само в няколко ограничени участъка и имат спираловидно завъртане (Туманов А.К., 1975; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Много експерти (Seta S. et al., 1988; Bisbing R.E., 1982) използват за целите на сравнението предимно термините права, вълниста, къдрава и усукана форма на косъма.

Ogle et al. (Ogle, R. R. Et al., 1999), за криминалистични цели, дефинират редица обективни параметри на отделните косми, в опит да идентифицират правилно космите открити на местопрестъплението.

За представяне на космената форма те използват термините права, извита, вълнообразна (вълниста), широка (едра) къдрица и тясна (ситна) къдрица. Като „прав“ се дефинира косъм без кривина или косъм, който има кривина по-малка от тази на кръг с диаметър по-голям от 80 см. „Извит“ косъм е този, който има леко изкривяване, но не проявява вълнообразност или не се извива обратно към себе си, за да образува кръг, когато косъмът е поставен на плоска повърхност. „Вълнообразният“ косъм има кривина, която променя посоката си, за да създаде синусова вълна и не се извива обратно към себе си, за да образува кръговидни фигури, когато се постави върху плоска повърхност. „Къдравият“ косъм се определя като косъм, който се извива към себе си, за да образува кръгове или подобни на кръг форми, когато е поставен върху плоска повърхност. Тази форма се разделя на такава с едри или ситни къдрици. При първите се образуват кръговидни фигури със степен на къдрене от 04 до 06, а при

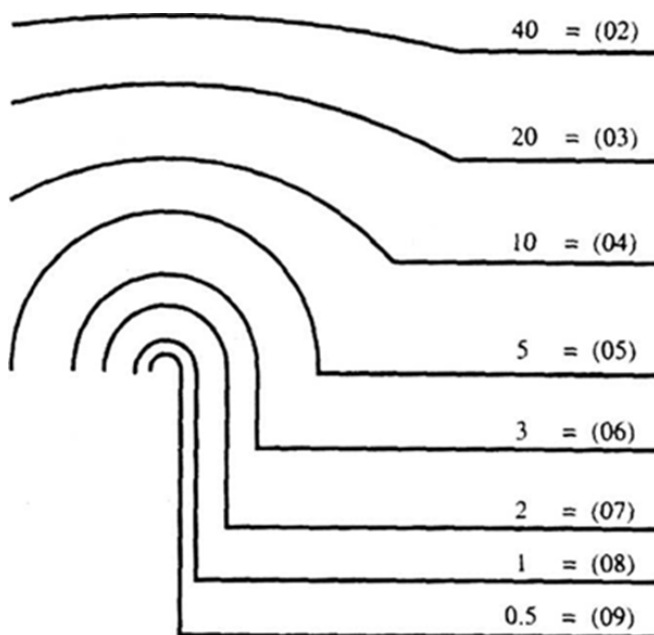
вторите – 07 до 09, определени по шаблона Степен на къдрене (Ogle, R.R. et al., 1999).

Шаблонът за Степен на къдрене, предложен от Bailey и Schliebe (Bailey J., Schliebe S, 1985), се основава на измерването на кривината на космите и може да се използва за определяне на степента на къдрене на изследвания косъм (Фигура 5). Шаблонът е проектиран така, че да може да се притисне косъмът между две прозрачни плочи и да се постави върху шаблона. Степента на изкривяване на косъма може лесно да се определи, като се сравни с кривините с известни диаметри на кръга, т.е. сравнява се диаметърът на кръга, описан от дъгата на космената къдрица, преценен при сравнение с шаблона. По този начин косъмът може да бъде оценен като степен на къдрене чрез позоваване на числовите стойности, посочени на шаблона. Разпределението е в следните десет типа: $> 80, \leq 80, \leq 40, \leq 20, \leq 10, \leq 5, \leq 3, \leq 2, \leq 1, \leq 0,5$.

Diameter of Arc Circle (cm)

More Than 80 = (00)

Less Than 80 = (01)



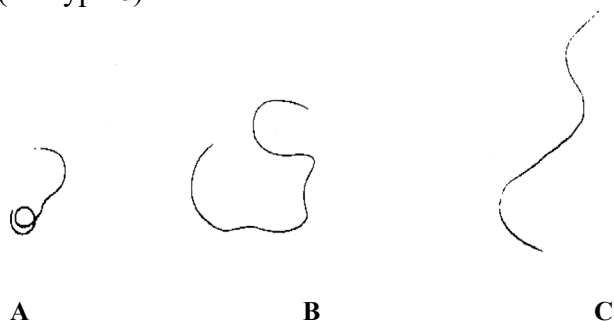
Фигура 5. Шаблон за степен на къдрене (Ogle R.R. et al., 1999)

За тези случаи, в които има повече от една измерена стойност на кривината за единичен косъм, трябва да бъде документирана стойността, представляваща максималното къдрене (най-малкият диаметър).

Освен оформянето на къдрици, при космите се наблюдават и малки нагъвания (Robbins C.R., 2012). Ако се прикачи товар от 1 g към косъма, от разстояние той изглежда прав, но дори „правият“ азиатски косъм показва такива малки нагъвания, когато се изследва по-внимателно (Robbins C.R., 2012).

Редица фактори са определящи за формата на космите. Тя е в зависимост от етническата принадлежност на индивида, региона от тялото, от което произхожда косъма, и наличието на болестни или травматични увреди по него.

Трите основни форми на космите, според етническия произход на индивида, са африкански, азиатски и европейски (Robbins C.R., 2012) (Фигура 6).



Фигура 6. Пубисни косми от индивид с: А – африканска, В – европейска, С – азиатска принадлежност (Robbins C.R., 2012)

С естественото къдрене на косата е свързана и формата на напречното сечение на космите, друг показател, който според мен е добре да се преценява при определяне на етническия произход на индивида. Естествено правите косми (азиатски) имат форма на напречно сечение, която е близо до кръгла. Естествено къдравите косми имат форма на напречно сечение, която е овална към сплесната, в зависимост от степента на къдрене (Robbins C.R., 2012) (европейски и съответно африкански).

Bisbing (Bisbing R.E., 1982) и Gaudette и Keeping (Gaudette B.D., Keeping E.S., 1974) също разглеждат общата форма и формата на напречното сечение според етническите различия. Според тях

азиатските косми обикновено са прави, с почти кръгло напречно сечение. Африканските косми са плътно накъдрени и с изразено елипсовидно напречно сечение. Европейските косми са междинни между другите два етнически типа.

Strauss (Strauss M.A.T., 1983), дефинирайки пространствените контури на косъма, представя формата като къдрава, права и дъговидна. Къдрава: косъмът показва плътно вълнообразен контур; права: контурът на косъма е с почти липсващо оформяне на вълна или извивка; дъговидна: стъблото показва леко извит контур. Като специална форма е добавена и усукана.

Hrdu (Hrdu D., 1973) предлага средно измерване на кривина, което дава числена оценка на степента на кривината на косъма, приложимо при криминалистичното сравнение на къдравите косми от човешки капилициум. В Таблица 1. е дадена компилация от представеното от различни изследователи текстово определяне на общата форма на космите (Seta S. et al., 1988).

Таблица 1. Класификация на основната форма (Seta et al., 1988)

Bisbing (1982)	McCrone (1982)	Strauss (1983)	Harding и Rogers (1984)	Lee и De Forest (1984)	Robertson и Aitken (1986)
Права Извита Вълниста Къдрава Ситно къдрава Вълно- образна Змиевидно извиваща се	Права Вълниста Къдрава Ситно къдрава	Права Извита Къдрава	Права Извита Къдрава Ситно къдрава Усукана	Права Извита Къдрава	Права Вълниста Къдрава Ситно къдрава

През годините са правени различни опити за по-точно количествено определяне на къдренето на косата с умерена степен на успех. За практиката обаче е важно да могат да се дефинират космите според конкретни критерии за форма, чрез извършване на обективни и прости измервания. Някои от предложените методи включват класифициране според предварително определени стандарти или чрез извършване на реални измервания (Robbins C.R., Crawford R., 1984; Robertson J., 1999; Robbins C.R., 2012). Най-полезният от

методите е този на Robbins and Reich, който включва преброяване на броя на гребените на вълната (N) в косъма, увиснал свободно, от кореновия му край и разделяне на L_c / L_t – дължината при свободно висящо положение (L_c), разделено на дължината с товар 1 g (L_t) (Robbins C.R., 2012).

Според De La Mettrie R. et al. (De La Mettrie R. et al., 2007) класифициране на голямото разнообразие от формата на космите в световен мащаб в само осем добре дефинирани категории може да се направи и чрез определяне на следните четири лесно достъпни космени характеристики:

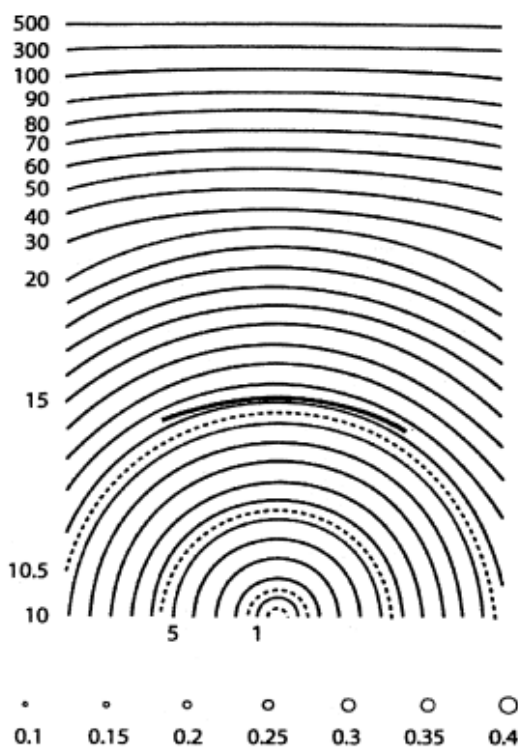
1. Диаметър на кривата (CD), тоест най-малкият диаметър на кривата на отрязан косъм при дадена опъната дължина, наричана L2;
2. Индекс на къдрене (i), тоест съотношението на опъната дължина (L2) към най-голямата дължина (L1), заета от едно и също парче косъм в покой (без натоварване);
3. Брой усуквания или извивки (t), тоест внезапно свиване и усукване на косменото стъбло по основната му ос, изразено като брой намотки на косъма;
4. Брой вълни (w) на космената проба.

Изследването започва с определяне на L2, след което се определя и L1. За целта космите се изпъват и измерват с мерителна линия. След това те се потапят за 3 минути в 100 ml 1% разтвор на шампоан във вода и след това обилно се изплакват с чешмяна вода и се поставят върху хартия, като внимателно се попива водата от тях. Оставят се да изсъхнат на въздух върху хартията за минимум 5 минути. След това космите се преместват внимателно върху стъклена плоча, без да се прилага механичен натиск, за да могат да запазят естествената си форма. Втора стъклена плоча се поставя внимателно върху космите, като се избягва всякакво странично изместване или плъзгане. След това се измерва разстоянието между двете най-отдалечени точки на косъма и се нарича L1. Индексът на къдрене i се определя като съотношение $L2 / L1$ (De La Mettrie R. et al., 2007).

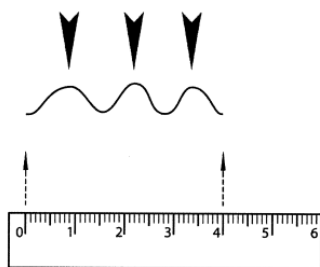
За определяне диаметър на кривата (CD), космите се поставят между двете стъклени плочи и радиусът на кривината на всяка извивка на косъма се определя чрез наслагване върху прозрачен шаблон, съставен от кръгове с известен радиус (изразен в сантиметри – Фигура 7) и съпоставяне на кривината на косъма с най-близкия кръг на шаблона. Най-малката или най-тясната кривина се избира като

стойност на диаметъра на кривата. В примера, даден на фиг. 7, $CD=11$ (De La Mettrie R. et al., 2007).

Формата на космите се описва като права, извита, вълнообразна или къдрава и се определя от присъщата форма, която косъма отново приема, когато е поставен на гладка повърхност. Кривината на косъма се съобразява с подходящата кривина на стандартизиран кръг: ако например диаметърът на стандартизирания кръг, който съответства на кривината на косъма, е по-голям от 80 cm, косъмът се приема за прав; кръгът с диаметър по-малък от 20 cm показва леко къдрав косъм, а диаметър под 3 cm показва изключително къдрави косми. Космите, чиято присъща форма наподобява синусова вълна, се считат за вълнообразни. Тъй като кривината на този тип косми продължава да променя посоката си, тя не може да бъде оценена чрез сравнение със стандартизиран кръг (Preedy V.R., 2012).

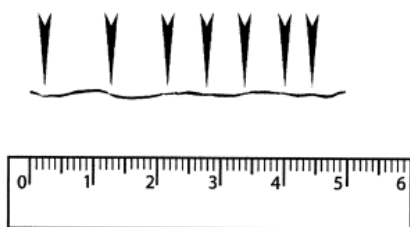


Фигура 7. Определяне диаметъра на кривата (CD)
(De La Mettrie R. et al., 2007)



Фигура 8. Брой вълни. Броят вълни се изчислява върху дължина 4 cm от косменото стъбло. В примера, който е даден, се установяват 3 вълни ($w=3$) (De La Mettrie R. et al., 2007)

Определянето на броя вълни (w) става, като горната стъклена плоча се отстранява и двата края на косъма се залепват с лента към долната стъклена плоча. Всяка лента трябва да покрива само 0,5 cm от косъма, като разстоянието между двете ленти да е най-малко 4 cm. Между лентите косъмът придобива сигмоидна форма, чиито върхове и долини могат да бъдат преброени (Фигура 8). По-голямото число се означава като w (брой вълни) (De La Mettrie R. et al., 2007).



Фигура 9. Брой извивки. Броят на извивките се изчислява върху дължина 4 cm от косменото стъбло. В примера, който е даден, се установяват седем извивки ($t=7$) (De La Mettrie R. et al., 2007)

Броят извивки (t) се определя при оглед на косменото стъбло. Когато къдравата или накъдрена коса е напълно удължена, се появяват по-дебели и по-тънки части или стеснения (Barbarat P. et al., 2005). Броят на извивките (усукванията – t) е равен на броя на естествените стеснения по оста на косъма (Фигура 9) (De La Mettrie R. et al., 2007).

Измерванията на CD , i , t и w се извършват на всяко събрано парче косъм, като за всеки обект се изследват най-малко пет косъма (по един от всяка област на скалпа, т.е. челото, темето, двете слепоочия и тила). Средната стойност на всеки параметър се използва

като определяща за косата на даден обект (De La Mettrie R. et al., 2007).

Lee и DeForest (Lee H.C., DeForest P.R., 1984) правят оценка на валидността на общата форма на косъма при съдебно сравнение на космите, като заявяват, че ако може ясно да се покаже, че естествената форма на неизвестните косми се различава значително от диапазоните, показани от известните проби, е възможно да се изключат изследваните косми, без по-нататъшни изследвания. Според Seta et al. (Seta S. et al., 1988) при практическото разкриване на престъпления трябва да се обърне специално внимание на следните точки: 1. Сравняваните косми и тези, с които се сравнява, трябва да се определят в съответствие с един и същ стандарт на класификация. 2. Трябва внимателно да се опише не само степента на вълнообразност и къдрене, но и тяхната ориентация. Това е особено важно при проби от коса, подложена на трайно къдрене. 3. Космените проби трябва да се съхраняват правилно, за да не се повреди първоначалната им форма. Изследването на деформирани косми, за целите на сравняването, е напълно безсмислено.

2.1.4. Цвят на косъма

Следващата стъпка в макроскопското изследване е да се оцени цветът на космите (напр. бледо рус, червеникаво-кафяв) и наситеността на цветовете (светъл, среден, тъмен), като това оценяване може да се извърши поотделно или да се използват таблици за сравнение (Preedy V.R., 2012).

Цветът на косъма на макроскопско ниво зависи от пигментацията на косменото стъбло (количество, цвят и разположение на пигмента на кортекса и медулата) и от физичните свойства на косъма, които влияят върху взаимодействието му със светлината, а именно повърхност на косъма и наличен въздух в кортекса и медулата му. От значение е и самата светлина, използвана за изследването – нейните яркост и спектър, ъгълът, под който среща повърхността на косъма, и др. (Туманов А.К., 1975; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982; Preedy V.R., 2012; Dawber R., Van Neste D. 2004).

При това изследване на цвета на космите винаги трябва да се отчита възможността за неточно възприятие и определяне. Понякога

космите, които макроскопски имат еднакъв цвят, може да съдържат нееднакво количество пигмент с различен цвят, което да се разкрие при микроскопиране. При косми с дебела и малко прозрачна кутикула съдържащият се в кортекса пигмент, даже с тъмен цвят, не се вижда през тази кутикула и следователно не повлиява цвета на косъма.

При изследването първоначално се оглеждат космите в кичур и се определя цветът на целия кичур. Той бива светлорус, рус, тъмнорус, светлокафяв, кафяв, тъмно-кафяв, черен, сив и червен. Освен цвят, се различава и оттенък: пепеляв, златист, червеникав и др. (Таблица 2). След това се определя цветът на отделните косми. Той може да се различава от посочените, което понякога се дължи на изкуствено оцветяване на косата, действие върху нея на висока температура или гниене. Възможно е и в разглеждания кичур да има косми с различаващ се цвят. Това също задължително се отбелязва (Туманов А.К., 1975; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Таблица 2. Класификация на макроскопския цвят в контекста на съдебномедицинското сравнение на космите (Seta S. et al., 1988)

Lee и De Forest (1984)	Robertson и Aitken (1986)
Бял	Безцветен
Сив	Жълт
Рус	Кафяв
Светлокафяв	Червеникав
Кафяв	Черен
Тъмнокафяв	
Червен	
Черен	

Когато за изследване се предоставя не цял кичур, а отделен косъм, цветът му се отбелязва като: бял, жълт, светлокафяв, червен, кафяв, тъмнокафяв, сив, черен и т.н. (Туманов А.К., 1975; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982). Тук също се отбелязва оттенъкът (жълтеникав, червеникав и др.), ако има такъв. За разлика от човешките, които са едноцветни, космите на животните е възможно да се характеризират като пъстри (черно-бели, кафяво-бели и др.) (Туманов А.К., 1975; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982) (от значение при определяне на видовата принадлежност на изследваните косми).

Понякога замърсявания на космите могат да пречат за установяване на цвета им. В тези случаи първо космите се промиват с топла вода и сапун или се обезмасляват с бензин и след това се пристъпва към определяне на цвета им (Туманов А.К., 1975).

Принципно цветът на космите се определя от меланоцитите, които се намират във фоликула и пренасят пакети от меланин (меланозоми) в кортикалните клетки по време на анаген. Цялата гама от цвят на космите се дължи на два вида меланин: еумеланин, доминиращият глобално пигмент, който придава главно черен и кафяв цвят на косъма и феомеланин, мутация на еумеланина и преобладаващ пигмент в червена, кестенява и руса коса. Установено е обаче, че който и от двата пигмента да е преобладаващ в съответните косми, то в тях задължително се съдържа известно количество и от другия пигмент. Пропорциите на еумеланин и феомеланин и общото количество меланин, определят окончателния естествен цвят на косъма. Кестенявата коса е смес от двата пигмента (Dawber R, Van Neste D. 2004; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

Черната и тъмнокафява коса са разпространените естествени цветове на косата на хора от всички региони, представляващи повече от 90% от всички човешки коси. Честотата на русата коса се отчита като 1,8% в световен мащаб. Сенките варират от светлокафяво до бледо русо. Няма съпоставими данни за червената коса, но в областите с очевидна по-голяма честота (периферията на Западна и Източна Европа) тя е максимум 10%. В Шотландия 35% от населението носи рецесивния ген за червена коса. При наличие само на едно копие на алела за червена коса, тя може да се слее с другия цвят на косата, което води до различни видове червени коси, включително ягдоворуса (червено-руса) и кестенява (червено-кафява) (Dawber R, Van Neste D. 2004; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

В оцветяването на космите могат да се наблюдават и някои специфични състояния като:

Хетерохромия – растеж на косми от два различни цвята при един и същи индивид. При повечето хора космите в различните части на тялото имат нееднакво по интензивност оцветяване: най-светли са аксиларните, по-тъмни – по окосмената част на главата, брада, мустаци, а най-тъмни – вежди, мигли и перинеум (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982). При светлокосите индивиди пубисните и

аксиларните косми, веждите и миглите са много по-тъмни от космите на скалпа. Хората с черни и кафяви коси обикновено имат червени или кестеняви бакенбарди. При тях червеникавият нюанс се среща по-често в аксиларните косми, отколкото по скалпа (Dawber R, Van Neste D. 2004). Посоченото различие в оцветяването на космите в различните части на тялото обаче невинаги се установява. Нерядко космите при русите и червенкосите индивиди навсякъде са с еднакво оцветяване (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Посивяване на космите – то обикновено е проява на процеса на стареене, въпреки че може да бъде генетично програмирано и да се проявява още в юношеска възраст. Дължи се на прогресивно намаляване на функцията на меланоцитите и постепенно разреждане на пигмента, т.е. пълната гама от цветове от нормално до бяло може да се види както по отделните косми, така и по косата като цяло. Сивият цвят обикновено е резултат от смесването на цветни с бели (непигментирани) косми, въпреки че се откриват и „сиви“ косми с редуцирана пигментация (Robertson J., 1999). Загубата на цвят на косменото стъбло се свързва с намаляване и евентуално прекратяване на активността на тирозиназата в космения булбус. Често началото се забелязва по-рано при тъмнокоси индивиди, заради по-големия контраст между тъмни и бели косми. При хората с европейска етническа принадлежност бялата коса се появява за пръв път на възраст $34,2 \pm 9,6$ години, а до 50-годишна възраст 50% от населението има поне 50% сиви косми. Посивяването при африканската принадлежност е на $43,9 \pm 10,3$ години, а при азиатската – между 30 и 34 години при мъжете и 35-39 години при жените (Preedy V.R., 2012).

Зоните на брадата и мустаците обикновено стават сиви преди скалпа или окосмяването по тялото (Dawber R., Van Neste D. 2004). Върху скалпа слепоочната област обикновено показва първо посивяване, следвана от теменната и най-късно това се установява в тилната област.

Понякога посивяването може да настъпи и на доста по-ранна възраст. Тогава се говори за преждевременно посивяване на косата. Такова се приема при начало преди 20-годишна възраст при европейците и 30-годишна възраст при африканците. Вероятно има генетична основа и понякога се проявява като изолирано автозомно-доминантно състояние (Dawber R., Van Neste D. 2004).

До промяна в естествения цвят на космите могат да доведат множество различни причини от страна на организма и най-вече от външната среда. Космите по откритите части на тялото е възможно да бъдат „избелени“ от слънчева светлина (Dawber R., Van Neste D. 2004). Много тъмната коса първо изсветлява до кафеникавочервен цвят, но рядко става руса, дори след силно излагане на слънчева светлина; кафявата коса обаче може да бъде изсветлена до рус цвят.

Промени в цвета предизвикват и редица лекарства, използвани ежедневно при лечението на различни заболявания. Резорцинът, прилаган напр. в терапията на някои кожни заболявания, оцветява тъмните косми в жълто или жълтеникавокафяво. Хлорохинът и хидроксихлорохинът пречат на синтеза на феомеланин, т.е. те засягат само руси и червенкоси индивиди, като след лечение с тях косата става по-сребриста или бяла. Антихипертензивното средство миноксидил има обратен ефект – потъмняване на космите, независимо от вида на пигмента в тях (Dawber R., Van Neste D. 2004).

Подобни промени в оцветяването на космите се наблюдават и при някои хранителни дефицити и метаболитни нарушения. Недостигът на мед причинява ахромотрихия, а белтъчният и калориен дефицит – превръщане на нормалната черна коса в кафява или червеникава, а на кафявата коса в руса (Dawber R., Van Neste D. 2004).

Промяната на цвета на окосмяването може да се дължи и на проникване в космите на различни елементи от околната среда. Излагането на високи концентрации на мед в промишлени процеси или в чешмяна вода или басейни може да причини зелено оцветяване на косата, особено видимо при руса коса. При работещите с кобалт космите могат да добият ярко син цвят. При продължителна работа с хлор космите побеляват. Жълтеникавият цвят на косата не е рядкост при тежки пушачи с бяла или сива коса, поради катрана в цигарения дим (Dawber R., Van Neste D. 2004; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Всички посочени изменения в цвета на космите при даден индивид имат голямо съдебномедицинско значение, тъй като подпомагат идентификацията на изследваните космени проби, затова задължително към събираната преди изследването на космите информация трябва да се включват и такива въпроси.

За изключване на грешки при определянето, Robertson (Robertson J., 1999) е изразил становище, че изследване и сравняване на цвета на космите трябва да се извършва при стандартизирани възпроизводими условия, по-специално по отношение на използвания източник на светлина. Той предлага да се използва пръстеновиден източник на светлина, а не косо осветление, за да се получи равномерно осветяване на пробата. Според него предизвикателството за изследващия космите е, че макар да има само три основни цвята – черно, червено и жълто – в действителност цветът на косата, особено при европейската етническа принадлежност, показва почти непрекъснат спектър, в резултат на малки вариации в нюанса, наличието или липсата на медула и възприемането от наблюдателя в резултат на взаимодействието на светлината с косата. При един и същ индивид космите могат да покажат степен на вариация, но обикновено тя е много по-малка от вариацията между отделните индивиди. Важно е изследващият да записва цвета на косата, използвайки аналитичен и систематичен подход, тъй като цветът на космите е една от най-полезните характеристики, за да подпомогне разграничаването на космите на макроскопско ниво.

Robertson (Robertson J., 1999) предлага схема, в която има само 5 цвята на косата: безцветна, жълта, кафява, червеникава, черна и отделно отразяване на интензитета – слаб, среден или силен, както и на оттенъка.

Ние приемаме по-голямо разнообразие в цвета и оттенъка на космите, съответно: бял, сив, жълт, светлокафяв, кафяв, тъмнокафяв, червен и черен, а за оттенъка – червеникав, жълтеникав, кафеникав и др.

Макроскопското определяне на цвета се извършва чрез колориметрия. При нея се използват различни методи за описване и количествено определяне на възприемането на цвета на космите. Три често срещани метода са: методът за визуално сравнение, методът на тристимула и спектрофотометричният метод (Bohnert M. et al., 1998; Preedy V.R., 2012).



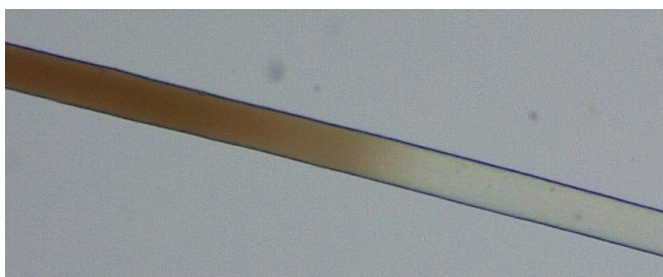
Снимка 6. Скала на Fischer-Saller (Trotter M., 1939)

Методът на визуално сравнение е широко използван субективен метод. Цветът на пробата (кичур коса) се сравнява директно с цветна скала, като скалата на Fischer-Saller (Снимка 6) и визуално се оценява. При работата си Фишър (докладвана в Trotter M., 1939) подрежда 30 космени проби от различни цветове в серия, базирана на увеличаващата се интензивност на цветовете. Поредицата, която посочва, е: сиво-черно, вариращо от много светло сиво до абсолютно черно и несъдържащо жълто, кафяво или червено; жълтокафяво, вариращо от бяло-жълто до тъмнокафяво-черно, като много от цветовете имат червеникав компонент; червена серия. Те се означават с латински букви и римски цифри – руса (букви A-G), русо-кафява (H, J), кафява (K-V), кафяво-черна (W), черна (X, Y), червена римски цифри (I-IV) и бледо червена (V, VI) (Preedy V.R., 2012).

При метода на тристимула обектът, чийто цвят се определя, се осветява със стандартна светлина и светлината, която се отразява обратно от обекта, се измерва едновременно чрез комбинация от три фотосензора със стандартизирани цветни филтри (червен, син, зелен). Чрез сравняване на тези стойности с вътрешен стандарт може да се определи стойността на цвета (Preedy V.R., 2012).

Спектрофотометричният метод е подобен на метода на тристимула, но за разлика от него, този метод записва пълна спектрална крива за светлината, преминаваща през еталона и през изследвания обект и ги сравнява. Прави измервания във видимата област на дадена цветна проба. След коригиране за бяло може да се изчисли кривата на ремисия за обекта или космената проба (Preedy V.R., 20120).

При рефлекторната спектрофотометрия принципът е същият, но тук се сравнява количествено фракцията на светлината, която се отразява от еталона и изследвания обект (Vaughn M. et al, 2008, 2009).



Снимка 7. Граница боядисан/небоядисан косъм

При изследване цвета на космената проба задължително трябва да се отбележи и наличието на изкуствено оцветяване на космите, ако има такова. Често, но не винаги, то може лесно да се види на макроскопско ниво. В случаите, когато естественият цвят на косата е светъл, а използваната боя тъмна или обратно – тъмна коса и силно изсветляване, се наблюдава дълбока промяна в цвета, с подчертана граница (Снимка 7). Това показва както факта, че е имало някаква козметична процедура с изменение на естествения цвят на космите, така и времето, когато това е станало, тъй като по дължината на участъка с променен цвят се съди за израстването на косъма и съответно за давността на промяната спрямо времето на изземване на космите за изследване.

2.1.5 Вид на върховия (свободния) край на косъма

При изследване на човешките косми се установява, че при появата си от скалпа новообразуваните косми са със заострен връх. С течение на времето, за разлика от кореновия, на върховия край на

косъма могат да окажат влияние редица фактори. Наред с нормалното износване на естествено заострения косъм, могат да се наблюдават и промени в резултат на действието на неблагоприятни фактори на средата (висока температура, слънчева радиация и др.), козметична обработка на косата и различни болестни или травматични увреждания (Robertson J., 1999; Deedrick D.W., Koch S.L., 2004). Тези фактори променят вида на свободния край и той може да бъде открит като отрязан, счупен, разцепен, загладен (заоблен) или фино заострен. (Подробно представено в раздел 3. Увреждания на космите.)

Част от посочените промени могат да бъдат видени и макроскопски. Естествено, при микроскопско изследване на косъма е възможно много по-детайлното им проучване и определяне.

2.1.6. Особености на космите

Към тях се отнасят различни наслагвания, задебелявания, развлекняване и други увреждания, видими с невъоръжено око. При наличието им се отбелязва характер, вид, цвят, размери, консистенция и др. (Туманов А.К., 1975).

2.2. Микроскопски характеристики

Микроскопското изследване на косъма не само допълва макроскопското, но и разглежда редица по-специфични индивидуални показатели и като цяло е с много по-голяма информативна стойност от макроскопското. При това изучаване на космите е важно да се огледат не само изолирано отделните им характеристики, но и техният принос към цялостния модел (Таблица 3). Основа за сравнителното изследване на космите от местопроизшествието и известния източник е експертът добре да познава микроскопските морфологични характеристики на космите и диапазона от вариациите им. Само така може да бъде извършено качествено сравнение на двете групи косми.

Микроскопското изследване винаги трябва да се извършва при ярко осветено поле и да включва както изследване на космените стъбла по дължината им, от кореновия до върховия край, така и (в някои случаи) изследване на напречните им сечения. Характеристиките, наблюдавани на това ниво на изследване, са

свързани с особеностите на строежа на кутикулата, кортекса и медулата, но се събира информация и за диаметъра на косъма, както и за вида на кореновия и върховия му край, които допълват описанията, получени на макроскопско ниво.

Първоначално е добре да се направи оглед на косъма в сух вид. За целта той се поставя върху предметно стъкло и се покрива с покривно стъкло. При изследването се обръща внимание на космената повърхност – има ли по нея някакви наслагвания, зацапвания, пукнатини или каквито и да е увреждания.

След това косъмът се вертикализира, за да може да се огледа кореновият и върховият му край, като всеки косъм се проследява внимателно по цялата му дължина.

Следва по-детайлно проучване на косъма чрез просветляване на същия с някоя от следните течности – ксилол, бензин, глицерин, канадски балсам и др. След обработка с такава просветляваща течност при микроскопско изследване косъмът изглежда прозрачен.

Всички особености на стъблото могат да се наблюдават и при микроскопиране на негов напречен срез. Дори някои характеристики са по-добре видими именно при този оглед. Напр. така се придобива представа за диаметъра на косъма, разпределението на пигмента и др. (Туманов А.К., 1975).

Както вече бе посочено в раздел 1.1 Анатомичен строеж, косъмът представлява дълго тънко цилиндрично образувание от кератинизирани клетки, разделящо се на космен корен – частта разположена в космения фоликул, под нивото на кожната повърхност, и космено стъбло – частта над нивото на кожата.

Косменото стъбло най-грубо може да се представи като три вмъкнати един в друг цилиндъра:

1. медула или ядро, разположено по централната ос
2. кортекс – основна част
3. кутикула – външно покритие.

Таблица 3. Микроскопските характеристики на човешкия косъм най-общо могат да бъдат представени като (Ogle, R. R. Et al, 1999; Blume-Peytavi U. et al., 2008)

Цвят	Безцветен Липсва цвят (Бяла/Сива коса) Рус Светъл Светъл до среден Среден до тъмен Тъмен Златистокафяв Светъл Светъл до среден Среден до тъмен Тъмен Кафяв Светъл Светъл до среден Среден до тъмен Тъмен до матов Матов Сивокафяв Светъл Светъл до среден Среден до тъмен (Черен) Тъмен (черен) до матов Червен Светъл Светъл до среден Среден до тъмен Тъмен Друг Друг (Цветът на косъма не се открива в горната схема) Специфичен цвят		
Пигментна плътност	Липсва пигмент Ниска до средна Висока до непрозрачност	Ниска Средна до висока Непрозрачен	
Размер на пигментните гранули	Липсват/Засенчени	Фини/малки	Груби
Форма на пигментните гранули	Кръгла Друга	Овална/ продълговата	
Форма на пигментните агрегати	Липсват агрегати На струпвания	На ивици Друго	

Размер на пигментните агрегати	Липсват агрегати Средни ивици Малки струпвания Големи струпвания	Малки ивици Големи ивици Средни струпвания Друго	
Непрекъснатост на медулата	Липсва/затъмнена Прекъсната Непрекъсната/прекъс-ната Прекъсната/фрагментирана	Непрекъсната Фрагментирана Непрекъсната/фрагментирана Непрекъсната/прекъсната/фрагментирана	
Прозрачност на медулата	Отсъства/затъмнена Прозрачна	Матова Матова/прозрачна	
Медула - други	Ширина /медуларен индекс/ Аморфност или наличие на модел		
Дебелина на кутикулата	Тънка Променлива	Дебела Неясна	
Вътрешен контур на кутикулата	Неясен	Отчетлив	Варира
Профил на люспите на кутикулата	Гладък Примковиден	Назъбен Друг	Неравен, разръфан
Повърхност на кутикулата	Нормална	Увредена	
Пигмент в кутикулата	Липсва	Наличен	
Структура на кортекса	Липсва	Видима	Неясна
Кортикални фузии	Липсват Чести	Само в корена Обилни	Редки Неясни/ затъмнени
Овоидни тела	Липсват Неясни		Много
Корен	Липсващ корен Пречупен Отрязан Разложен	Наличен корен Фаза на растеж на корена: анаген катаген телоген	

Характеристика на дисталния връх	Естествен конус Напречно срязан/ прав ръб Напречно срязан/ заоблен ръб Разцепен Смачкан Разрушен	Заоблен конус Срязан под ъгъл/прав ръб Срязан под ъгъл/ заоблен ръб Изтрит Овъглен Друго	
Максимален диаметър на стъблото	Тънък/фин ($< 40 \mu\text{m}$)	Среден (40 до $80 \mu\text{m}$)	Груб ($> 80 \mu\text{m}$)
Отклонения в стъблото	Нормално Разцепено	Огънато Вълнообразно	Под прав ъгъл/ образуващо „рамо“ Усукано, спираловидно
Форма на напречното сечение	Кръгла Овална Триъгълна	Плоска Бъбрековидна С форма на сълза	Ексцентричност/степен на отклонение от кръг-лата форма/
Обработка на косата	Отсъства/не личи Изрусена Комбинация	Боядисана Накъдрена Друго	
Болести и разстройства на косата	Trichorrhesis Nodosa Trichoschisis Monilethrix Trichonodosis	Trichorrhesis Invaginata Pili Annulati Pili Torti Друго	
Разни характеристики	Двойна медула Пропуски в пигмента Овоидни тела	Ивичеста медула Наличие на отломки Друго	
Наличие и увреда от насекоми, паяци, гъби	Въшки/ Яйца на въшки Гъбична увреда	Увреда от насекоми/паяци Друго	

2.2.1. Медула

Медулата е централното ядро на косъма, оформено като колона от клетки, които в процеса на развитие на косъма колабират по начин, който придава на медулата изглед на мрежа от клетъчни връзки и пространства, изпълнени с въздух (Auber L., 1952; Rogers G.E., 1964).

При светлинно микроскопско изследване морфологията на медуларната тъкан драстично се различава от останалите компоненти на косменото стъбло – наблюдават се големи интер- и интрацелуларни пространства, а протеиновият материал в клетките изглежда аморфен (Matoltsy A.G., 1953; Rogers G.E., 1964). Това се дължи на колапса и концентрацията на клетъчното съдържимо в периферията на клетката, при трансформацията на трихохиалинните гранули на развиващите се клетки в уплътнен, дехидратиран медуларен протеин. При сканираща електронна микроскопия се установява, че този протеин е във вид на макрофибрили (макрофиламенти), ориентирани произволно в клетките и изградени от снопчета микрофиламенти (Robertson J., 1999).

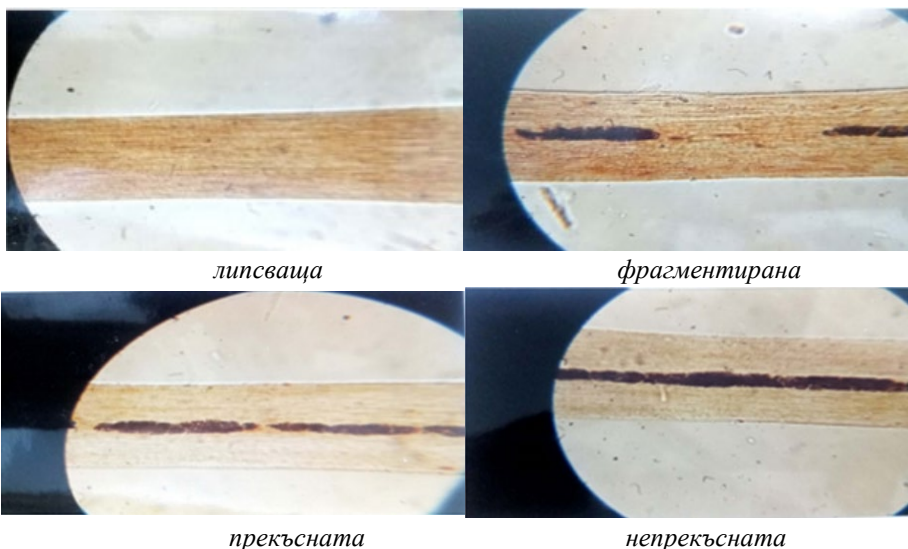
Специфично за медуларния е това, че съдържа аминокиселината цитрулин в пептидна връзка. Нормално тази аминокиселина не се намира в протеините, но в косъма е представена както в медуларния, така и в протеина на вътрешната коренова обвивка (Rogers G.E., 1964). Медуларният протеин е неразтворим и по-трудно повлияващ се дори от кератините в кортекса (Matoltsy A.G., 1953; Rogers G.E., 1964), но дисулфидните връзки, откриващи се при кератина, тук отсъстват. В случая неразтворимостта е резултат от множеството напречни връзки на пептидните вериги между страничните вериги на лизина и глутамина. Тези напречни връзки се откриват и в протеина на вътрешната коренова обвивка и в по-малки количества в кератините на кортекса и кутикулата (Rice R.H. et al.). За разлика от кератините, медуларният протеин е податлив на разграждане от протеолитични ензими и тези ензими предизвикват загуба на медуларната „структура“ – феномен, наблюдаван при съдебномедицински случаи с косми в условия на разложение (Robertson J., 1999).

Не във всички човешки косми се установява медула, като много тънките косми – велусни косми, обикновено са лишени от нея.

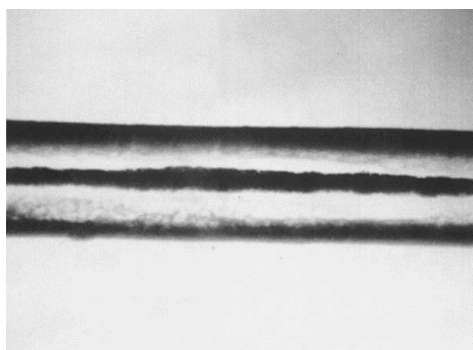
В космите, в които присъства, видът ѝ може да бъде описан като неправилно глобуларен. Той варира леко между космите на един индивид, но значително по-изразено между космите на различни индивиди. Една от характеристиките, определящи различните вариации, е непрекъснатостта. Непрекъснатост на медулата се отнася до визуалните форми на медулата по дължината на косменото стъбло и често има забележим модел. Основните модели на непрекъснатост, наблюдавани в човешките косми, включват: отсъстваща медула, непрекъсната, прекъсната и фрагментирана или комбинации от тези модели (Seta S. et al., 1988; Robertson J., 1999; Ogle, R. R et al, 1999; Hausman L.A., 1925) (Таблица 4.). За отсъстваща медула се говори при косми без видима медула, включително случаите, при които тя не е видима поради силна пигментация. Непрекъсната е медулата, когато се простира по оста на стъблото без прекъсване. Медулата се приема за прекъсната, когато дължините на видимите ѝ части са по-големи от дължините на неразличимите части на медулата. Фрагментирана е медулата, когато дължините на неразличимите ѝ части превишават дължините на видимите части (Снимка 8).

Когато в космите се наблюдават комбинации от модели на непрекъснатост на медулата, косъмът се определя като с непрекъсната/прекъсната, непрекъснатата/фрагментирана, прекъсната/фрагментирана или непрекъснатата/прекъснатата/фрагментирана медула. Медулата (медуларните клетки) може да не е видима (отсъства) или да е видима, независимо дали е непрозрачна или полупрозрачна. В някои косми „непрекъснатата“ медула може да има непрозрачни части, части в които медуларните клетки са видими и полупрозрачни части. Някои изследващи преценяват непрекъснатостта на медулата въз основа на непрекъснатия характер на непрозрачната форма, а други предлагат да се прецени непрекъснатостта на медулата въз основа както на непрозрачните, така и на полупрозрачните форми (Ogle R.R. et al, 1999).

Обикновено медулата в човешкия косъм не е обемна, може да бъде от 1-2 клетки в диаметър и не повече от една трета от ширината на косменото стъбло (Снимка 9). Диаметърът на медулата е малък в детските косми, по-голям в средна възраст и най-голям в напреднала възраст (Luell E., Archer V.E, 1964). Рядко се наблюдават косми с двойна медула (Chowdhuri S., Bhattacharyya B., 1964) (Снимка 10).



Снимка 8. Типове медула (Amit C., Navodita T., 2018)



Снимка 9. Медула в човешки косъм (Rodney Dawber R., 1997)



Снимка 10. Двойна медула в косъм от брада (Robertson J., 1999)

Човешките скалпови косми обичайно нямат медула или тя е фрагментирана, много рядко те съдържат непрекъсната медула. Изключение от това са космите на индивиди с азиатска етническа принадлежност. При тях космите обикновено имат непрекъсната медула. Повечето животински видове имат медули, които са непрекъснати или прекъснати. Въпреки че характеристиките на медулите са сходни сред видовете, има много вариации, които се срещат в едно и също животно. Общата форма на медулата, най-често срещаната характеристика, използвана за идентифициране на вида, важи и за подвида. Това определя и голямото съдебномедицинско

значение на този показател, тъй като на базата на особеностите на медулата може да се извърши видова и етническа идентификация на изследваните косми (Robertson J., 1999).

Таблица 4. Класификация на космената медула в контекста на съдебномедицинското сравняване на космите (Seta S. et al., 1988)

	Вид на медулата		Медуларен индекс	
Gaudette и Keeping 1974	Фрагментирана	Затъмнена	< 0.167	
		Прозрачна	0.167-0.250	
		Затъмнена и прозрачна	> 0.250	
	Непрекъсната	Затъмнена		
		Прозрачна		
		Затъмнена и прозрачна		
Gaudette 1976	Разпределение на медулата	Следи	< ¹ / ₆	
		Фрагментирана	¹ / ₆ до ¹ / ₄	
		Непрекъсната	> ¹ / ₄	
	Тип медула	Отсъства		
		Матова		
		Прозрачна		
		Предимно матова, малко прозрачна		
		Наполовина матова и прозрачна		
		Предимно прозрачна, малко матова		
		Bisbing 1982	Отсъства	
			Оскъдна	
			Ограничена	
			Раздробена	
Нарушена				
Глобуларна				
Непрекъсната				
Robertson 1982	Неправилна			
	Двойна			
	Клетъчна			
	Отсъства			
	Оскъдна			
	Фрагментирана			
	Разрушена на фракции			
	Прекъсната			
	Непрекъсната			

Straus 1983		Отсъства	
		Ярка	
		Затъмнена	
		Непрекъсната	Матова
			Прозрачна
			Матова и прозрачна
		Фрагментирана	Матова
			Прозрачна
			Матова и прозрачна
		Следи	Матова
			Прозрачна
Harding и Rogers 1984	Категория	Не се вижда	
		Фрагментирана	Ширина
		Прекъсната	
	Тип	Непрекъсната	
		Глобуларна	
		Стълба	
Lee и De Forest 1984	Разпределение	Липсва медула	Липсва
		Равномерна	
		Близо до върха	Тънка, 1-10 μm
		Близо до средата	Средна,
		Близо до корена	10-25 μm
		Случайно	Дебела, >25 μm
	Конфигурация	Медула липсва	
		Аморфна матова (оскъдна, фрагментирана, непрекъсната)	
		Клетъчна матова (оскъдна, фрагментирана, непрекъсната)	
		Аморфна прозрачна (оскъдна, фрагментирана, непрекъсната)	
		Клетъчна прозрачна (оскъдна, фрагментирана, непрекъсната)	
Robertson и Aitken 1986	Разпределение на медулата	Няма	
		Медула > част от пространството	
		Медула < част от пространството	
	Тип медула	Матова	
		Прозрачна	

Обичайно строежът на медулата е слабо видим поради малката прозрачност на кутикулата и кортекса, а също и поради наличието на въздух между медулата и кортекса. Изучаването на строежа на медулата е възможно след отстраняване на въздуха. За целта се прилагат няколко способа. Препоръчва се сваряване на косъма във вода с няколко капки калиев хидроксид или ксилол (Петрачков М., 1939). Изследваните косми се нарязват на части дълги по 0,5 cm и се варят в ксилол за 1-2 минути. След това се поставят върху предметно стъкло с канадски балсам. Косъмът трябва да лежи така, че неговите краища да се намират в балсама и да нямат съприкосновение с въздуха.

За отделяне на въздуха от косъма М.А. Бронникова (Бронникова М.А., 1947) предлага той да се постави в ксилол и да се разреже с остро бръснарско ножче в напречно направление.

В случаите, когато в кортекса на косъма има много тъмен пигмент, то медулата му е лошо различима. Тогава е необходимо да се обезцвети пигментът. За това се използва хлорна вода, водороден пероксид, концентрирана азотна киселина, калиев перманганат, хлороформ и др. (Туманов А.К., 1975).

При светлинна микроскопия медулата невинаги е видима, особено ако просветляващата течност, използвана за микроскопия, е изместила въздуха от интерцелуларните и интрацелуларните кухини. Когато течността не прониква (в тях), т.е. медулата е изпълнена с въздух, тя се явява тъмна, с много малко видими структурни детайли (Stoves J.L., 1957; Ryder M.L., 1963) и по този начин медулата може да бъде обърквана с пигментация (Harding H.W.J., Rogers G.E., 1984; Deedrick D.W, Koch S.L., 2004).

Ако медулата е изпълнена с въздух, тя изглежда като черна или непрозрачна структура при пропусната светлина или като бяла структура при отразена светлина. Ако е изпълнена с течност/гел или друга прозрачна субстанция, структурата изглежда ясна или полупрозрачна в пропусната светлина и почти невидима при отразена светлина (Deedrick D.W, Koch S.L., 2004).

Случайното проникване (на течността) в медулата е причина тя да придобие вид подобен на прекъсната или фрагментирана медула и този артефакт трябва да се има предвид, за да не се обърка с истинските прекъсвания, които са генерирани като резултат от

периоди без продукция на медуларни клетки във фоликуларния булбус.

Проникването (на гел, течност) се явява при увредени косми (отрязани, счупени), но е възможно да се наблюдава и при интактни косми. Swift (Swift A.J., 1996) показва как течностите могат да навлязат в косменото влакно през дупки в клетъчния мембранен комплекс от порядъка на 0,5 nm в диаметър, а също и през оголените краища на кутикулните клетки и мрежата от каналчета. Изпълнената с оптична среда медула се визуализира по-добре и структурите ѝ се очертават по-ясно при наблюдение с поляризирана светлина (Garn S.M., 1951a).

Друга характеристика на медулата, с идентификационно значение, е нейната прозрачност/непрозрачност. Непрозрачността на медулата се отнася до вида на медулата, гледана с пропусната светлина при светлинна микроскопия. Вариантите за този показател включват: отсъствие, непрозрачност, полупрозрачност и непрозрачност/полупрозрачност. За отсъстваща медула се говори при космите без видима медула, включително тези косми, при които медулата е затъмнена поради силна пигментация. Когато медулата е изпълнена с въздух, тя изглежда непрозрачна под микроскоп. Когато е изпълнена с течност, изглежда полупрозрачна. Някои косми съдържат медула, която има както непрозрачни, така и полупрозрачни сегменти по протежение на стъблото им. Тези косми се оценяват като непрозрачни/полупрозрачни (Ogle R. R. Et al., 1999).

Посочените медуларни характеристики показват различна вариация и така спомагат за определяне вида на изследваните косми, регионалния, видовия и етнически произход на индивида, от който произхождат. Напр. диаметърът (ширината) на медулата е различна при различните видове косми – добре видима при терминалните и често липсваща при велус космите; добре изразена при скалповите косми, слабо изразена или липсваща при пубисните и често двойна медула при космите на брадата.

Характеристиките на медулата спомагат и за определяне на видовата принадлежност. При животинските косми тя е много по-широка, непрекъсната и ясно изразена, като структурата ѝ често е много правилна и добре определена, докато при човешките косми тя е тясна, често прекъсната и неясна (Deedrick D.W, Koch S.L., 2004).

Полезен показател за разграничаване на човешкия от косъм, който не е човешки, е медуларният индекс (МИ). Това е индексът, получен при разделяне на ширината на медулата на диаметъра (ширината) на целия косъм. МИ на човешките косми е по-малък от 0,33, а на животинските – по-голям от тази стойност.

Има доказателства, че стойността му при човешките косми варира с възрастта, като постепенно става по-голям в по-напреднала възраст (Luell E., Archer V.E, 1964; Langia H.S., 1966). МИ също може да бъде по-висок при бели косми в сравнение с пигментирани косми (Langia H.S., 1966), както и при космите извън скалпа, в сравнение със скалповите (Seta S. et al., 1988; Robertson J., 1999).

Въпреки значителните различия в МИ при един индивид, е възможно да се покажат статистически значими разлики между отделните индивиди. Независимо от това, повечето експерти приемат, че не е необходимо определянето му, тъй като той не е полезен показател за разграничаване между индивидите при съдебномедицинско изследване, не корелира с етническата им принадлежност или пола (Seta S. et al., 1988; Takahashi T. et al., 2006; Khan A. et al., 2014; Kaur G., Kumar M., 2000).

Според мен това е добър показател за определяне на видовата принадлежност на изследваните косми и стойността му е добре да бъде уточнявана при анализа на космите, особено в случаите, когато имаме колебания за видовата им принадлежност.

2.2.2. Кортекс

Кортексът е следващият, по-външен слой на стъблото, изграждащ основното тяло на косъма. Съставен е от кератинизирани издължени вретеновидни (фузиформени) клетки, около 80–100 μm дълги и 5–10 μm широки в най-широката си част, подредени в правилен масив. Отделните клетки обикновено не се виждат под светлинен микроскоп, тъй като са опаковани в твърда и почти хомогенна хиалинна маса. Благодарение на високата степен на кератинизация, кортексът има нисък коефициент на пречупване и при липса на пигмент се явява като полупрозрачна и блестяща, двойно пречупваща ивица. Понякога е възможно да се различат очертанията на отделни кортикални клетки и те обикновено са с многоъгълна

форма, а страните на клетките имат назъбвания, които се преплитат с тези на съседни клетки.

Кортикалните клетки са подредени паралелно на оста на косъма и плътно прилягат една към друга. Те са свързани помежду си чрез интерцелуларни контакти – интерцелуларен мембранен комплекс или клетъчен мембранен комплекс (Fraser R.D.B. et al., 1972). При напълно формиран косъм, кортикалните клетки съдържат ядрени останки и пигментни гранули, но са основно изпълнени с кератинови макрофибрили от около 0,1-0,2 μm в диаметър. Макрофибрилите са ориентирани лонгитудинално на кортикалните клетки и по този начин – паралелно на оста на косъма. Съставени са от кератинови микрофибрили (кератинови интермедиерни филаменти или кератин IF), включени в матрикс от богати на сяра протеини (кератин-асоциирани протеини или KAP).

Матриксните KAP протеини и интермедиерните кератинови протеини IF в кортекса не са единични протеинови типове, а всеки е смес от протеини. В сравнение с останалите протеини те се характеризират с високо ниво на сяра. В естествено състояние в косъма те са неразтворими във вода поради големия брой дисулфидни мостове между цистеиновите остатъци в протеиновите вериги. Богатите на сяра матриксни протеини (KAP) са аморфни и съставят около 40% от протеиновото съдържание на клетките. Означават се още като „високо серни“ протеини (Robertson J., 1999).

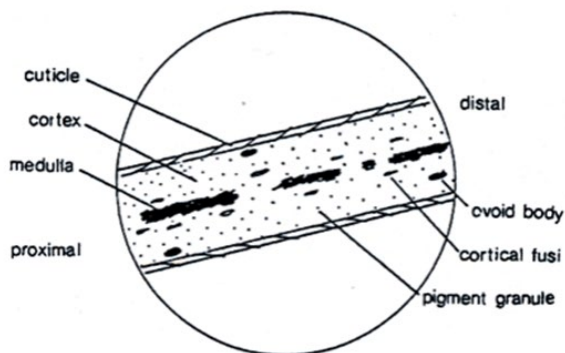
Протеините в човешките скалпови косми имат електрофоретични модели, които са еднакви с тези на космите от други телесни региони на същия индивид (Gerhard M., Hermes M., 1987). Между различните индивиди се установяват полиморфни вариации на протеините и наследственост на вариантите (Yu J. et al., 1993). Това има значение в съдебната медицина, тъй като подпомага идентификацията на изследваните косми.

Основната единица на интермедиерните филаменти се образува от sdвояването на двата протеинни типа, I и II. Навитите спирали от тези протеини са групирани заедно в единици от 8-10 nm в интермедиерните филаменти. Спиралните протеини в тях са заобиколени от KAP протеините, като матрикс или „цимент“, към който са свързани с водородни и йонни връзки, а също и с ковалентни дисулфидни мостове. Именно напречните връзки между IF и KAP в клетките определят издръжливостта на опън и общата

якост/издръжливост на косъма. (Изисква се три пъти повече сила да се скъса косъм на две, отколкото да се отскубне.) Когато косъмът е мокър, е възможно да се разтегне, особено при затопляне. Причината е прекъсването на някои от химичните връзки (йонни и водородни) и приплъзване на полипептидните вериги една спрямо друга. Деформацията изчезва постепенно като структурите се завръщат към началната си позиция. По-драстични промени във формата на косъма могат да настъпят, ако се прекъснат ковалентните дисулфидни връзки. Тогава при разтягане връзките се формират на нови места и това е в основата на изкуственото къдрене, при което новите връзки задържат косата по-продължително с променена форма (Robertson J., 1999) (Раздел 3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване).

Кератинът от интермедиерните филаменти принадлежи към суперфамилията от протеини, които формират филаменти в цитоплазмата на много епителни клетки, където играят структурната роля на „цитоскелет“. Начинът, по който интермедиерните филаменти са опаковани в макрофибрилите, определя два основни типа кортикални клетки в космите. Тези два клетъчни типа в кортекса на човешките косми са ортокортекс и паракортекс (Fraser R.D.B et al., 1972). Тяхното разпределение в косъма определя неговата форма, например накъдряването на космените влакна, като ортокортексът е винаги от външната страна на извивката на къдрицата. Познати са и междинни типове (мезокортекс). В паракортикалните клетки IF са подредени в шестоъгълници, плътно опаковани в макрофибрилите, с изразен матрикс в междуфиламентното пространство. В ортокортикалните клетки IF са плътно разположени и наклонени към клетъчната ос, усукани като въже, до образуване на цилиндрична решетка (Fraser R.D.B et al., 1972). Опаковането на IF в ортокортикалните клетки е причина за характерния образ на подобен на пръстов отпечатък „венец“ при електронна микроскопия на напречни сечения (Fraser R.D.B et al., 1972). В мезокортикалните клетки IF са пакетирани в по-правилни и обширни хексагонални зони, отколкото в паракортекса. Молекулната основа на различните модели на пакетирание е неизвестна, но е вероятно те да са резултат от количествени и качествени различия в разпределението на космените кератини (Robertson J., 1999).

При електронна микроскопия на напречен срез на човешки косъм могат да бъдат разпознати трите типа на IF пакетиране. Според Swift (Swift A.J., 1977) правата коса при азиатския етнически произход (която е кръгла при напречен срез) е изцяло паракортекс, къдравата коса при европейския тип има ядро от паракортекс с около 5% ортокортекс в периметъра, формиращ слой с дебелина един клетъчен ред и винаги от външната страна на извивката/къдрицата; много къдравата коса на африканския произход (която е с елипсовидно напречно сечение) има билатерално разпределение, с ортокортекс от външната страна на къдрицата, както е при вълната.



Фигура 10. Диаграма на косъм (Deedrick D.W, Koch S.L., 2004)

При микроскопското изследване на космения кортекс се определя: кортикална структура – видима или не; наличие на кортикални фузии; овоидни тела; цвят на косъма – вид пигмент и характеристики на пигмента – разпределение, плътност, размер на гранулите, размер на агрегатите и др. (Deedrick D.W, Koch S.L., 2004; Housk M.M., 2003) (Фигура 10).

Характеристиката „кортикална структура“ определя външния вид на кортекса, гледан в надлъжен монтаж (Таблица 5.).

Вариантите за кортикална структура са: отсъстваща, налична/видима и затъмнена/засенчена. Кортексът може да няма видима структура (отсъства), може да демонстрира набраздена структура (налична) или възможността да се наблюдава кортикалната структура може да бъде възпрепятствана поради силна пигментация (засенчена). „Набраздеността“ на кортикалната структура може да се дължи на сравнително големи снопове от влакна, които лесно се измерват, когато косъмът се гледа надлъжно под микроскоп. При

изследването трябва да се има предвид, че спирането на кондензатора под повърхността за наблюдение позволява по-лесно наблюдение на структурата на кортекса (Ogle, R. R. et al., 1999).

Таблица 5. Класификация на морфологичните особености на кортикалните клетки (Robertson J., 1999)

Gaudette и Keeping (1974)	1. Кортикална структура	Фина, средна, груба
	2. Кортикални фузии	Налични, отсъстват
Gaudette (1976)	1.Кортикална структура	Гладка, средна, фиброзна, гранулирана
Bisbing (1982)	1.Кортикална структура	Крехка, увредена, фиброзна, клетъчна, невидима,
	2.Кортикални фузии	фузиформена, оvoidни телца Отсъстват, малко, обилни, на купчини, линейно, централно, периферно, корени
Strauss (1983)	1.Кортикална структура	Отчетлива, затъмнена
	2.Кортикални фузии	Отсъстват, равномерно, дистално, медиално, проксимално
Harding и Rogers (1984)	1.Кортикална структура	Груба, гладка, равна, на петна, на ивици, гранулирана
	2.Кортикални фузии	Корен-върх градиент + до ++++
Lee и De Forest (1984)	1.Кортикална увреда	Механична, химична, заболяване, смачкана, разрушена, изхабена, изгорена
	2.Кортикални фузии	Липсват, равномерно, към върха, към средата, към корена, случайно
Robertson (1995)	1.Кортикална структура	Невидима или гладка, видима или груба
	2.Кортикални фузии	Наличие, отсъствие

В нормалния, здрав и неувреден косъм рядко би могла да се види груба кортикална структура. При нормални светлинно-микроскопски условия обичайно не е възможно да се различат очертанията на отделните кортикални клетки. Вероятно тогава, когато очертанията им са достатъчно видими, за да бъдат оценени като груби, това е резултат от някакво физическо или химическо увреждане на косъма (Seta S. et al., 1999). Груба кортикална структура

често се наблюдава към върховия край на космите, които са подложени на козметично въздействие. Възможно е обаче да се получат по-малко груби прояви на тази характеристика при „нормални“ косми. Най-често структурата се наблюдава при по-малко пигментирани косми. При пигментираните косми трябва много внимателно да се прави оценка, тъй като кортикалната структура би могла да се обърка с набраздена пигментация.

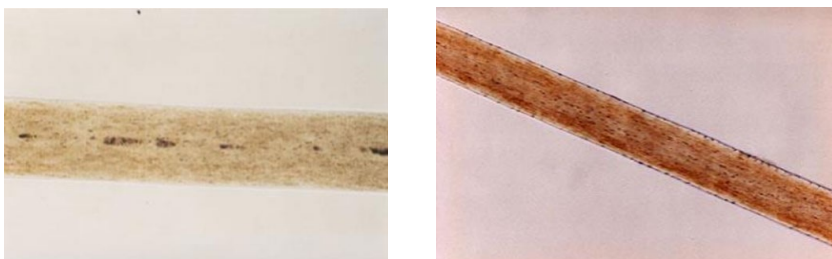
В космения кортекс се установяват и структури, наречени кортикални фузии (Hausman L.A, 1932; Ogle, R. R. et al, 1999). Те са дребни, фузиформени (вретеновидни) тела, които лежат между кортикалните клетки (Снимка 11 и 12). Образуват се в началото като малки, изпълнени с течност пространства между развиващите се кортикални клетки, когато клетките са меки и пластични, в областта на булбуса. С придвижването на клетките нагоре във фоликула те се втвърдяват и кератинизират, косъмът се изсушава и течността се замества от въздух (Hausman L.A, 1932; Noback C.R., 1951). Когато се гледат със светлинен микроскоп, тези въздушни пространства изглеждат тъмни (Seta S. et al., 1988) и могат да бъдат объркани с пигментни гранули (Harding H.W.J., Rogers G.E., 1984). Че не са пигментни, а малки въздушни включения, се демонстрира чрез яркия им вид при отразена светлина. Внимателен оглед на тяхната форма (те са вретеновидни и поради това имат стеснени заострени краища) би помогнало за различаването им от по-окръглените пигментни гранули (Noback C.R., 1951).

Според Deedrick и Koch (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004) кортикалните фузии са въздушни пространства с неправилна форма и различни размери. Те лесно се наблюдават при нормална светлинна микроскопия и обикновено са най-обилни в корена на косъма и непосредствената проксимална част на косменото стъбло и като цяло присъстват в по-голям брой в по-светлите косми (Noback C.R, 1951; Bisbing R.E., 1982; Hausman L.A., 1932). Възможно обяснение е това, че те може би се създават от механични сили като резултат от прегъването на стъблото в тази част (която съответства приблизително на нивото на кожата, когато косъмът е все още прикрепен към фоликула) (Robertson J., 1999). Дистално те са по-необичайни и обикновено изглеждат свити или смалени.

Bisbing (Bisbing R.E., 1982) заявява, че формата, размерът и разпределението на кортикалните фузии в кората на косъма са важни

сравнителни характеристики, като фузиите в различните индивиди са малки и кръгли, дълги и овални или с неправилна форма (Seta S. et al., 1988).

Според Hausman (Hausman L.A., 1932) те могат да се използват за характеризирание и идентификация на космите. Той посочва и метод как фузиите и пигментните гранули е възможно да бъдат разграничени чрез „варене на космите за няколко секунди в концентрирана сярна киселина“. Но поради настъпващите промени в тях при тази обработка може би това не е метод на избор при съдебномедицинско изследване на космите (Ogle, R. R. et al, 1999).



Снимка 11 и 12. Фотомикрограф на кортикални фузии
(Deedrick D.W, Koch S.L., 2004)

Вариантите за възможна проява на кортикалните фузии са: отсъстващи, само коренни, редки, чести, обилни и затъмнени. За „отсъстващи“ се приемат, когато в космите се установява пълна липса на кортикални фузии. Вариантът „само коренни“ се отнася до косми, които съдържат кортикални фузии само в корена или само в корена и проксималния край на косъма. „Редки, чести и обилни“ се дефинират според концентрацията на кортикалните фузии, съществуващи по протежение на стъблото на косъма в медиалната и дисталната му област. „Редки“ са при ниска концентрация, „чести“ – при по-голяма концентрация и „обилни“ – при висока концентрация на кортикални фузии по дължината на стъблото. Вариантът „затъмнени“ се отнася до невъзможността да се наблюдава наличието на кортикални фузии, поради възпрепятстване от силна пигментация (напр. непрозрачни косми) (Ogle, R. R. et al, 1999).

Повечето аналитични схеми се опитват да оценят както изобилието, така и разпределението на фузиите.

От друга страна, Robertson (Robertson J., 1995), както и Gaudette и Keeping (Gaudette B.D., Keeping E.S., 1974), отбелязват само дали те

присъстват или не. Според Robertson така е по-правилно, отколкото да се опише разпределението с думи само в близост до корена или да се разшири известно разстояние нагоре по косъма. Възможно е и оценяване на присъствието като относително изобилие, без да се налага квалифициране като „малко“ или „изобилно“.

Harding и Rogers (Harding H.W.J., Rogers G.E., 1984) предлагат използването на скала с отчитане от + до +++++.

Според мен е по-правилно да се посочи както присъствието, съответно отсъствието на фузиите, така и тяхното положение по дължината на стъблото (т.е. до какво ниво над корена се откриват), както и количеството (концентрацията) им.

При проведени през годините изследвания установих, че колкото по-тъмен е цветът на космите, толкова по-малко е количеството на кортикални фузии в тях и обратно, колкото по-светъл е косменият цвят, толкова по-многобройни са фузиите.

В кортекса се откриват и още едни структури с идентификационно значение – овоидни (яйцевидни) тела (Снимка 13). При изследването на космите се отчита наличието или отсъствието на такива овоидни тела. Те представляват добре очертани сгрупвания от пигмент, със сферична до овална форма и много правилни ръбове. Произходът на тези тела може да е от неразпръснати меланоцити (Ogle, R. R. et al, 1999).



Снимка 13. Фотомикрограф на овоидни тела (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

Овоидните тела са в изобилие в косми на някои животни, но в различна степен те се срещат и в човешките косми (Ogle, R. R. et al, 1999; Deedrick D.W., Koch S.L., 2004). Наличието им в скалповите косми не е рядкост, но пък не са и постоянно присъстващи. Там, където присъстват, установяването им може да варира значително – от много малко до широко разпространено.

Яйцевидните тела са големи (по-големи от пигментните гранули), варират в диаметър от 3 до 20 μm , като този диапазон на размерите може да не обхваща всички. Вариантите за яйцевидни тела са свързани с количеството им в косменото стъбло и включват: отсъстващи, малко, много и затъмнени. „Отсъстващи“ се приема при липса на яйцевидни тела. „Малко“ се приема, когато има малък брой яйцевидни тела в стъблото, а съответно „много“ е, когато тези тела са множество (Ogle, R. R. et al, 1999).

За да се поддържа последователност в оценяването, Ogle et al. (Ogle, R. R. et al., 1999) препоръчват следната количествена техника: Да се сканира косъмът от край до край на 200x (може да се използват и други нива на увеличение). Да се определи броят на яйцевидните тела за всяко зрително поле. След това да се определи средният брой на яйцевидните тела за един обект, като се раздели общият брой на яйцевидните тела на броя на зрителните полета. Ако средният брой на едно поле е по-малък от 10, косъмът трябва да бъде категоризиран като „малко“. Ако средният брой, установен на полето, е 10 или повече, косъмът се категоризира като „множество“.

Възможно ограничение при тази количествена техника би могло да бъде свързано с дължината на косъма. Ако част от стъблото е откъсната или отрязана, средният брой яйцевидни тела, наблюдавани в останалата част, може да доведе до различен резултат. Следователно изследващите се налага да разгледат и дължината като фактор, когато сравняват изобилието от яйцевидни тела в изследвания косъм и космите от известен източник.

Вариантът „затъмнени“ се отнася до невъзможността да се наблюдава наличието на яйцевидни тела поради възпрепятстване от силна пигментация (например непрозрачни косми) (Ogle, R. R. et al, 1999).

Цвят на косъма е друга характеристика, която се определя основно от кортекса му. Преценката на цвета може да стане и с невъоръжено око, както вече бе посочено в раздел 2.1 Макроскопски характеристики, но при светлинна микроскопия това се прави много по-прецизно. С помощта на ниско увеличение и пропусната светлина може да се оцени цялостното впечатление или възприемане на цвета. Могат да се видят и основните структурни характеристики, които допринасят за този „възприет“ цвят.

Добре известно е, че тъмнината на цвета на косата зависи от вида и количеството на пигмента в него. Видимият цвят на косъма, разпознат при макроскопските и микроскопски наблюдения обаче зависи и от много структурни променливи като медулация на косъма, разпределение на кортикалните фузии, прозрачност на повърхността и отразяваща способност на кутикуларните люспи на косъма (Bisbing R.E., 1982; Lee H.C., DeForest P.R., 1984; Houck M.M., 2003). Поради това са правени много опити за измерване на цвета на космите по по-обективен начин (Bisbing R.E., 1982; Lee H.C., DeForest P.R., 1984; Houck M.M., 2003). На ниво грубо изследване макроскопският цвят и вариацията на цвета по дължината на космите обикновено се изследват с невъоръжено око или със стерео микроскоп. Тъй като космите, които при изследване с невъоръжено око са определени като с подобен цвят, могат да бъдат установени като различни с по-голямо увеличение при използване на пропусната светлина, цветът на космите трябва да се наблюдава със светлинен микроскоп за по-подробно изследване. За целите на сравнението много експерти (Bisbing R.E., 1982; Lee H.C., DeForest P.R., 1984; Houck M.M., 2003), включително и ние, използват предимно термините сиво/бяло (безцветно), жълто, червено, светло кафяво, кафяво, тъмнокафяво, черно (Таблица 6). Съответно за всеки цвят определяме и нюанс, който бива: светло, светло до средно, средно до тъмно и тъмно.

Strauss (Strauss M., 1983) заявява, че е по-добре да се ограничи цветовата характеристика до седем цвята, въпреки че има много цветове и много нюанси на цвета. Приема класификацията на цвета на космите, както следва: сив (безцветен или полупрозрачен, с малко или никакви признаци на пигментация). Тези косми са трудни за сравнение, тъй като им липсват достатъчно отличителни характеристики. Рус: светлорозовист оттенък. Светлорозов: светлорозовист оттенък. Розов и светлорозов: наблюдаваната разлика е в степента на наситеност или яркост на нюанса. Черен: плътно и непрозрачно. Червен: различни нюанси на мед (Seta S. et al., 1988).

Според Ogle et al. (Ogle R. R. et al., 1999) вариациите на цвета на човешките косми, определени чрез светлинна микроскопия, могат да се разделят в следните групи: рус, златисто кафяв, кафяв, сиво-кафяв, червено-кафяв, червен и други. Вариантите за всеки цветен нюанс включват светло, светло до средно, средно до тъмно и тъмно. Някои косми с естествен цвят и някои изкуствено оцветени косми може да

не са включени в представените варианти. Такива косми трябва да се оценяват като вариант „други“.

Таблица 6. Класификация на цвета на космите
(Seta S. et al., 1988 u Robertson J., 1999)

Trotter (1939)	Чисто черен, кафяво-черен, тъмнокафяв, червеникавокафяв, тъмно рус, светло рус, червено-рус, червен, албинос
Gaudette и Keeping (1974)	Сив, жълт, жълтокафяв, червен, кафяв, черен
Bisbing (1982)	Бял, червен, кестеняв, рус, светлокафяв, кафяв, тъмнокафяв, сиво-кафяв, сив, черен
Robertson (1982)	Безцветен/прозрачен, жълтокафяв, жълто-червен, червеникавокафяв, светло кафяв, средно кафяв, тъмно кафяв, сивкавокафяв, черен
McCrone (1982)	Сив, рус, червен, кафяв, черен
Strauss (1983)	1. цвят – сив, рус, червен, светло кафяв, кафяв, тъмно кафяв, черен 2. вариации – постоянен, леки, широки
Harding и Rogers (1984)	1. цвят – бял, сламен, средно жълтеникавокафяв, тъмно жълтеникавокафяв, червено-кафяв, тъмнокафяв, черно-кафяв, черен 2. интензивност – в пет категории: от + до +++++
Lee и DeForest (1984)	1. цвят – безцветен, рус, ръждив, червен, светло кафяв, кафяв, тъмнокафяв, черен Химическа обработка 2. разпределение – равномерно по стъблото, варира по дължината на стъблото

Установено е, че в оцветените косми кортикалните клетки съдържат пигментни гранули в добавка към кератиновите фибрили. В тези гранули се открива пигментът меланин и затова понякога се наричат меланинови гранули. Те са с елипсовидна форма, около 1 μm в дължина и 0,3–0,4 μm в диаметър (Swift A.J., 1977), но размерът и формата им варират доста (Zviak C., Dawber R.P.R., 1986). Разположени са в интермакрофибриларния матрикс с дълга ос, паралелна на дължината на косъма (Swift A.J., 1977). В тях има два типа пигменти – черно-кафяви еумеланини, придаващи тъмен цвят и

червеникавожълти – феомеланини, придаващи светъл цвят (Таблица 7). Пигментните гранули на феомеланин не се наблюдават със светлинна микроскопия поради малкия им размер (Ogle, R. R. et al, 1999).

Таблица 7. Свойства на еумеланина и феомеланина (Swift A.J., 1977)

	Цвят	Форма	Размер (микрометри)
Еумеланин	кафяв, черен	елипсовидна, овална	0.35 x 1
Феомеланин	жълт, червен	сферична	0.20 x 0.7

Цветът на косъма се дължи както на цвета, плътността и разпределението на пигментните гранули в кортекса (Hausman L.A., 1927), така и на количеството на меланиновия полимер във всяка гранула (Swift A.J., 1977). Видът меланин в гранулите (еумеланин или феомеланин) основно определя цвета, а количеството гранули във всеки косъм определя интензивността на този цвят.

В човешкия косъм гранулите в периферията на кортекса са повече, отколкото в посока към центъра (Swift A.J., 1977) (фиг. 1.9). Това особено добре се вижда при изследване на напречни сечения на космите. Понякога гранули се откриват в медулата, но не са обичайни за кутикулата на скалповите косми (Robertson J., 1999).

При овално или плоско напречно сечение на косъма цветът и нюансът му може да варира в зависимост от ориентацията на косъма при наблюдението му под микроскоп. Космите с овално или плоско напречно сечение, които са ориентирани странично, може да изглеждат по-тъмни. Като общо правило всички микроскопски характеристики трябва да се определят с ориентация на косъма така, че да се наблюдава максималният диаметър на стъблото (т.е. максималният диаметър на формата на напречното сечение) (Ogle, R. R et al., 1999).

Доказано е, че оцветените гранули са в по-малко количество в посивяващата и напълно отсъстват в бялата коса. За белия цвят на косъма, наблюдаван при отсъствие на меланин, Dawber и Van Neste (Dawber R., Van Neste D., 2004) посочват, че това е оптичен ефект, дължащ се на отражение и пречупване на падащата светлина, която влиза в контакт с различни повърхности на космите, по които има зони с различен показател на пречупване. Така като цяло

непигментираните косми с широка медула изглеждат по-бледи от немедулираните косми. Нормалното „изтощение“ на косата по цялата дължина, в резултат на ежедневната грижа за нея и влиянието на факторите на средата, може да доведе до това, че крайната част изглежда по-светла от останалите, поради подобен механизъм – кората и кутикулата се разрушават и образуват множество повърхности за вътрешно отражение и пречупване на светлината. Подобно явление е отговорно и за белезникавите ивици при заболявания като *pili annulati*. Тъй като тези оптични избелващи ефекти се дължат на отражение и пречупване на падащата светлина, когато такива косми се гледат чрез пропусната светлина, те изглеждат тъмни. Новообразуваната непигментирана коса без медула изглежда жълтеникава, а не бяла. Това вероятно е присъщият цвят на плътния космен кератин.

За определяне на космената пигментация са разработени различни схеми. По-подробните схеми се опитват да класифицират плътността и разпределението на пигмента и след това да се съсредоточат върху отделните пигментни гранули и как те понякога се организират в групи, струпвания или агрегати. Характеристиките, които се опитват да опишат размера на пигментните гранули или агрегати не са дефинирани в никакъв абсолютен или количествен смисъл (Dawber R., Van Neste D., 2004).

Установено е, че разликата в цвета между отделните косми се дължи по-скоро на типа и количеството на пигмента в гранулите, отколкото на техния брой (Swift A.J., 1977). В черните косми гранулите са елипсовидни, с дължина 0,8-1,0 μm и диаметър 0,3-0,4 μm (Swift A.J., 1977). Те са сравнително твърди, с резки граници и висок показател на пречупване (Dawber R., Van Neste D., 2004). В червени и руси косми гранулите са по-малки и по-сферични (Montagna B., Parakkal P.F., 1974; Seta S. et al., 1988), често с грапава, неравномерна и с вдлъбнати повърхност (Dawber R., Van Neste D., 2004). Гранулите могат да са единични или да формират групи, като в черните косми са винаги единични. Най-добре е изучаването на пигмента да става чрез фазово-контрастна микроскопия (Туманов А.К., 1975).

Общопризнато е, че цветът на космите е може би най-критичната сравнителна характеристика в съдебното им сравнение (Bisbing R.E., 1982; Harding H.W.J., Rogers G.E., 1984; Lee H.C.,

DeForest P.R.,1984; Strauss M., 1983). За определяне на видовата принадлежност на източника на изследваните косми напр. може да послужи разпределението на пигментните гранули. При хората те обикновено се разпределят към кутикулата, с изключение на червеносиви индивиди. Космите на животните имат пигментни гранули, обикновено разпределени към медулата (Deedrick D.W., Koch S.L.,2004).

Различните автори посочват различни класификации на базата на характеристиките на пигментните гранули – плътност, разпределение, размер и др. посочени в Таблица 8 и Таблица 9.

Плътност на пигмента: отнася се за изобилието от пигментни гранули, наблюдавани при светлинна микроскопия. Вариантите са: отсъстващ, ниска (плътност), ниска до средна, средна до висока, висока до непрозрачен и непрозрачен (Ogle R.R. et al., 1999).

Размер на пигментните гранули: отнася се за размера на отделните меланинови гранули. Вариантите тук са: отсъстващи/затъмнени, фини и груби. „Отсъстващи/затъмнени“ се приема при отсъствие на пигмент (напр. бели или сиви косми) или при невъзможност за разделяне на отделните пигментни гранули с помощта на светлинна микроскопия. Невъзможността за разделяне на гранулите може да се дължи на малкия им размер (например феомеланинов пигмент) или на затъмняващия ефект, причинен от силна пигментация, при гледане на косъма в надлъжно монтиране (непрозрачна коса). Ако експертът счете за необходимо, размерът на пигментните гранули на силно пигментирани косми може да се наблюдава или на напречно сечение на косъма, или на по-тесни надлъжни срези. Косми, съдържащи само пигмент феомеланин, вероятно ще бъдат оценени като отсъстващи/затъмнени по отношение на размера на пигмента, когато се гледат с помощта на светлинен микроскоп. Тези гранули биха могли да се видят при сканираща електронна микроскопия (Ogle R.R. et al., 1999).

Таблица 8. Класификация на пигментните гранули
(Seta S. et al., 1988; Robertson J., 1999)

Gaudette и Keeping (1974)	1	Плътност на пигмента	Отсъства, оскъден, ниска плътност, средна, висока, матов
	2	Разпределение на пигмента	Равномерно, периферно, едностранно, около медулата, струпване, посивяване
	3	Размер на пигмента	Фин, среден, голям
Bisbing (1982)			Отсъстващ, течен, негранулиран, гранулиран, многоцветен, верига, масив, плътен, на ивици, затъмнен
Robertson (1982)	1	Плътност на пигмента	Отсъства, ниска, средна, висока плътност
	2	Разпределение на пигмента	Равномерно, периферно, едностранно, около медулата, струпване
	3	Размер на пигмента	Фин, среден, голям
Strauss (1983)	1	Плътност на пигмента	Отсъства, оскъдна, средна, висока плътност
	2	Разпределение на пигмента	Равномерно, периферно, едностранно, случайно, медиално, струпване
	3	Размер на пигмента	Фин, среден, голям
Harding и Rogers (1984)	1	Разпределение на пигмента	Равномерно, периферно, рядко, централно
	2	Размер на пигмента	Фин, среден, голям
Lee и De Forest (1984)	1	Плътност на пигмента	Ниска, обикновена, висока, матов
	2	Разпределение на пигмента	Равномерно, случайно, в посока кутикулата, в посока медулата, неравномерно
	3	Размер на пигмента	Фин, среден, голям
	4	Форма на пигмента	Кръгла, овална, на бучки, на ивички
Robertson и Aitken (1986)	1	Плътност на пигмента	Отсъства, ниска, средна, висока, матов
	2	Размер на пигмента	Фин, груб
	3	Форма на пигмента	Кръгла, овална/продълговата
	4	Агрегация на пигмента	Набразден, кръгли струпвания, продълговати струпвания

Таблица 9. Характеристики на пигмента (from Anon., 1985 – Robertson J., 1999)

Плътност	Отсъства Ниска Средна Висока плътност Затъмнено
Разпределение	Равномерно Периферно Едностранно Случайно Централно С празни пространства Пигмент в кутикулата
Агрегация	На ивици На бучки Кръгъл Овален Лентовиден
Размер на агрегатите	Големи Средни Малки
Форма на пигмента	Кръгла Продълговата Друга
Размер на пигмента	Фин Груб Смесен
Цвят на пигмента	Червен Кафяв Черен Смесен

Разпределение на пигмента: отнася се за разпределението и концентрацията на пигментните гранули в различни области на косменото стъбло. Вариантите тук са: отсъстващ (пигмент), равномерно (разпределение), периферно, едностранно, централно, случайно и други. „Отсъстващ“ се приема при липса на пигмент в косъма (напр. бяла или сива коса). При „равномерната“ форма пигментът се разпределя равномерно в кортекса на косъма, а при „периферната“ е концентриран във външната зона на стъблото. „Едностранно“ се отнася до пигмент, който е концентриран от едната страна на стъблото, а „централно“ – пигмент, който е концентриран (или изглежда, че е концентриран) в центъра на стъблото. „Случайно“ се отнася до пигмент, който се намира в по-големи концентрации в

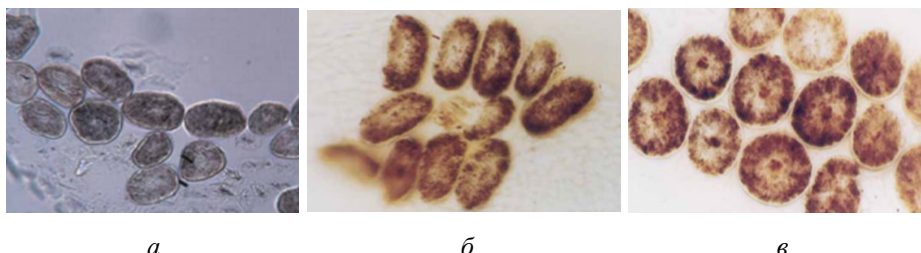
някои области на стъблото и в по-ниски концентрации в други области, без разпознаваем модел. Космите, които съдържат оскъдни количества пигмент (с произволни участъци от кортекса, напълно лишени от пигмент), биха се категоризирали като с произволно разпределение на пигмента. Терминът „други“ се отнася до разпределението на пигмента, което не включва нито една от посочените категории променливи.

Обикновено наблюдението на косменото стъбло в надлъжен монтаж е достатъчно, за да се прецени адекватно разпределението на пигмента. Ориентацията на косъма трябва да бъде такава, че да се наблюдава максималният диаметър на стъблото (т.е. максималната форма на напречното сечение). В случай на руса или червена коса, отделните пигментни гранули може да не бъдат различени с помощта на светлинна микроскопия и пигментът може да изглежда по-концентриран централно поради разликата между дължината на светлинния път през централната част на стъблото и дължината му в близост до космения ръб. Според Ogle et al., когато оценява разпределението на пигмента при тези косми, изследваният трябва да категоризира косъма като централен тип, въпреки че разпределението може да бъде артефакт в резултат на оптични ефекти. Може да се наложи и изследване на напречното сечение на стъблото, за да се определи действителното разпределение на пигмента (Ogle R.R. et al., 1999).

Форма на пигментния агрегат: отнася се за появата на пигментните гранули, когато те са концентрирани в маса, имаща разпознаваема форма. Вариантите за формата на пигментния агрегат са: отсъстващи (без агрегати), ивици, струпвания и други. При варианта „отсъстващи агрегати“ се отнася или до липса на пигмент (напр. бяла или сива коса), или до пигментирани косми, в които не се визуализира агрегация. При тези косми, за които има агрегация, но не може да бъде определена категорично като ивици или струпвания (напр. непрозрачни косми) или за онези косми, за които изглежда, че имат смес от ивичести и като струпвания агрегати, космите трябва да се категоризират като „други“ (Ogle R.R. et al., 1999).

Размер на пигментния агрегат: описва се като отсъстващ (без агрегати), малки ивици, средни ивици, големи ивици, малки струпвания, средни струпвания, големи струпвания и други. Описателният вариант „отсъстващ“ може да се отнася до липсата на

пигмент или липсата на пигментна агрегация. Останалите варианти се определят с визуална преценка на размера на съответните ивици или струпвания. За тези косми, при които съществува агрегиране, но не могат да бъдат причислени категорично към един от изброените варианти, се прилага вариантът „други“ (Ogle R.R. et al., 1999).



Снимка 14. Разпределение на пигмента при напречно сечение на:
а – европейски, б – африкански, и в – азиатски косъм (Preedy V.R., 2012)

Криминалистичното значение на всички посочени особености на пигмента се определя от ролята им като показател в идентификационната експертиза на изследваните косми поради възможността на тяхна база да се определи етническата принадлежност на индивида, от когото произлизат те (Bisbing R.E., 1982; Lee H.C., DeForest P.R., 1984). Добре известно е, че африканските косми са силно пигментирани и имат гъсто разпределени пигментни гранули, разположени на видни струпвания, докато при европейските косми се установява широка гама от цветове, които обикновено са по-светли от африканските или азиатските, със сравнително равномерно разпределение на пигментните гранули. Азиатските косми са тъмно пигментирани, с плътно разпределени и често подредени в големи неравномерни струпвания или ивици пигментни гранули (Preedy V.R., 2012; Bisbing R.E., 1982; Lee H.C., DeForest P.R., 1984; Hanna B.L., 1956) (Снимка 14).

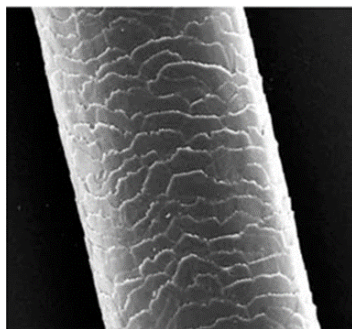
Опитът показва, че различните косми от един и същ капилициум могат да показват широки вариации в цвета и следователно тълкуването на цвета на косата трябва да се прави с повишено внимание и трябва да се предприеме внимателно изследване на представителни косми от един индивид, за да се определи пълният диапазон. Lee и DeForest (Lee H.C., DeForest P.R., 1984) приемат, че когато се открият груби разлики в цвета на две проби коса, е

справедливо предположението, че те нямат общ произход. По-трудно е заключението, когато няма толкова изявени разлики.

За да се измери цветът на косата по по-обективен начин, би било полезно да се направи числена оценка на цвета чрез разработване на инструментални методи за описване на космения цвят. Проведени са много изследвания за измерване на цвета на косата чрез използване на микроспектрофотометрия (Laing D.K. et al., 1986), спектрофотометрия на отражение (Findlay G.H., 1982) и трансмисионна спектрофотометрия (Hanna B.L., 1956). Laing et al. (Laing D.K. et al., 1986) показват, че микроспектрофотометърът може да се използва първо за разграничаване на визуално идентични влакна, въз основа на техните видими абсорбционни спектри, а след това тези спектри могат да се използват и за генериране на кодиране за описване на цветовете на единични влакна, позволяващо по-конкретно посочване на цвета.

2.2.3. Кутикула

Кутикулата е следващият и съответно най-външен слой на косменото стъбло (Снимка 15).



*Снимка 15. СЕМ изображение на кутикула на човешки косъм (400x)
(Rogers G.E., 2019)*

Тя се проявява при микроскопия в пропусната светлина като външен полупрозрачен слой. Състои се от плоски, вроговени, подобни на люспи клетки, които се припокриват като керемиди на покрив (Robertson J., 1995). Това припокриване е едновременно по дължина и ширина, обграждащо напълно косъма и поддържащо целостта на кортекса. Кутикулните клетки са наклонени навън, като техните свободни краища сочат към върха на косъма. Във фоликула

тези краища се вмъкват между обратно насочените люспи на кутикулата на вътрешната коренова обвивка, помагайки косъмът поне отчасти да се задържи на място във фоликула (Montagna W., Van Scott E.J., 1958; Robertson J., 1999; Seta S. et al., 1988). Така при дърпане с бързо рязко движение на растящ косъм понякога се откъсва коренът на косъма с прикрепен към него материал от вътрешната коренова обвивка (Ludwig E., 1967).

При напълно развит косъм кутикулната повърхност е изключително твърда, когато е суха, и предпазва по-мекия кортекс от износване и разкъсване (Swift A.J., 1981). Независимо от това самата кутикула може да бъде увредена от процеси като „космено изтощение“, разресване, миене, триене в другите косми, като се наблюдават отчупвания по ръбовете на люспите (Swift A.J., 1981). Това е причина за неправилността на ръбовете и формирането на рисунък, типичен за човешките косми. Този феномен е толкова разпространен, колкото по-дълго е подложен косъмът на вредни въздействия. Тъй като косменото стъбло е мъртва тъкан и не може да се възстановява само, по-големи увреди ще се наблюдават в областта на върха, подложена на действието на различни фактори, в сравнение с областта близо до корена (Bottoms E. et al., 1972; Swift A.J., 1977). Ако увредата е голяма и продължаваща, това ще доведе до намаляване на дебелината на слоя от припокриващи се клетки, до степен кутикулата да липсва и кортексът да бъде изложен на въздействието на факторите на околната среда. Без защитата на кутикулата косъмът е уязвим и кортексът се разпада и се получават разцепени и четковидни краища на космите (Robertson J., 1999) (По-подробно разгледано в раздел 3. Увреждания на космите).

При ултраструктурен анализ чрез електронна микроскопия на кутикулата на човешките косми могат да бъдат разграничени три отделни слоя: ендокутикула (от вътрешната страна), екзокутикула (от външната страна) и тесен слой, наречен „А“ слой, от външния край на екзокутикулата (Swift A.J., 1977; Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

Съдържанието на клетките на кутикулата е аморфно, филаментите не изпъкват визуално, но могат да бъдат видени ламеларни структури, образувани от сливането на гранули (Swift A.J., 1981) – протеини, богати на цистеин и глицин. В кутикулните клетки от човешки скалпов косъм пигментни гранули обикновено не се

намират. Ядра или останки от тях могат да бъдат видени в ендокутикулата (Swift A.J., 1977). „А“ слой (който е около 110 nm дебел) съдържа изключително високо ниво на сяра и това определя голямата твърдост на космената повърхност (Swift A.J., 1981).

В зрелия косъм кутикулните клетки са с грубо правоъгълна форма, около 50-60 μm дълги и около 0,5 μm широки (Swift A.J., 1981; Tobin D.J., 2005). Те се припокриват в такава степен, че само една шеста от всяка клетка е видима на повърхността (Ryder M.L., 1963), което създава ефект на многослойност (дебелина от около 6 клетки – около 3-5 μm). Затова някои автори приемат, че кутикулата на човешките косми е съставена от четири до десет слоя клетки, докато например в повечето вълнени влакна (животински косми) е дебела само една до две клетки (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

Това припокриване на кутикулните клетки на космите образува отличителен и променлив модел (рисунок, релеф), който е отпечатък на ръбовете на съседните кутикулни клетки (Seta S., 1988; Woods J.L., Orwin D.F.G., 1982; Swift A.J., 1981; Kassenbeck P., 1981). Формата и разположението на тези клетки варират в различните животински видове. За космите, различни от човешки, подредбата или моделът и как това варира по дължината на отделните косми е сред най-полезните характеристики за идентифициране на вида (Hausman L.A., 1925-N; Robertson J., 1999).

Различните експерти определят различни черти на кутикулата и нейните клетки като важни идентификационни показатели и на тази база изготвят различни схеми за описание на кутикулата (Robertson J., 1999), представени в Таблица 10.

При изследване на кутикулата се обръща внимание на нейните: цвят; дебелина; индекс на люспите, клетки – брой, размер, контур, изпъкналост (неравност) – вътрешен кутикуларен ръб (в непосредствена близост до кортекса) и външен кутикуларен ръб; наличие на увреждания и др. (Seta S. et al., 1988; Houck M.M., 2003) (Таблица 11).

Таблица 10. Кутикула – характерни черти
(from Anon., 1997 – Robertson J., 1999)

Люспи	Форма	Ръб - гладък - със заоблени зъбци - на вълнички	Модели - равна вълна - арковидна вълна
	Размер	Разстояние между дисталните ръбове Брой люспи (единица за измерване) Индекс на люспите – брой люспи/ диаметър Дебелина на припокриващите се люспи	
Вътрешен ръб на кутикулата	Ясно отличим		Неясен
Кутикулен слой	Дебелина		Цвят
Външен ръб на кутикулата	Гладък Назъбен Разнищен Напукан Бримковиден		
Последователност на характерните особености по дължината на стъблото			
Увреждане на кутикулната повърхност от износване			

Дебелина на кутикулата: Измерването на кутикулата трябва да се извърши при максималния диаметър на стъблото и се определя чрез измерване с очен микрометър, калибриран със степенен микрометър. Вариантите за този показател са: тънка, дебела, променлива и неясна. Кутикулата се определя като тънка, когато дебелината ѝ е по-малка от 2,5 μm . При дебелина от 2,5 μm или по-голяма се определя като дебела. Като променлива се приема при онези косми, при които дебелината ѝ варира по дължината на стъблото при или близо до най-широкия диаметър. Като неясна се

определя дебелината на кутикулата, която не се измерва лесно поради неясен вътрешен кутикуларен ръб (Ogle, R. R. et al., 1999).

Таблица 11. Класификация на морфологията на клетките на кутикулата в контекста на съдебномедицинско сравнение на косата (Seta S. et al., 1988)

	Bisbing(1982)	Strauss(1983)	Lee и DeForest(1984)	Robertson и Aitken(1986)
Кутикула	Неравен Назъбен Примка Тясна Слоеста Широка Напукана Отсъстваща Прозрачна Боядисана	1.Контур Отсъстващ Гладък Изпъкнал С процепи 2.Ръб Гладък Назъбен Примка	1.Контур Отсъстващ Наличен 2.Разпределение Непрекъснато Прекъснато 3.Форма Гладка Примка Назъбена Увредена	Гладка Назъбена Разръфана Напукана Примка
Дебелина			Тънка 0-2 μm Средна 2-4 μm Дебела > 4 μm	
Цвят			Прозрачна (без цвят) Прозрачна (цветна) Пигментирана	

Пигмент в кутикулата: По принцип кутикулата не е пигментирана и ако бъдат открити включвания на меланин, те трябва да се считат за рядка и диагностично ценна характеристика (Preedy V.R., 2012).

Вариантите са наличен и отсъстващ пигмент. Наличието на пигментни гранули от меланин в кутикулата изглежда корелира с плътността на пигмента, като пигмент в кутикулата се наблюдава по-често при силно пигментирани косми (Ogle, R. R. et al., 1999).

Брой на люспите: това е броят на свободните ръбове на клетките на единица дължина. Той определя рисунъка или модела на кутикулата. Рисунъкът не се използва за индивидуализиране на човешките косми, а само за потвърждение на видовия произход (Seta S. et al., 1988). Полезността на морфологията на рисунъка при сравняването на космите е фокусирана върху особени модели на люспи, които могат да помогнат при характеризирането. Тези, които

често се срещат при рутинния преглед, са увреждане на люспи и изпъкналост на люспи, които са свързани с механично действие като обратно разресване, боядисване, избелване или заболяване. Редица изследователи са оценили полезността на броя на клетките при съдебно сравнение на космите. Kirk и Gamble (Kirk P.L., Gamble L.H., 1943) подкрепят заявлението, че както броят на люспите, така и диапазоните се установяват като приблизително постоянни за индивида, но променливи между отделните индивидите, като и двата фактора имат определена и индивидуална стойност при елиминирането на предполагаеми косми.

Обратно на това, Veeman (Veeman J., 1943) изказва отрицателно мнение, заявявайки, че броят на люспите на един косъм от човешки скалп нито е представителен за всички косми на индивида, нито броят на люспите се различава значително между индивидите и стойността на този показател при елиминирането или идентифицирането на косъм от ВД с такъв от заподозрения трябва да бъде сериозно поставена под въпрос.

Индекс на люспите: това е съотношението на свободната проксимо-дистална дължина на люспата към диаметъра на косъма, т.е. броят на люспите върху диаметъра на косъма.

Модел/рисунок на кутикулата: свободните краища на кутикулните клетки определят вида ѝ (модел, рисунок) чрез образуване на линии, разположени специфично напречно и надлъжно по косъма (Туманов А.К., 1975) (Таблица 12).

Както вече бе посочено, тези визуални модели се различават при отделните видове и могат да бъдат използвани за видова идентификация (Wildman A.B., 1954; Brunner H., Coman B.G, 1974). В номенклатурата на Wildman рисункът на човешкия косъм е описан като „близка вълна“, но той може да се промени с промяна в скоростта на растеж на косъма. Въпреки тези промени, броят на люспите е относително постоянен за космената кутикула на определен индивид, но варира при различните индивиди. Броят на люспите варира и при един и същ индивид в зависимост от локализацията, като значително по-малък брой (т.е. по-раздалечени люспи) се установяват при скалповите косми в сравнение с други области като пубис, лице и гръден кош. По-малък брой люспи се наблюдава при по-млади хора и при лицеви, аксиларни и абдоминални косми при жените в сравнение

със същите области при мъжете (Wyatt E.H., Riggott J.M., 1977; Robertson J., 1999).

Таблица 12. Класификация на рисунъка на кутикулата (Seta S. et al., 1988)

	Hausman (1925)	Brunner and Coman (1974)
Люспи (модел и/или ръб, контур)	Коронарен 1) Прости 2) Назъбени 3) Зъбчати Застъпващи се 1) Яйцевидни 2) Остри 3) Удължени 4) Сплескани	1 Модел на подреждане на люспите: Обикновен коронарен Диамантено венчелистче Тясно диамантено венчелистче Широко венчелистче Редовна мозайка Сплескана неправилна мозайка Правилна вълна Неправилна вълна Единичен шеврон Двоен шеврон На ивици Преходен 2 Контур на люспите: Гладък На вълни, гънки Назъбен/заоблени зъбци Назъбен/остри зъбци
Разстояние между люспите		На разстояние Близо Прилепнали
Индекс на люспите	Индекс на люспите	Индекс на люспите

При микроскопското изследване на косъма кутикулата или съвсем не се вижда, или се вижда лошо. Затова за по-ясно проявяване на рисунъка на кутикулата се прибегва до различни методи (Туманов А.К., 1975):

1. Оцветяване на клетките на кутикулата непосредствено на косъма, вследствие на което клетките и техните граници да станат видими и да могат да се изучават.

2. Получаване на негативен отпечатък от кутикулата на косъма върху някакъв пластичен материал (напр. отпечатък върху желатин). Космените отпечатъци могат да бъдат направени и чрез поставяне на слой прозрачен лак за нокти (Seta S. et al, 1988; Bisbing R.E., 1982) или глицерин (Koonz C.H, Strandine E.G., 1945), поливинилацетат

(Brunner H., Coman B., 1974) и др. върху предметно стъкло, след което да се поставят космите отгоре върху съответния използван материал. След като той изсъхне, космите се отстраняват, оставяйки отпечатък на кутикулата, който да се наблюдава под микроскоп.

3. Методи, позволяващи оглеждането на кутикулата непосредствено на косъма (фазово-контрастна микроскопия).

4. Сканираща електронна микроскопия (минус на този метод е необходимостта от скъпа за закупуване и поддръжка апаратура). Позволява определяне на рисунъка на кутикулата на космите на хора и животни, а така и лесно видово разпознаване на изследваните космени проби.

По отпечатъка се наблюдават линиите, формирани от свободния край на клетките на кутикулата. Преброяват се тези характерни линии на рисунъка, като броенето се извършва или непосредствено върху косъма или върху отпечатъка. При косми от вежди, пубис, аксили линиите на рисунъка са разположени на по-често в сравнение с тези на останалите косми. Това може да има значение при определяне на регионален произход на косъма и търсене на сходство.

Обръща се също така внимание на разстоянието между линиите, разположени напречно на косъма – дали са близо една до друга или са отдалечени. Отбелязва се назъбеността на линиите или тяхната вълнообразност. Колкото по-назъбен е ръбът на свободния край на клетките на кутикулата, толкова повече назъбености ще има по линиите на отпечатъка (Таблица 13).

Ако клетките на кутикулата се разполагат на равномерни редове, то линиите ще имат неголяма вълнистост, ако клетките са неравномерно, неправилно подредени, то вълнистостта ще бъде силно изразена.

Трябва да се обърне внимание и на съотношението между ширината и дължината на свободния край на клетките на кутикулата, като за пълно изследване на кутикулата трябва да се изучи и формата на клетките ѝ (Туманов А.К., 1975).

Таблица 13. Класификация на модела на кутикуларния рисунък в контекста на съдебномедицинското сравнение на косата (Seta S et al., 1988)

	Gaudette и Keeping (1974)	Bisbing (1982)	Harding и Rogers (1984)	Robertson и Aitken (1986)
Люспи (модел и/ или контур)	Кутикуларен ръб: Гладък Леко назъбен Назъбен	Сплескан Гладък Сводест Изпъкващ Назъбен	Модел: Неправилна вълна Венчелистче Изтрит, разръфан Ръб: Изпъкнал Не изпъкнал	Форма на дисталния ръб; Гладък Вълнообразен Назъбен
Брой на люспите и разстояние	Груб (< 22 на 0,2 mm) Среден (22-26 на 0,2mm) Фин (>26 на 0,2 mm)		Близо Далече	

Има три основни варианта на релефа на кутикулата – коронарен (подобен на корона), спиозен (подобен на венчелистчета) и застъпващ се (плосък). Възможни са комбинации и вариации от тези видове. Подобният на корона рисунък се среща в космите с много фин диаметър и наподобява на подредени една в друга множество хартиени чаши. Тази подредба на кутикулните люспи обикновено се среща в космите на дребни гризачи и прилепи, но рядко в човешките косми. Спиозните или като венчелистчета люспи са с триъгълна форма и стърчат от косъма. Те се намират в проксималния край на космите от норки, както и при космите на тюлени, котки и някои други животни. Този вариант никога не се среща в човешки косми. Типът на застъпващата се или плоска кутикула се състои от припокриващи се люспи с тесни разстояния между тях. Обикновено се среща в човешки косми, както и в много косми от животни (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

Hausman (Hausman L.A., 1920), а също и Brunner и Coman (Brunner H., Coman B., 1974) систематично класифицират моделите на кутикулния рисунък на животински косми съответно в 8 типа и 12 типа. Seta (Seta S. et al., 1988) представя по-голямо разнообразие на кутикулен рисунък: обикновен коронарен, диамантено венчелистче, тясно диамантено венчелистче, широко венчелистче, редовна

мозайка, сплескана неправилна мозайка, правилна вълна, неправилна вълна, единичен шеврон, двоен шеврон, на ивици, преходен (По-подробно разгледано в раздел 4.1.2 Видова принадлежност).

Вътрешен ръб/граница на кутикулата: този показател определя вида на границата между кутикулата и кортекса. Вариантите на вътрешния ръб на кутикулата включват: неясен, ясно определен и вариращ надлъжно. „Неясен“ е когато вътрешният ръб на кутикулата не е видим или не е добре определен. „Ясно определен“ е при случаите, в които границата между кутикулата и кортекса е ясно видима и е добре определена. „Вариращ“ се отнася до онези косми, при които вътрешният ръб на кутикула варира в своята отчетливост поради промяна в плътността на пигмента по ръба. Доказва се връзка между плътността на пигмента и отчетливостта на вътрешния ръб на кутикула. При силно пигментираните косми границите са ясно изразени, докато при леко пигментираните те са относително неясни (Ogle, R. R. Et al., 1999).

Външен ръб на кутикулата: профилът на кутикулните клетки, формиращ външния ръб на кутикулата, издаден навън от повърхността на косъма (когато косъмът се гледа в надлъжен монтаж). Той може да бъде естествен или резултат от фактори на околната среда (напр. обработване на космите). Вариантите на профила на кутикулата са: гладък, назъбен, нахъсан, извит и други. „Гладък“ се отнася до профила на кутикулата, който е равномерен или плосък. „Назъбен“ се отнася до профил, който е трионовиден. „Нахъсан“ е профилът, който е неравен и неправилен. „Извит“ се отнася до състоянието, когато люспите са извити в дисталните си ръбове, така че се наклоняват дъговидно към ръба на стъблото. Тези люспи могат да улавят въздух под извитата си част, който се визуализира като тъмна ивица между тях и стъблото. Вариантът „Други“ се отнася или за косми, които имат комбинация от изброените профили на кутикулата, или косми, които имат профил на кутикулата, който не може да бъде категоризиран като гладък, назъбен, разкъсан или извит (Ogle, R. R. et al., 1999).

Повърхност на кутикулата: състоянието на люспите по повърхността на кутикулата, както се вижда при надлъжен монтаж или в отпечатък в пластична материя (Ogle, R. R. et al., 1999; Hicks, J.W., 1977). Вариантите са: нормална и увредена. „Нормална“ е повърхността на кутикулата, която няма осезаемо увреждане. Като

„Увредена“ се определя повърхността на кутикулата, която има видими щети поради третиране на косата или увреждане от въздействието на околната среда.

Накрая се отбелязва последователността на признаците по дължината на стъблото и повредите от атмосферни влияния. Всъщност появата на външния ръб на кутикулата отчасти е резултат от последното. При излизане на косъма от кожата кутикуларният слой е гладък и става забележимо неравномерен и повреден само след редица процеси, включващи външни повреди, причинени от общо износване и абразия, и козметични грижи, като четкане, сресване и измиване (Robbins C., 1988; Swift A.J., Smith J.R., 2000).

Кутикулата може да бъде изследвана с различни средства. В много криминалистични лаборатории се извършва изследване на кутикулните клетки чрез сканиращ електронен микроскоп. Така Pacini et al. (Pacini P. et al., 1984) измерват диаметъра на косъма, индекса на люспите, средния им брой, ширината и средната височина на люспите, а Wyatt и Riggott (Wyatt E.H., Riggott J.M., 1981) изследват броя на люспите и определят разликата в космите от различни места на тялото, а също и между здрави и увредени косми (Riggott J.M., Wyatt E.H., 1984). Променливостта на рисунъка по дължината на косъма също е изследвана с помощта на сканиращ електронен микроскоп. Bottoms et al. (Bottoms E. et al., 1972) показват, че има редовна и прогресивна загуба на нормалния модел на кутикуларния релеф от корена до върха. Рисунъкът е изследван и по отношение на възраст (Trotter M., Duggins H., 1929), пол (Gyoten Y., 1956) и етническа принадлежност (Hausman L.A., 1925). По отношение на връзката с възрастта е показано, че относителните размери на кутикулните люспи нямат връзка с възрастта на индивида, а имат отношение към диаметъра на косъма. Hausman (Hausman L.A., 1925) доказва, че релефът не е свързан с етническата принадлежност на индивида, а Hrdy (Hrdy D., 1973), че броят на люспите в популациите с къдрава коса се различава от този на популациите с права коса, с по-висок брой в първите. По отношение на връзката с пола не са представени систематични констатации (Seta S. et al., 1988).

Освен TEM и SEM, друга техника, която напоследък представлява особен интерес, е атомно-силовата микроскопия (ACM) (Rugar D, Hansma P., 1990). ACM предлага полезна комбинация от

предимства за анализ на фината структура на външната повърхност на косъма (Swift J.A., Smith J.R., 2000; Blach J. et al., 2001). АСМ е неинвазивна техника, която не изисква специална подготовка на пробата. За разлика от този метод, техниките за електронна микроскопия като СЕМ и ТЕМ изискват обширна подготовка на пробата и условия на висок вакуум, които могат да въведат нежелани артефакти във фините детайли на повърхността на косъма. В сравнение с оптичната микроскопия, АСМ предлага свръхвисока разделителна способност, която е от съществено значение за откриване на фини повърхностни особености на човешките косми. Основно предимство на АСМ е способността да се предоставя точна топографска информация за космената повърхност, което позволява да се измерват разлики във височините от по-малко от 1 nm.

Sauermann et al. (Sauermann G. et al., 1988) използват повърхностна профилометрия за измерване на параметрите на грапавостта и плътността на кутикулата и ги прилагат при сравняване на ефекта от козметичните процедури. You и Yu (You H., & Yu L., 1997) също използват АСМ за измерване на височината на стъпалото на кутикулата, като включват този параметър при количествено определяне на ефектите от рН и нагряването върху човешката коса. McMullen и Kelty (McMullen R.L., Kelty S.P., 2001) използват АСМ за измерване на коефициенти на триене, способни да определят количествено ефекта от повърхностни обработки като избелване и други козметични въздействия (Gurden S.P. et al., 2004).

2.2.4. Диаметър (дебелина) на косъма

При косменото изследване задължително се извършва измерване на дебелината (диаметъра) на косъма на няколко места по дължината на стъблото му, като за диаметър на съответния косъм се приема най-голямата измерена стойност. При определяне дебелината на космите се вземат под внимание както тази на най-тънките, така и на най-дебелите косми, и се посочват средна стойност и съответен диапазон.

За максимален диаметър на стъблото може да бъде приет и най-широкият диаметър по оста на стъблото при сканиране от корена до върха му или най-широкият диаметър на напречното сечение.

Например напречното сечение на къдрава коса обикновено е овално или сплеснато. Това е най-широкото измерение на овала или сплеснатото напречно сечение. Според този показател космените варианти са: фини (по-малко от 40 μm), средни (40 до 80 μm) и груби (повече от 80 μm). Максималният диаметър на косменото стъбло се определя чрез измерване с очен микрометър, калибриран със степенен микрометър (Ogle, R. R. et al., 1999).

Стойността на показателя зависи от редица фактори като: вид и тип на косъма, регионален произход – скалпов, пубисен и т.н., етнически произход на индивида и др. (Таблица 14, 15 и 16).

Таблица 14. Характеристики на типовете косми (Blume-Peytavi U. et al, 2008)

Лануго	< 30 μm диаметър; > 2 mm дължина
Велус	< 30 μm диаметър; < 2 mm дължина
Междинен	> 30 μm диаметър; < 60 μm диаметър; > 2 mm дължина
Терминален	> 60 μm диаметър; > 2 mm дължина

По отчетената му стойност може да се определят посочените космени особености и да се подпомогне идентификацията на изследваните косми. Например европейският скалпов косъм е описан като със среден диаметър на стъблото, косъмът на африканския скалп – като със среден до фин диаметър на стъблото и значителни вариации, а азиатският скалпов косъм – като с голям диаметър на стъблото и малко или никакво изменение по хода му.

Таблица 15. Диаметър на терминалните косми (Blume-Peytavi U. et al, 2008)

Европейски тип с руса коса	40-80 μm
Европейски тип с тъмнокафява/черна коса	50-90 μm
Европейски тип с червена коса	50-90 μm
Африкански тип	60-100 μm
Азиатски тип	80-120 μm

По същия начин се определя и минималният диаметър на стъблото, а на базата на двете стойности след това се определя и индексът от максимален до минимален диаметър. Той дава указание за формата на напречното сечение. Например индекс 1 би бил кръг, а индекс 0,5 би бил сплескана елипса. От този индекс се вижда, че напречното сечение на азиатските косми е най-близко до кръг,

африканските косми са най-сплескани, а европейските са с междинна форма.

Таблица 16. Диаметър на скалповите косми при различни етнически групи
(Vernall D.J, 1961; Robertson J., 1999)

Диаметър (микрометри)			
Група	максимум	минимум	индекс макс/мин
Азиатски индийци	92.94 ± 1.93	66.49 ± 4.54	0.73
Китайци	94.28 ± 3.05	76.79 ± 2.13	0.83
Африканци	98.23 ± 2.45	58.52 ± 1.87	0.60
Западни европейци	81.94 ± 2.47	56.74 ± 1.33	0.71

Важно е да се подчертае, че посочените показатели са само най-общи и не е научно оправдано изразяването на възглед за етнически произход на източника на изследвания косъм само въз основа на този признак, освен в случаите, в които стойността му е много показателна.

Някои изследователи, като Porter и Fouweather (Porter J., Fouweather C., 1975), дори отричат значението на този показател, като според тях има малка корелация между диаметрите на космите и даден индивид, като вариацията на диаметрите на скалповите косми върху дадена глава е много подобна на вариацията на диаметрите на скалповите косми и при другите индивиди, и че вариацията на диаметрите на космите по протежение на отделно стъбло не е полезен параметър за тяхното характеризиране. От друга страна, Bisbing (Bisbing R.E., 1982) посочва, че диаметърът на косъма е от особено важно идентификационно значение за оценка на субекти, чиито косми са с много голям или малък диаметър.

Gaudette и Keeping (Gaudette B.D., Keeping E.S., 1974) предлагат да се определя както дължината на диаметъра, така и наблюдаваната промяна в него по хода на стъблото, с отбелязване на някой от следните варианти: постоянен диаметър, лека постепенна промяна в диаметъра, голяма постепенна промяна в диаметъра и рязка промяна в диаметъра.

Shaffer (Shaffer S.A., 1982) определя диаметъра само като фин и груб, Harding и Rogers (Harding H.W.J., Rogers G.E., 1984) – като тесен, широк и променлив, докато Lee и De Forest (Lee H.C., DeForest

P.R., 1984) предлагат използването на три характеристики: стойност на диаметъра; вариация на диаметъра – няма, лека, средна и голяма; начин на промяна – рязка промяна, постепенна промяна.

Всъщност диаметърът на отделните космени стъбла варира от корена до върховия им край в резултат на начина, по който косъмът се произвежда от космения фоликул. Цялостният косъм ще бъде по-тесен при върха. Дали диаметърът на стъблото е по-тесен при корена, отколкото в основната зона на стъблото, зависи от етапа на растеж. Robertson (Robertson J., 1999) посочва наблюдението си, че при телогенните косми коренът има тенденция да бъде по-тесен, макар че това невинаги е така. При анагенните косми стъблото близо до корена може да бъде по-широко. През фазата катаген косъмът има заострен връх, по-широка средна част и стесняваща се основа (Seta S. et al., 1988).

Ясно е, че при изследване на косъма трябва да се отбележи както стойността на диаметъра, така и всяко голямо изменение в тази стойност. Трябва да се внимава особено при сплескани, усукващи се косми от лица с африкански произход и при някои козметично обработени или с болестни промени на стъблото косми да не се измерват в точки, където диаметърът изглежда тесен, тъй като косъмът е гледан странично. Редица космени заболявания водят до колебание на основния диаметър и при установена значителна промяна в диаметъра трябва винаги да се обмисля тази вероятност и да се отразява, поради голямото ѝ идентификационно значение. В някои случаи е задължително измерванията да се извършват на напречни срези, защото при надлъжен монтаж на косъма може да изглежда, че диаметърът на завъртащ се косъм варира, когато в действителност той може да е постоянен и видимото изменение на диаметъра да се дължи на усукване (Ogle, R. R. et al., 1999). Аномалиите на стъблото обикновено се наблюдават при космите на скалпа, но могат да бъдат открити и при пубисните и аксиларните косми, което също не трябва да се забравя.

При изследване диаметъра на косъма и връзката му с някои показатели с идентификационно значение, като пол, възраст и др., различните автори дават различни, често противоположни резултати. Wunkoop (Wunkoop E.M., 1929) съобщава, че диаметърът на косъма има малка или никаква връзка с възрастта на индивидите, въпреки че

изглежда има груба корелация с възрастта, достигайки максимум в групите 10-20, 40-50 и 90-100 години.

Ikoma et al. (Ikoma E. et al., 1967) изследват корелациите на възрастта, пола и напречното сечение на скалповите косми в японската популация и установяват, че при мъжете максималният и минималният диаметър се променят с доста линейна връзка с възрастта, докато при жените те показват добре изразена крива. В ранна и детска възраст диаметрите при мъжете са по-големи от тези при жените, но при възрастните те са по-малки при мъжете, отколкото при жените. Освен това те съобщават, че при женските косми има значително по-голяма стойност на минималния диаметър от мъжките. Rin (Rin C., 1960) публикува измерванията си на средния диаметър на стъблото на японски космени проби ($99,80 \pm 1,92$ ~m при жени, $90,77 \pm 1,87$ ~m при мъже).

От друга страна, Steggerda и Seibert (Steggerda M., Seibert H.C., 1941) изследват напречните сечения на стъблото на представителите на шест групи етническа принадлежност и съобщават, че няма постоянни полови разлики по отношение на максималния диаметър, като мъжете имат по-голям диаметър в две трети от етническите групи.

Доказано е и значението на някои физиологични състояния за промяната на космения диаметър. Космите, взети от андроген-зависими места, са значително по-широки от тези, взети от неандроген-зависими места, което може да бъде полезно за определяне на регионалния телесен произход на космената проба при нейното изследване (Vernall D.G., 1961). Псориазис, диабет и др. заболявания се предполага, че причиняват намален диаметър (Seta S. et al., 1988). Протеин недоимъчното хранене също е прието като вероятно състояние, което причинява намаляване на диаметъра на косъма (Vandiviere H.M. et al., 1971).

В заключение, ясно е, че косменият диаметър не може да бъде признак с голямо диференциращо значение при изследване на космите, но все пак практиката показва, че е полезен при различаване на космите на отделните индивиди и не трябва да бъде пропускан при космения морфологичен анализ.

2.2.5. Напречно сечение

Значението на тази характеристика на косменото стъбло за индивидуализацията на косъма не се приема еднозначно от всички експерти (Robertson J., 1999). Има както привърженици, така и противници на определянето на този показател.

Противниците на изследването му привеждат като аргументи:

- напречното сечение не дава никаква информация допълнителна на тази, която може да бъде оценена чрез внимателно изследване на надлъжно сечение;

- формата на напречното сечение варира при отделните косми и по дължината на косменото стъбло (особено при чуплива и къдрава коса);

- изработването на подходящи напречни сечения зависи изцяло от опита и способностите на проверяващия (Seta et al., 1988).

Обратно, привържениците на изследването, твърдят:

- промяната във формата на напречното сечение на човешките косми е предвидима и се използват последователни участъци от подобен тип косми и с еквивалентен надлъжен вид;

- напречните сечения разкриват някои микроскопски характеристики по-ясно, отколкото могат да се видят при надлъжно сечение;

- ако напречните срези са направени внимателно, се изразходва много малко от косменото стъбло;

- формата на напречното сечение е от значение за определяне на етническия произход на човека, източник на проучваните косми.

Според Ogle et al. (Ogle, R. R. et al., 1999) на напречно сечение видът на повечето характеристики не предоставя допълнителни данни за целите на сравнението на космите, а по-скоро добавя различен поглед към вече установените. Напречното сечение може да реши въпроса относно точното определяне на даден показател, което е затруднено при надлъжно наблюдение. Напр. може да помогне при решаване на въпроси относно разпределението на пигмента спрямо медулата, точната форма на напречното сечение или кортикалната структура. Други показатели, като дебелина на кутикулата, плътност и размер на пигмента, обикновено могат лесно да бъдат диагностицирани от опитен експерт и при надлъжен монтаж на косъма.

Всеки експерт трябва да достигне до собствено заключение дали са оправдани или не допълнителните усилия за извършване на такова изследване. Gaudette и Keeping (Gaudette B.D., Keeping E.S., 1974) включват напречни сечения в тяхната схема, но по-късно Gaudette (Gaudette B.D., 1978a) стига до заключението, че не е важно или дори не е необходимо да се правят напречни сечения.

Според Robertson (Robertson J., 1999) не е необходимо да се изготвят напречни сечения на човешки косми, освен ако някакво изключително обстоятелство не оправдава допълнителните усилия.

В рутинната практика при нас се извършва изследване на космите почти изцяло в надлъжен монтаж и само в изключително редки случаи се налага изготвяне на напречни сечения.

При желание за извършване на такова изследване, препоръчвам да се използва предложената от Seta et al. (Seta S. et al., 1988) методика за направа на напречни сечения: 1. Скоч лента – с лепнещата страна нагоре – се фиксира върху подложка (лепило от полиакрилен тип). Космите се почистват с ацетон. След това се изправят и подравняват върху лепилен слой, почти докосвайки се един друг (до около 30 косъма). Сегменти от косми – до 1 mm дължина – се отрязват от косъма при подравняването и фиксирането върху лепилото. На местата на групите косми се добавят цветни полиамидни нишки за идентификация (напр. нишки от многоцветно найлоново въже за алпинизъм). 2. Целулоидна пластина (около 15 x 25 x 1 mm), шарнирно закрепена към скоч лента. Пластината трябва да е най-малко 3 mm по-широка от площта на космите от всички страни (целулозонитратът работи много по-добре от целулозния ацетат поради по-високата си скорост на дифузия на ацетон). Достатъчно количество ацетон се пуска в ъгъла. 3. Веднага пластината се притиска внимателно надолу за около 10 секунди. Излишният ацетон се издухва, за да се избегне дифузия в ръбовете на пластината. 4. Скоч лентата се отстранява от опората и бавно се отлепва от целулоидната пластина чрез огъване. 5. Пластината с косми, вградени в повърхността, е шарнирно закрепена към втората пластина, която е фиксирана върху поддържаща скоч лента, за да се предотврати просмукването на ацетон под долната пластина. 6. В ъгъла бързо (около 10 секунди), но внимателно, се изстиска капка ацетон. Налягането трябва да е достатъчно за екструдирание на всички въздушни мехурчета, но не трябва да движи космите в омекотения

слой целулоид. 7. След като ацетонът се остави да дифундира (1-2 часа), вграждащият блок е готов за рязане.

Основните микроскопски характеристики, които се наблюдават при изследване на напречното сечение на косъма са представени в Таблица 17. Те включват: форма на напречното сечение, дебелина на кутикулата, плътност на пигмента, размер на пигмента, разпределение на пигмента, кортикална и кутикуларна структура, някои медуларни детайли (Seta S. et al., 1988; Ogle, R. R.. et al., 1999).

Таблица 17. Характеристики на напречното сечение на човешки косъм (Ogle, R. R.. et al., 1999)

Форма	Кръгла Плоска	Овална Бъбрековидна	Триъгълна Форма на сълза
Дебелина на кутикулата	Тънка	Дебела	Променлива
Пигментна плътност	Ниска Непрозрачна	Средна	Висока
Размер на пигментните гранули	Фини	Груби	
Разпределение на пигмента	Равномерно Централно	Периферно Едностранно	
Кортикална структура	Отсъства	Налична	Затъмнена

Формата на напречното сечение на косъма може да бъде определена от опитен експерт и в надлъжен монтаж на косъма. В някои случаи обаче, огледът на напречното сечение позволява на проверяващия да бъде по-прецизен и точен при оценката на формата на сечението, тъй като това изследване дава директен поглед върху нея. Вариантите на формата на напречното сечение, предложени от различните изследователи са различни. Според Robertson (Robertson., J., 1999) тази форма при човешките косми може да е: кръгла, овална, триъгълна, плоска, бъбрековидна и форма на сълза. Предложените от други изследователи варианти на показателя са представени в Таблица 18.

Триъгълната форма на сечението се наблюдава често в космите на брадата и рядко в космите на скалпа. Формата на напречното сечение на преходните косми между скалпа и областта на брадата не е проучена адекватно (Robertson., J., 1999). Правите косми

обикновено имат кръгло напречно сечение. С увеличаването на степента на къдрене формата на напречното сечение става все по-сплесната, така че най-къдравите косъмчета показват най-плоска форма.

Таблица 18. Класификация на формата на напречното сечение на косъма в контекста на съдебното сравнение на косата (Seta S. et al., 1988)

Gaudette и Keeping (1974)	Gaudette (1976)	Bisbing (1982)	Robertson (1982) Robertson и Aitken (1984)	Harding и Rogers (1984)	Lee и DeForest (1984)
Кръгла Елипсовидна Овална Триъгълна Бъбрековидна	Кръгла Елипсовидна Овална Триъгълна Бъбрековидна Неправилна	Кръгла Кръгъл овал Овална Плосък овал Плоска Панделковидна Многоъгълна Вълнообразна Сложна (спираловидна)	Кръгла Елипсовидна Овална	Кръгла Овална Триъгълна	Кръгла Сплескана овална Триъгълна

Установено е, че формата на напречното сечение на стъблото дава представа за идентифицирането на видовия, етническият и регионалният телесен произход на изследвания косъм (Seta S. et al., 1988; Bisbing R.E., 1982; Lee H.C., DeForest P.R., 1984) (Таблица 19).

Таблица 19. Вариации на формата и диаметъра на напречното сечение на човешките косми (Bhushan B., 2010)

Етнически произход	Форма	Максимален диаметър (µm)	Минимален диаметър (µm)	Съотношение максимален/минимален диаметър
Европейски	Почти овална	74	47	1.6
Азиатски	Почти кръгла	92	71	1.3
Африкански	Плосък овал (елипса)	89	44	2.0

Формата на напречното сечение на косъма варира в определени граници при различните етнически групи. Докато при хората с

европейска принадлежност космите са с елипсовидна форма на напречно сечение, съответстваща на права или вълнообразна коса, азиатските косми обикновено са с кръгло напречно сечение, съответстващо на права коса. За разлика от тях, африканските популации имат силно елипсовидна или дори лентовидна форма на напречно сечение на косменото влакно (Bhushan B., 2010) и съответно ситно къдрава коса.

При сканираща електронна микроскопия на космите се установяват и допълнителни подробности, а именно че африканските косми имат изразено елипсовидно, понякога бъбрековидно сечение, с надлъжен жлеб или дори много плоско напречно сечение. Азиатските космени стъбла са приблизително кръгли на напречен срез. Европидните косми обикновено имат елипсовидно напречно сечение, с различни аксиални съотношения. Общото впечатление за европейската коса е, че напречното сечение на косменото влакно може да варира от силно елипсовидно до почти напълно заоблено. Предположението за значението на формата на напречното сечение за формата на косъма, например, ако косата е права, вълниста или къдрава, се оказва невярно. Формата на косъма при хората очевидно има същия произход като тази при животните, като и двете зависят от формата на космения фоликул, явяващ се матрицата, от която се появява напълно консолидираното стъбло (Lindel B. et al., 1988).

Препоръчително е, освен формата, да се оцени и степента на отклонение от кръглото напречно сечение или така наречената ексцентричност. През годините са правени опити да се оцени формата на напречното сечение с числов индекс, но като цяло това се оказва незадоволително и води до неточни и потенциално подвеждащи обобщения (Seta S. et al., 1988).

Други характеристики на напречното сечение са представени в Таблица 20:

- Площ: Площта на напречното сечение на космите от различни области на главата показва известни колебания, но все пак разликите са по-малки от тези между различните хора. Между отделните индивиди разликите са значителни и това може да се използва при СМ изследване и сравняване за определяне на сходство между намерените на местопроизшествието и предадените за сравнение косми (Туманов А.К., 1975).

Таблица 20. Класификация на морфологията на напречното сечение на косъм от глава в контекста на съдебното сравнение на косата (Seta S. et al., 1988)

	Gaudette и Keeping (1974)	Gaudette (1976)	Robertson (1982) Robertson и Aitken (1984)	Harding и Rogers (1984)
Кутикула на напречен срез	Широка Средна Тясна	Широка Средна Тясна	-----	Дебела Тънка
Цвят на напречното сечение	Черен Кафяв Червен Жълто-кафяв Жълт Сив	Червено-кафяв Кафяв Жълто-кафяв Жълт	-----	Черен Черно-кафяв Кафяв Тъмноккафяв Жълто-кафяв Червено-кафяв Тъмен Жълтеникав/бронзов светъл Жълтеникав/бронзов сламен Бял
Разпределение на пигмента на напречен срез	Равномерно Периферно Около медулата Еднострочно Клъстерно	Равномерно Периферно Еднострочно	Равномерно Към кутикулата Към медулата Еднострочно	Равномерно Периферно Разпокъсано Централно
Размер на пигмента на напречен срез	Фин Среден Груб	Фин Среден Груб	-----	-----
Плътност на пигмента на напречен срез	Липсва Ниска Средна Висока Непрозрачна	Ниска Средна Висока Непрозрачна	-----	-----
Кортикална структура на напречен срез	Гладка Гранулирана	Гладка Средна Гранулирана	-----	-----
Медула на напречен срез	-----	-----	-----	Налична Отсъства

- Дебелина на кутикулата: Вариантите за дебелината на кутикулата на напречното сечение са: тънка, дебела, променлива. Тези категории съответстват на същите категории, установени в надлъжното монтиране (Ogle, R. R. et al., 1999).

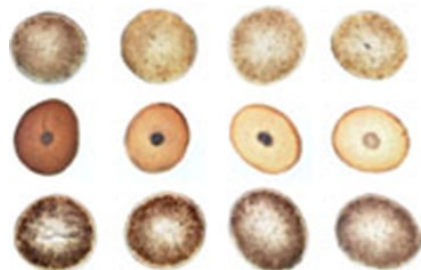
- Форма на медулата: Определя се формата на напречния срез на медулата, нейният размер спрямо размера на целия косъм, разположението – срединно на косъма или асиметрично (Туманов А.К., 1975).

- Пигмент в стъблото – цвят и оттенък (Туманов А.К., 1975). Плътност на пигмента, размер и форма на пигментните гранули. Вариантите за тези показатели в напречното сечение са същите като определените при надлъжното монтиране.

- Разпределение на пигмента: Вариантите за разпределение на пигмента в изглед на напречно сечение включват равномерно, централно, периферно, едностранно. Тези променливи могат да бъдат диагностицирани по-лесно в изглед на напречното сечение, отколкото в надлъжно монтиране (Ogle, R. R. et al., 1999).

- Кортикална структура: Вариантите тук са същите като тези, изброени за надлъжния изглед, и включват: липсваща, присъстваща и затъмнена. В надлъжен изглед присъствието на кортикална структура обикновено се демонстрира като ивичест вид. В напречното сечение обаче, наличието ѝ може да бъде демонстрирано като гранулиран вид. Изследванията на ултраструктурата на кортекса на косъма могат да разрешат въпроса за естеството на разликата в структурата, видяна при надлъжни и напречни сечения (Ogle, R. R. et al., 1999).

Напречното сечение може да се използва също и за изследване на козметични процедури, извършени върху космите, като боядисване и/или изрусяване. При напречните сечения лесно се отдиференцират космите от боядисани коси с различна степен на боядисване (Seta S. et al., 1988) (Снимка 16).



Снимка 16. Небоядисана (горе) и боядисана (долу) коса (First Department of Forensic Science. Forensic Hair Comparison.)

2.2.6. Проксимален (коренов) край на косъма

Коренът на косъма се образува в космения фоликул, разположен в кожата, поради което съществува тясна физическа връзка между косъма и кожата. Ако косъм, който е бил здраво прикрепен към фоликула, се отскубне насилствено, фоликуларната тъкан все още може да остане прикрепена към основата на косъма. Ако косъмът е отпаднал естествено, фоликуларната тъкан е оскъдна (Seta S. et al., 1988) (Снимка 17).



Снимка 17 – а) анагенен косъм; б) телогенен косъм; в) катагенен косъм;
 д) анагенен диспластичен косъм; #) дистрофичен косъм;
 *) счупен косъм (Blume-Peytavi U. Et al., 2008)

Микроскопските характеристики на космените корени отразяват стадия на растеж на косъма в момента на неговото отстраняване или загуба от тялото, като вариантите са: отсъстващ, анаген (активна фаза на растеж), катаген (преходна фаза между анагенна и телогенна фази) и телоген (терминален стадий преди косъмът да изпадне от космения фоликул) (King L.A. et al., 1981) (Таблица 21).

„Отсъстващ“ се отнася за онези косми, които нямат корен. Космите, издърпани от скалпа или пубиса по време на фазата анаген, ще имат епителна обвивка, прилепнала към удължен, мек, с изкривен вид корен. В него е наличен пигмент и рядко има кортикални фузии.

Таблица 21. Класификация на космените корени (Seta et al., 1988)

Източник	Отсъствие	Наличие	Изглед
Gaudette и Keeping (1974)	---	Булб (Бухалковиден)	Плосък /панделка/
Robertson (1982)	Липсва	Катагенен или телогенен	Анагенен с обвивка
Разстояние между дисталните ръбове Брой люспи (единица за измерване) Индекс на люспите – брой люспи/диаметър Дебелина на припокриващите се люспи	Липсва	Булб Зародиш	Фоликуларен С обвивка Разтеглен Изтръгнат Атрофирал Гниец
Shaffer (1982)	/Липсва/ Отрязан Разрушен	/Наличен/ Нормален	Фоликуларен Разтеглен Смачкан/изтръгнат
McCrone (1982)	---	Булб	Фоликуларен Атрофирал
Strauss (1982)	Отсъства	Цял булб	Булб с фоликул Изтръгнат край Усукан
Harding и Rogers (1984)	---	Булб	Прав Разтегнат Смачкан С форма на морков
Lee и DeForest (1984)	/Отсъства/ Отрязан Разрушен	/Наличен/ Булб Тело- или катаген	Неправилен /анаген/ Разложен
Robertson и Aitken (1986)	Отсъства		Корен с външна обвивка Корен без външна обвивка

Косъмът в областта на корена изглежда оптически плътен в пропусната светлина, докато обвивката е почти прозрачна. Космите, издърпани по време на катагенната фаза, може да имат леко уголемен корен и някои прилепени епителни тъкани. Катагенната фаза е преходна фаза и кореновата форма може да варира в зависимост от това дали фазата на изследваните косми е по-близка до анагенната или до телогенната фаза.

Космите, изскубнати или отпаднали от скалпа или пубиса по време на телогенната фаза, обикновено имат разширена коренова луковица, в която липсва пигмент, имат малко или никаква прилепнала епителна тъкан и може да съдържат изобилие от кортикални фузии. Проксималният край на стъблото е затворен в епителна торбичка и целият корен е прозрачен при пропусната светлина (Seta S. et al., 1988; Ogle, R. R. et al., 1999; Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

По вида на кореновия край, т.е. фазата на растеж на корена на косъма, може да се прецени дали косъмът е бил изтръгнат или сам е отпаднал и оттам да се направи извод за евентуална борба или самоотбрана на мястото на произшествието и съответно на намиране на косъма, предоставен като веществено доказателство. Наличието на епителна тъкан върху корена има и друго съдебномедицинско значение. То играе важна роля при изследване на косъма поради възможността да се анализира ДНК, присъстваща в ядрата на прилежащите епителни клетки от фоликуларната тъкан, и така да се подпомогне както идентификацията на съответния косъм, така и сравнението му с космени проби, иззети от пострадалия и заподозрения.

Голямо криминалистично значение имат и промените в проксималния край на косъма след настъпване на смъртта. Evans (Evans W.E., 1954) е разгледал омекотяването на кожата след смъртта, което според него причинява разхлабване и много лесно изкубване на космите още около 4 седмици след смъртта. Seta et al. (Seta S. et al., 1984) изследват корените на космите, издърпани след смъртта, с помощта на светлинна и електронна микроскопия и установяват, че коренът започва да показва особена форма на кутикулните люспи с откриване на кортикалните влакна и силно свиване на кутикулата по дължината ѝ близо до корена на 3-ти – 4-ти ден след смъртта (Seta S.

et al., 1988) (По-подробно представено в раздел 4. Съдебномедицинско изследване на космите).

2.2.7. Дистален (върхов) край на косъма

Дисталният край на човешките косми показва голямо разнообразие, определящо и степента на съдебномедицинското му значение. По вида на този космен край може да се съди дали той е в естествено състояние или има някакво влияние върху него – травматично, козметично и др. Добре известно е, че върховете на скалповите косми показват различни форми, в зависимост от инструментите за подстригване, техниките на подстригване и времето, изминало след подстригването. Затова изследването им трябва да се направи колкото е възможно по-скоро след извършване на даденото престъпление. За предпочитане е това да стане чрез стереоскопична и трансмисионна микроскопия (Harding H.W.J., Rogers G.E., 1984). Формите на върховия край обикновено се класифицират в седем категории: естествено заострени, закръглени, изтъркани, разцепени, отрязани, счупени и изгорени.

Според Seta et al. (Seta S. et al., 1988) вариантите за вида на този космен край са: естествен конус (заострен), заоблен конус, квадратен срез с прав ръб, квадратен срез със заоблен ръб, протрит, смачкан, опърлен/изгорен, счупен и други (Таблица 22).

Космите по човешкото тяло, особено тези от аксилата и пубиса, обичайно продължават дълго време да показват естествено стесняване, тъй като обикновено те не се третират, но поради въздействие върху тях на физически фактори често се установява, че върховете им са с изтрети краища (Seta S. et al., 1988).

Естественият косъм е с тънък игловиден връх, има малко пигментни гранули и е немедулиран. В резултат на подстригване краят става квадратен с прав ръб и при микроскопско изследване може да се определи, че изследваните косми са били козметично повлияни – подстригани. Конусовидният връх, от друга страна, показва, че не е настъпило рязане на косъма в скоро време. Наличието на остър отрязан ръб спрямо заоблен отрязан ръб показва дали е имало времеви интервал между момента на подстригване на космите и времето на отделянето им от тялото.

Таблица 22. Класификация на косъмния връх по външен вид
(Seta S. et al., 1988, Robertson J., 1999)

Gaudette и Keeping (1974)	Естествен конус Заоблен и изтрит Изтрит и разцепен	Отрязан преди < 7 дни Отрязан преди < 14 дни Отрязан преди < 21 дни Отрязан преди < 28 дни и повече Смачкан
Gaudette (1976)	Естествен конус Заоблен конус Заоблен и захабен	
Bisbing (1982)	Неотрязан Конус Заоблен Изтрит Разцепен	Отрязан под прав ъгъл Отрязан под ъгъл Смачкан Разрушен Овъглен
Robertson (1982)	Естествен конус	Отрязан Друго (особен вид)
Shaffer (1982)	Заострен Заоблен Разцепен	Отрязан Разрушен
Strauss (1983)	Заоблен Изтрит или разцепен	Отрязан
Harding и Rogers (1984)	Естествен конус Заоблен Износен Разнищен Четковиден Откъснат Разцепен	Отрязан напречно Отрязан под наклон Отрязан чисто Смачкан
Lee и DeForest (1984)		Напречно Под ъгъл Разрушен
Robertson и Aitken (1986)	Естествен конус Заоблен Изтрит или разнищен Разцепен	Отрязан Смачкан или счупен Опърлен

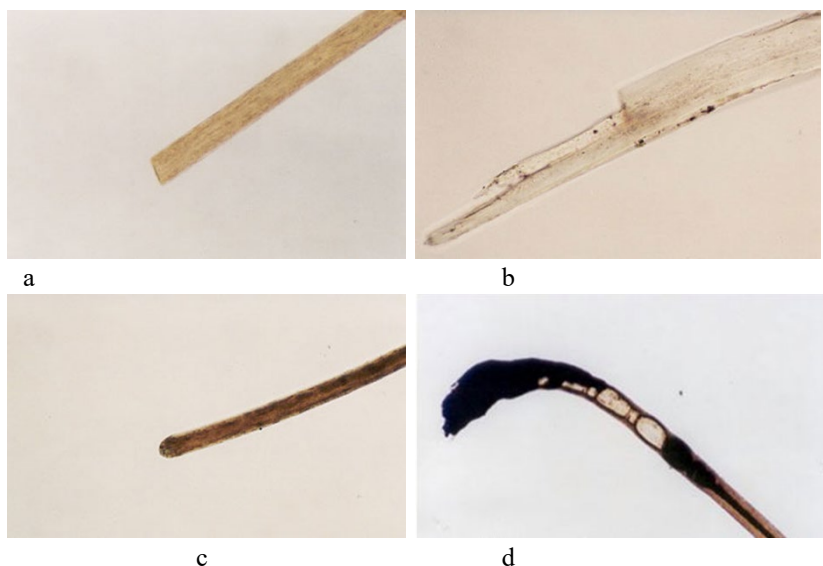
Формата на дисталния край на подстриганите косми е от значение за експерта както от гледна точка на преценка на периода от време, изминало след подстригването, така и за определяне на видовете използвани за целта инструменти. С течение на времето правият ъгъл на разреза постепенно става заоблен. Ако са подстригани космите, ъглите винаги са насочени към върха на косъма. Ако разрезът е остър, значи е използван остър инструмент. Ако стъблата на космите са частично разсечени и частично счупени, може да се заключи, че космите са отрязани със затъпен инструмент. Наскоро подстриганите косми имат ясно очертан ъгъл със заострен връх, ъглите на отрязаните краища на тези косми стават кръгли и по-малко ясно очертани след два дни. Според Bisbing (Bisbing R.E., 1982), ако косата е била подстригана с ножица, върхът е частично компресиран от режещите остриета, а подрязването на космите с бръснач оставя дълга опашка от едната страна на върха на рязането, простираща се далече от точката на срязването. Пубисните и аксиларните косми като цяло показват естествени заострени форми. Естествената конусова форма постепенно се променя в заоблена форма поради протриване. Ако върхът е бил с притискане и триене по тялото, то той ще бъде разцепен или протрит. Степента на протриване на пубисните и аксиларните косми може да бъде полезна при съдебномедицинското им изследване за доказване на индивидуалната им принадлежност (Seta S. et al., 1988).

Различни болестни и травматични увреждания също оказват влияние върху свободния край на косъма. При т.нар. „изтощение“, в резултат на действие на факторите на околната среда, се наблюдава протриване и разцепване на космените краища с надлъжно разделяне на косъма. При удар с твърд предмет се получава смачкване на косъма с разширяване на стъблото му. Опърленият връх обикновено е овъглен, чуплив, съдържащ вакуоли (кухини в кортекса) в повредената зона и наличие на жълта обвивка. Seta et al. (Seta S. et al., 1988) отбелязват, че е възможно върхът на опърлен или изгорен косъм да бъде сбъркан с корен, тъй като нагретият кератин образува сято изкривено петно, често съдържащо куп въздушни мехурчета, които изглеждат тъмни. Счупеният връх може да приеме няколко форми и изследваният трябва да е наясно, че счупените краища понякога могат да изглеждат като квадратно срязани. (По-подробно представено в раздел 3. Увреждания на космите).

Изследването и сравнението на вариантите на върха на косъма може да засили връзката на проучвания кичур или единичен косъм с познатата космена проба (от известен източник), когато едни и същи промени се наблюдават както в известните, така и в изследваните проби косми (Ogle R. R et al., 1999).

Проучването на дисталния космен край се извършва на два етапа. Първо се оглежда целият косъм в сухо състояние, включително и дисталният му край, и след това с прибавен ксилол или друга просветляваща течност се оглеждат отделните детайли. При странично положение на косъма се определя формата на този край. Първо се оглежда едната повърхност на косъма, после той се обръща и се оглежда и другата (Туманов А.К., 1975).

Ако има данни за оказано механично въздействие върху косъма, то може да се търсят някакви увреждания и затова внимателно се изследват свойствата на повърхността на този край, като той се осветява от косо падащи лъчи светлина, а след това се оглежда чрез стерео микроскоп и трансмисионен микроскоп (Туманов А.К., 1975) (Снимка 18). За по-детайлно изследване е възможно да се ползват и вариантите на електронна микроскопия.



Снимка 18. Дистален космен връх: а) отрязан; б) счупен; в) заоблен и г) изгорен (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

В заключение може да се каже, че като цяло морфологичното изследване на космите и направеният на тази база анализ са с частично ограничена доказателствена стойност и резултатът им зависи силно от подготовката и способностите на съответния експерт. За да са достоверни резултатите от анализа, е необходимо да бъдат предоставени за изследване и сравнение голям брой косми от съответните индивиди. През 1977 г. Berg е изчислил, че за да се получи убедителен резултат, изследваните косми трябва да бъдат сравнени с най-малко 100 косъма, взети от различни области на главата на заподозрения, за да се избегне влиянието на вариабилността, открита при космите на скалпа (Berg S., 1977; Preedy V.R., 2012).

Независимо от това при отчитане и съобразяване на показанията за всички или повечето от по-горе изброените микроскопски характеристики на косъма е възможно да се получи доста точен резултат при идентификация и сравняване на изследвани космени проби. Въпреки развитието на науката и приложението към днешна дата на много по-точни методи на изследване, определянето на морфологичните характеристики на косъма запазва своето значение при изготвяне на експертизи за косми като веществени доказателства.

3. УВРЕЖДЕНИЯ НА КОСМИТЕ

Човешките косми, въпреки че са сравнително устойчиви структури, предвид своето открито разположение по тялото, могат да бъдат обект на различни неблагоприятни въздействия. Ежедневно те са подложени в различна степен, в зависимост от зоната на тялото от която произхождат, на увреждане и износване в резултат на полаганите хигиенни и козметични грижи, напр. заплитане, изкривяване и нахъсване на краищата им при по-грубо сресване, промяна в състава им при боядисване, промяна във вида и структурата им при подстригване и изправяне/къдрене.

Космите могат да бъдат засегнати и при редица заболявания, ангажиращи както корена, така и стъблото им и водещи до различни по тежест изменения – от незначителни до пълно разрушаване на косъма.

Много често, ако човекът е станал обект на някакво престъпление, може да се установят увреждания – механични, химични, термични по космите на тялото или на засегнатата област от него. Напр. при порезна рана в окосмената част на главата, освен увреждане на кожата се наблюдава и прерязване на космите по ръбовете на раната. При нанесен удар с твърд тъп предмет по скалпа може да се установи смачкване на космените стъбла в мястото на удара. При попадане на човек в условия на пожар, в зависимост от достигнатата температура и времето на престой в тази среда, се установяват различни термични промени по космите.

В някои случаи по установените промени по космите може да се съди за вида на травматичното въздействие, използвания предмет и намеренията на извършителя. Космите с различни увреди и биологични следи по тях могат да бъдат открити на местопрестъплението, по различни предмети, по пострадалия, по извършителя и др. Това прави космите едни от често изследваните биологични веществени доказателства.

3.1. Болестни промени

Съществуват редица заболявания на космите, засягащи и съществено изменящи стъблото и/или луковицата им, които трябва да бъдат добре познавани от съдебномедицинските експерти.

От една страна, при тези заболявания външният вид на стъблото е променен, подобно на въздействие върху него на различни физични фактори и понякога е много трудно да се определи дали промяната се дължи на заболяване или на травматично въздействие.

От друга страна, болестите и нарушенията на косъма са много редки и наличието им както в изследваните косми, иззети от местопроизшествието, така и в известната проба косми (иззети от жертва, заподозрян и др.) е ценен доказателствен материал, че е възможно изследваните и известните косми да произхождат от един и същ индивид (Ogle R. R et al., 1999).

Много изследователи на космите посочват, че морфологичните промени на косата, дължащи се на заболявания, могат да помогнат при сравняването на човешките косми (Seta S., 1999). Bisbing (Bisbing R.E., 1982) описва систематичната класификация на аномалиите на косъма, полезна за подобно сравнение и схематично илюстрира аномалиите на косъма при редица заболявания.

Повечето увреждания (както болестни, така и травматични) могат да бъдат диагностицирани със светлинна микроскопия на космените проби (Rakowska A. et al., 2008), като в някои случаи поляризационната микроскопия помага за по-точно поставяне на диагноза. Напр. характерните показатели при светлинна микроскопия на косми при синдрома на Netherton, монилетрикс, пили торти, пили анулати и трихотиодистрофия могат да бъдат визуализирани чрез трихоскопия (видеодермоскопията на скалповите косми). Генетичните аномалии на косата могат да бъдат диагностицирани чрез трихоскопия при еднократно изследване, без да е необходимо да се изкубват или режат за диагностични цели (Rakowska A. et al., 2008). Важно е да се вземат проби косми от множество места и да се изследва цялата дължина на косменото стъбло. Понякога по него могат да се наблюдават промени като разцепване, образуване на възли и др., които, установени в дисталния край на косъма, може да свидетелстват за изтощение в резултат на въздействие върху него на неблагоприятни фактори на средата, а наблюдавани в проксималния (близък до корена) край да са показател за болестна увреда (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008). При някои нарушения, като монилетрикс и синдром на Netherton, косми от определени области, напр. веждите, също могат да предоставят диагностична информация

(Dawber R., 1997). Когато е приложимо, се извършва и сканираща електронна микроскопия (Rakowska A. et al., 2008).

Болестните дефекти на космите могат да бъдат класифицирани по различни начини: вродени и придобити, дистрофии, свързани с чупливост на косменото стъбло и такива с нормална здравина на стъблото (Dawber R., 1997):

1. Вродени заболявания на косменото стъбло. Те се проявяват още при раждането или през първите месеци от живота. Аномалиите обикновено са ограничени в областта на скалпа, но могат да засегнат и окосмяването в други части на тялото, макар и значително по-рядко. Разделят се на две групи:

1.1. Структурни нарушения на стъблото с повишена чупливост (заболявания, предизвикващи нарастваща крехкост и последващо счупване/разрушаване на косъма. Дефектът се изразява в различна степен – от засягане на отделни зони на скалпа до дифузна алопеция).

1.1.1. Стъбло с променен контур – *Monilethrix* (мънистовидно подуване на стъблото), включва и *Pseudomonilethrix* (псевдомонилетрикс), *Trichorrhexis invaginata* (бамбуков косъм, синдром на Netherton), *Trichorrhexis nodosa*

1.1.2. Усукано стъбло – *Pili torti*, синдром на Menkes

1.1.3. Нормално стъбло – *Trichoschisis*, *Trichothiodystrophy*, *Trichoptilosis*

1.2. Структурни нарушения на стъблото без увеличена чупливост (незасягащи целостта на косъма). Те могат да засягат тъканта на косъма или покритието му, но не предизвикват алопеция.

1.2.1. Усукано стъбло – *Pili trianguli et canaliculi*, *Trichonodosis*

1.2.2. Нормално стъбло – *Pili annulati*

1.2.3. *Pili bifurcate*

1.2.4. Вълнеста коса

2. Придобити заболявания на косменото стъбло. Те най-често са причинени от механични, физични или химични травми и са разгледани в раздел 3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване. Към тази група се отнасят и следните заболявания и състояния:

2.1. Наличие и увреждане от насекоми, паякообразни, бактерии и гъбички – прикрепен материал към стъблото

2.1.1. Космени натрупвания (hair casts)

2.1.2. *Trichomycosis axillaris* (включително *Trichomycosis Pubis*)

- 2.1.3. Яйца от въшки (*Pediculosis capitis*, *Phthiriasis pubis*)
- 2.2.4 Черна/бяла педра
- 2.2. Аномалии в пигментацията на косменото стъбло
- 2.3. Аномалии на корена на косъма
- 2.4. Промени на косъма в резултат на действието върху корена му на различни лекарства и радиация

3.1.1. Вродени заболявания

***Trichorrhexis invaginata* (бамбуков косъм), синдром на Netherton**

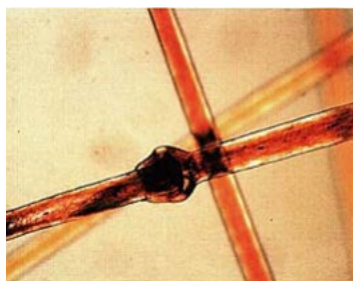
Това състояние може да се проявява и изолирано, но най-често се среща като част от болестта или синдрома на Netherton – описано за пръв път от Netherton 1958 г. (Netherton E.W., 1958). Представлява рядка автозомно-рецесивна генодерматоза, която включва ихтиозис, бамбукова коса и atopичен дерматит (Sterry W. et al., 2006; Sperling L.C., 2003; Blume-Peytavi U. et al., 2008). Разликите в тежестта на дефекта на космите при различните индивиди могат да бъдат свързани с травма, на която са изложени космите при някои от тях. Женският пол е засегнат по-често от мъжкия (Dawber R., 1997).

Трихорексис инвагината възниква поради инвагинация на отдалечената част на косменото стъбло (която е напълно кератинизирана и твърда) в проксималната част (която е непълно кератинизирана).

При наблюдение с невъоръжено око по дължината на косменото стъбло се забелязват множество възли на неравни интервали (Seta S. et al., 1988) (Снимка 19). При светлинномикроскопско изследване на косъма се установява, че възлите се състоят от проксимален дял с форма, наподобяваща на чаша, и дистален сферичен дял, напомнящи ставните съчленения или свързванията по стъблото на бамбука (Sterry W. et al., 2006; Tosti A., Piraccini B.M., 2006; Tobin D.J., 2005) (Снимка 20 и 21). Изглежда като че ли дисталният сегмент е проникнал в проксималния (Seta S. et al., 1988). Тези възли са изключително крехки и податливи на счупване, което определя и вида на косата на засегнатите лица (Sperling L.C., 2003).



Снимка 19. *Trichorrhexis invaginata*
(Rakowska A. et al., 2008)



Снимка 20. *Trichorrhexis invaginata*
(Sinclair R.D. et al., 1999)



Снимка 21.
(Sperling L.C., 2003)



Снимка 22.
(Sperling L.C., 2003)

Възел при *Trichorrhexis invaginata* преди (Сн. 19, 20 и 21) и след счупване (Сн. 22)

След счупване през възела косменият край е с разширение, наподобяващо четка (Снимка 22). Косата е рядка, изтощена, суха, без блясък, чуплива и къса. Засягат се предимно области на скалпа, изложени на триене (Tosti A., Piraccini B.M., 2006), но заболяването често засяга и мигли, вежди (Rakowska A. et al., 2008), както и вторичното полово окосмяване. По веждите обикновено са видими множество бамбукови възли и там аномалията се проявява дори когато косата на скалпа, при която има подобрение с възрастта, изглежда нормална. При по-изразените форми веждите и миглите обикновено липсват (Dawber R., 1997). При някои от засегнатите се наблюдава извиване на стъблото и промени в диаметъра му, но не всички косми са засегнати по подобен начин.

Monilethrix

През 1879 г. Уолтър Смит описва рядко възловидно състояние на косата, по-късно станало известно като монилетрикс (Dawber R., 1997). Името произлиза от латинската дума „monile“ (огърлица) и

гръцката дума „thrix“ (коса). Monilethrix е рядко автозомно-доминантно разстройство на косменото стъбло (Sperling L.C., 2003; Tosti A., Piraccini B.M., 2006; Sterry W. et al., 2006), при което засегнатите чупливи косъмчета имат уникална морфология и изглеждат като наниз от перли или мъниста (Jain S., 2012). Счупването на космите е при характерните стеснения, в близост до повърхността на скалпа (Dawber R., Van Neste D., 2004) – максимална дължина на космите 0,5-2,5 cm.

В най-леката си форма заболяването засяга само тилната област на главата и шията, но при тежката форма може да се ангажира и целия скалп (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; Rakowska A. et al., 2008), веждите и миглите, лицевите косми, пубисното и аксиларно окосмяване, както и космите по крайниците.

Van Leeuwen (Van Leeuwen T.M., 1928) посочва, че първичната промяна при монилетрикса е патологична преждевременна кератинизация на клетките на вътрешната коренова обвивка (слоя на Huxley), която притиска новообразуваните меки кортикални клетки и така причинява деформацията.

Поляризационните светлинни микроскопски изследвания разкриват характерни еднообразни, регулярно разположени вретеновидни или елипсовидни подувания (възли) и стеснения (междувъзлия) – 0,7-1,0 cm, по протежение на косменото стъбло, като интервалите между възлите варират в различни косми от един и същ индивид (Снимка 23 и 24). Не всеки космен фоликул се засяга синхронизирано (Sperling L.C., 2003; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; Blume-Peytavi U. et al., 2008; Seta S. et al., 1988; Ogle, R. R et al., 1999).

Сканиращата електронна микроскопия показва, че всъщност възлите са с нормален диаметър на стъблото, а междувъзлията представляват атрофични части (Rakowska A. et al., 2008; Dawber R., 1997), като възлите и някои от междувъзлията имат нормален рисунък на кутикулата (Sperling L.C., 2003; Seta S. et al., 1988). По-широките възли показват малка тенденция към дегенерация, освен леко изтъняване на повърхностната кутикула, но повечето тесни междувъзлия често показват липса на кутикуларни клетки и необичайно надлъжно изпъкване. Това оребвяване е придобито и прогресира с отдалечаване на междувъзлията от скалпа (Dawber R.P.R., 1980; Dawber R., 1997). В някои случаи изпъкването е свързано

със загуба на нормалната подредба на кутикуларните клетки (Sperling L.C., 2003; Dawber R.P.R., 1980). Сегментите на косменото стъбло между възлите са лишени от медула, конусовидно стеснени.



Снимка 23. Монилетрикс
(Tosti A., Piraccini B.M., 2006)



Снимка 24. Монилетрикс
(Dawber R., 1997)

При трансмисионна електронна микроскопия напречните сечения на междувъзлията показват набръчкване на кутикулните клетки и намален брой кортикални клетки. Кортикалните клетки са с подобен размер и нормален кератинов модел както във възлите, така и в междувъзлията (Seta S. et al., 1988).

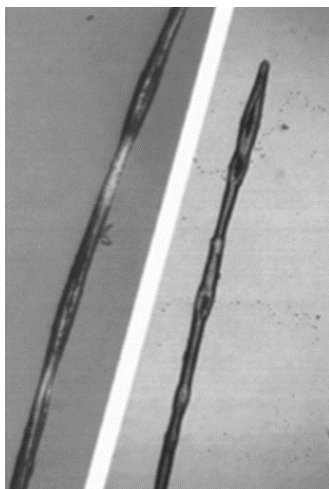
Pseudomonilethrix

За първи път е описан от Bentley-Phillips and Bayles (Bentley-Phillips B., Bayles M.A., 1973) през 1973 г. и клинично се проявява със засягане на целия скалп – генерализирана хипотрихоза или засягане само на тилната област (Blume-Peytavi U. et al., 2008).

Pseudomonilethrix е рядко диспластично разстройство на косъма с автозомно-доминантен тип унаследяване. Изразява се в дефект в развитието на космите, водещ до поява на неправилни възли по протежение на косъма, чупливост и спонтанно счупване на космите, предизвикващо различни степени на алоpecia, засягаща само скалпа.

Отличителната черта на псевдомонилетрикса може да се наблюдава чрез светлинна микроскопия, тъй като възлите с дължина 0,75 – 1 cm прекъсват косъма на нередовни интервали (Blume-Peytavi

U. et al., 2008) (Снимка 25). Части от стъблото са неправилни, с възли, докато други области са непроменени. Пространствата между възлите са с нормална дебелина на косъма (Blume-Peytavi U. et al., 2008). Могат да се наблюдават неравномерни завивания на косъма по дългата му ос от 25-200° (Dawber R., 1997), сплескване и изразена крехкост. Люспите на кутикулата са без промени по протежение на целия косъм.



Снимка 25. Псевдомонилетрикс – поляризирана светлина (ляво) и пропусната светлина (дясно) (Dawber R.P.R. et al., 2004)

При светлинномикроскопски преглед е лесно да се разграничи от Monilethrix, при който се наблюдават възли и междувъзлия на равни интервали, за разлика от неправилните такива при псевдомонилетрикса (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

Pili torti

Автозомно-доминантно предавано заболяване, при което косменото стъбло е сплескано и усукано (завъртяно по дългата му ос) на 180° на неравни интервали (Sterry W. et al., 2006; Sperling L.C., 2003) (Снимка 26). Обикновено се откриват четири или пет усуквания с ширина 0,4-0,9 mm в нередовни интервали по протежение на косъма. Може да бъде свързано с други ектодермални и неврологични аномалии (Dawber R, Van Neste D., 2004).



Снимка 26. Пили торти (Dawber R., 1997)

При това заболяване има неправилно удебеляване на външната коренова обвивка и се получава завъртане на намиращия се в нея косъм (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008). Обратите (завъртанияте участъци) могат да наподобяват мъниста, при светлинна микроскопия, и да бъдат объркани с монилетрикс. Диференциалната диагноза е подпомогната от следните микроскопски находки: 1. Пили торти – косменото стъбло влиза и излиза от фокус при проследяване на косъма по дължина; 2. Монилетрикс – широките възли и тесни междувъзлия остават на фокус в една и съща равнина.

Pili torti се свързва с крехка и чуплива коса, която остава с малка дължина поради счупване на косъма (Sterry W. et al., 2006). Косъмчетата обикновено се счупват в рамките на усукванията. Счупеният дистален връх често показва надлъжно разделяне (трихоптилоза). По-дълги косми могат да се видят в области, подложени на по-малко травми. Разпръснатите косми имат блестящ вид поради светлината, която се отразява от усукванията. Понякога космите са неподредени, наподобяващи синдром на несресващата се коса.

Усуканата коса е описана като основна характеристика на синдрома на Menkes от Menkes et al. (Menkes J.H. et al., 1962), при който се установява структурна промяна на косъма със случайно прегъване или полуусукване на косменото стъбло (Seta S. et al., 1988).

Чрез сканираща електронна микроскопия се установява, че усуканите косми се срещат в много различни форми и че усукването може да бъде свързано с редица други структурни дефекти, различни от сплескване, които да придружават и наистина да определят развитието на усукванията. Например описани са гребени и изпъкналости на стъблото (Dawber R., 1997). Много дистрофии и изкривявания на фоликуларната зона на кератинизация ще променят

хода на стъблото, понякога показвайки $<180^\circ$ неправилни обрати. Обрати под 180° не се считат за истински пили торти. Тези непълни обрати понякога могат да се появят при нормални косми (наблюдава се при африканските и пубисните/аксиларните косми на другите етноси).

Често се съобщава за засягане на зони, различни от скалпа, но това е непостоянна характеристика, най-често наблюдавана при по-тежките случаи. При тях космите на веждите и миглите може да са оскъдни и също усукани (Dawber R., 1997).

Trichorrhesis nodosa (Proximal trichorrhesis nodosa)

Трихорексис нодоза представлява състояние, при което по протежение на косъма се формират възли, създаващи условия за лесното му счупване. Описано е за първи път през 1852 година от Samuel Wilks. Може да бъде проксимална и дистална, като проксималната форма е вродена – възлите се развиват близо до основата на косъма, а дисталната е състояние придобито на по-късен етап от живота – в резултат на неблагоприятни метеорологични въздействия върху косъма или на различни козметични процедури – прекомерно четкане, прилагане на топлина, изправяне на косата, трайно къдрене и др. (Tosti A., Piraccini B.M., 2006; Sperling L.C., 2003). При нея допълнителните промени, отразяващи травма, включват надлъжни фисури и напречни фрактури (Dawber R., 1997). Тук ще бъде разгледана само вродената форма, а придобитата – в раздел 3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване.

Вродената форма се характеризира с необичайно чуплива коса след тривиално нараняване, която се дължи на генетичен дефект на косъма (Blume-Peytavi U. et al., 2008; Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012). Въпреки че основно се засягат космите на скалпа, трихорексис нодоза може да се намери при пубисните и космите по други части на тялото (Dawber R., Van Neste D. 2004). Характеризира се с наличие на един или няколко малки белезникави възли, разположени на различни разстояния един от друг по протежение на косъма, видими с невъоръжено око или светлинен микроскоп (Ogle, R. R. et al., 1999) (Снимка 27 и 28). Броят им варира и зависи от космената дължина. Обикновено тя е малка, поради накъсване в областта на възела.



Снимка 27.

Трихорексис нодоза (Sperling L.C., 2003)



Снимка 28.



Снимка 29.

(Blume-Peytavi U. et al., 2008)



Снимка 30. „Четкоподобен“ край
на косменото стъбло след
счупване през възела

(Tosti A., Piraccini B.M., 2006)

Ако фрактура се получи напречно през възела, край на косъма наподобява малка четка за боядисване (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; Sperling L.C., 2003) (Снимка 29 и 30). Това е известно като трихоклазия и клиничният корелат е разцепен край. Въпреки това при оценка на патологичното състояние трябва също да вземе предвид етническата принадлежност на индивида. Африканските косми издържат по-слабо на травма, а възлите са често срещани при по-голяма дължина на космите (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008). Енергичните опити за изправяне на къдрава коса могат да доведат до появата на възли по-рано и по-близо до корена. Когато е по-изразено, то се описва като придобита проксимална трихорексис нодоза. За разлика от африканските, европейските и азиатските косми са по-устойчиви и дори най-енергичната злоупотреба при третирането им има тенденция да създава дистална, а не проксимална придобита трихорексис нодоза.

Сканиращо електронномикроскопско наблюдение на възлите показва увреждане като загуба на кутикулни клетки и съответно огнища (фокуси) на разрушени кортикални влакна, които издуват през разкъсана кутикула (Seta S. et al., 1988; Blume-Peytavi U. et al., 2008). Тази микроскопия показва, че най-ранната промяна е фокална

загуба на кутикулни клетки, което в крайна сметка води до разделяне на кортикалните нишки и счупване на космените влакна в областта на възела (Seta S. et al., 1988). След това всеки възел придобива вид на две четки за боядисване, чиито четини са бутнати една в друга (Tobin D.J., 2005). Всяка „четина“ представлява вроговена кортикална клетка, която може да се отдели от съседни клетки, след като задържащата функция на кутикулата е нарушена.

Trichoptilosis

Терминът трихоптилоза, иначе известна като „разцепени краища“, е използван за първи път през 1872 г., за да опише надлъжно разцепване на косменото стъбло с начало от дисталния (върховия) му край (Снимка 31).



Снимка 31. Trichoptilosis (Blume-Peytavi U. et al., 2008)

При това състояние дисталният край на стъбло е разделен надлъжно на две или няколко части (Dawber R., 1997). Разделянето обикновено се простира на 1-3 cm по протежение на стъблото, но може да бъде и с по-голяма дължина. Може да се откриват и други микроскопски доказателства за увреждане на косата.

Трихоптилозата е най-честата макроскопска реакция на косменото стъбло към кумулативните ефекти на химическата и физическата травма (Friederich H.C., Frob G., 1949). Тя може да се наблюдава след енергично четкане на нормална коса и е един от компонентите на процеса на „космено изтощение“, особено забележим при дълга коса при „нормални“ индивиди и всеки вроден синдром на „чуплива коса“. Често е случайна находка при хора (предимно жени), които се оплакват, че косата им е суха и чуплива (Seta S. et al., 1988). Тя може да се види също така и при монилетрикс, трихотиодистрофия, синдром на Netherton и пили торти. Честа е при трихорексис нодоза, която се явява неин предшественик. След като

трихорексисният възел се счупи, проксималният елемент може да продължи да се разделя допълнително, което води до трихоптилоза.

Trichothiodystrophy

Трихотиодистрофията се отнася до хетерогенна група автозомно-рецесивни нарушения, дължащи се на намалено съдържание на сяра и цистин (димер на аминокиселината цистеин, функциониращ като антиоксидант) в косъма (Tosti A., Piraccini B.M., 2006; Blume-Peytavi U. et al., 2008). Светлинната микроскопия показва космено стъбло с неправилен, вълнообразен контур (Снимка 34) и напречни фрактури през стъблото (трихосхиза) (Rakowska A. et al., 2008). Космите са сплескани и могат да бъдат усукани в различни форми – като панделки или връзки за обувки (Dawber R., 1997; Sperling L.C., 2003). Те са чупливи, редки, сухи и къси. Веждите и миглите също могат да бъдат засегнати (Tosti A., Piraccini B.M., 2006).

Поляризационната светлинна микроскопия показва ярки и тъмни ленти (Tobin D.J., 2005) (Снимка 32 и Снимка 33). Засегнатият косъм често се оприличава на тигрова опашка, поради характерното редуващо се двойно и не-двойно лъчепречупване при поляризираща микроскопия, дължащо се на редуващите се тъмни и светли ивици по дължината на стъблото (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; . Sterry W. et al., 2006). Счупванията на стъблото винаги се появяват в зоните без двойно пречупване (Seta S. et al., 1988).

Сканиращата електронна микроскопия потвърждава, че космите са сплескани и понякога сгънати върху себе си (подобни на лента). Стъблото е неправилно с ръбове и канали, с дефекти в кутикулата и кортикалните клетки по цялата му дължина, но по-забележимо дистално в косъма, който рядко е дълъг (Dawber R., 1997).

Повърхността на кутикулата е неравна и в някои области структурата на люспите (върховете на клетките на кутикулата) не се определя лесно (Seta S. et al., 1988) (Снимка 35).

Промените в кортекса могат също да допринесат за крехкостта на косъма при трихотиодистрофия. ТЕМ демонстрира ненормално подреждане на микрофибрилите, а оцветяването с амонячен сребърен нитрат заедно с ТЕМ разкрива субпопулация на кортикални клетки с дефицит на цистин (Dawber R., 1997).



Снимка 32.

(Blume-Peytavi U. et al., 2008)

Характерен вид на косъма тип „тигрова опашка“ при поляризираща светлинна микроскопия



Снимка 33.

(Dawber R., 1997)



Снимка 34. *(Dawber R., 1997)*



Снимка 35. *(Dawber R.P.R. et al., 2004)*

Трихотиодистрофия: трихосхизисна фисура – светлинна микроскопия и СЕМ

Gummer et al. (Gummer C.L. et al., 1984, 1985) изследват фините ултраструктурни вариации на включване на цистин в косъма при трихотиодистрофия, използвайки чувствителен електронен хистохимичен метод. Те доказват общо намаляване на съдържанието на цистин (сяра) както в кутикулата, така и в кортекса.

Наличието на косми тип „тигрова опашка“ не е ексклузивна проява на трихотиодистрофията и такива могат да бъдат открити и при здрави индивиди. За да се изключат промените, дължащи се на въздействието на фактори на средата е важно да се изследва проксималната част на косменото стъбло. Аминокиселинният анализ може да потвърди диагнозата, разкривайки 50% намаление на съдържанието на цистин и сяра.

Trichoschisis

Терминът trichoschisis се използва за чиста, напречна фрактура на косменото стъбло през кутикула и кортекс, свързано с

локализирано намаляване или загуба на кутикулни клетки (Sperling L.C., 2003; Ogle, R. R. et al., 1999). Въпреки че от време на време трихосхизата се среща в нормални косми, тя се счита за характерна микроскопска находка при трихотриодистрофия, където косъмът с дефицит на сяра действа като маркер за различни невроектодермални синдроми. Въпреки че дефицитът на сяра може да е най-забележим в кутикулата, той вероятно засяга и кортекса и това може да обясни чистата фрактура на косменото стъбло при липса на аномални атмосферни влияния, наблюдавани при трихорексис нодоза (Dawber R., 1997).

Trichoclasia

Трихоклазата е термин за често срещаната фрактура тип „зелената пръчка“ на косменото стъбло. Появяват се напречни фрактури на стъблото, частично шинирани от непокътнатата кутикула (Dawber R, Van Neste D., 2004). Кутикулата, кортексът и съдържанието на сяра са нормални. Този симптом може да се наблюдава при различни вродени и придобити „крехки“ състояния на космите.

Pili bifurcati (Раздвоени косми)

Надлъжно разцепване на косменото стъбло, появяващо се на неравни интервали по неговата дължина, с образуване на два клона, които след това отново се сливат (Снимка 36). Всяко разклонение има собствена кутикула (Jain S., 2012). Раздвоените косми могат да се появят в съчетание с други космени аномалии като pili canaliculi и monilethrix (Tosti A., Piraccini B.M., 2006).



Снимка 36. Pili bifurcati (Tosti A., Piraccini B.M., 2006)

Pili annulati (пръстенова коса)

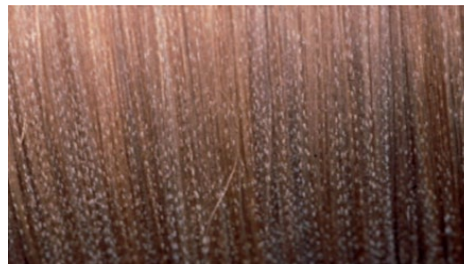
Заболяването не е свързано с чупливост на косъма и затова не предизвиква козметичен дефект, тъй като космите са в състояние да растат до нормална дължина (Tosti A., Piraccini B.M., 2006). Космите често са блестящи и това може да придаде привлекателен външен вид. Аномалията е по-отчетлива при руса или бяла коса. Въпреки че Pili annulati обикновено не причиняват чупливост, засегнатата коса е по-податлива на метеорологични въздействия, поради наличието на изпълнени с въздух кухини в кортекса (Tosti A., Piraccini B.M., 2006). Промените засягат най-често космите на скалпа, по-рядко – брадата, аксилите или пубиса.

Pili annulati е автозомно-доминантно унаследяващо се заболяване с лесно забележими дори с просто око редуващи се светли и тъмни ивици по дължината на косменото стъбло („пясъчен“ вид), на иначе нормални косми (Tobin D.J., 2005; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008) (Снимка 37). При светлинна микроскопия аномалните тъмни ленти, дължащи се на въздушни пространства в кортекса, се редуват с нормални светли ленти (Rakowska A. et al., 2008) (Снимка 38). В отразена светлина цветовете на нормалните и ненормалните ленти са обърнати. Скоростта на растеж е измерена и е установена като 0,16 mm/ден, което е по-малко от половината от средната нормална скорост. Засягат се 20-80% от космите.



Снимка 37.

(Tosti A., Piraccini B.M., 2006)



Снимка 38.

(Sinclair R.D. et al., 1999)

Pili annulati – микроскопски и макроскопски вид на косата

Светлинната микроскопия показва, че аномалните ленти често са по-широки от нормалните. Със сканиращия електронен микроскоп се вижда, че по-широките ленти имат отличителна повърхностна неравност, докато нормалните ленти показват правилен повърхностен релеф с вдлъбнати люспи (Seta S. et al, 1988).

Електронномикроскопските изследвания разкриват, че струпванията на напълнени с въздух кухини, които са широки между 0,1 и 2 mm, произволно разпределени в целия кортекс в анормалните ленти, лежат между макрофибрили в рамките на кортикалните клетки и в случай на по-големи кухини могат да заменят тези клетки. Такива кухини се установяват и между кортикалните клетки. Медуларните клетки не участват в процеса. Напълнените с въздух пространства могат да бъдат ограничени до централната част на стъблото или да ангажират пълната дебелина със свързано разрушаване на кутикулата (Sperling L.C., 2003).

Вълнеста коса

Вълнестата коса е състояние с повече или по-малко плътно навити косми, възникващо по целия скалп или част от него, при индивид, който няма африкански произход (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008) (Снимка 40). Космите са усукани, без изразена чупливост, но често с намалена пигментация и без групиране в кичури, неприлягащи гладко върху скалпа. Името на заболяването произлиза от приликата на косата с овча вълна. Състоянието може да бъде локализирано или генерализирано и вродено или придобито. Вродената дифузна форма обикновено се унаследява автозомно-доминантно, въпреки че е описано и рецесивно наследяване (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).



Снимка 39.

(Tosti A., Piraccini B.M., 2006)



Снимка 40.

(Dawber R., 1997)

Вълнеста коса

Косата при това заболяване става груба, неподредена, кичеста, суха. Прекомерно къдравата коса, макар и плътно навита, не прилича толкова на африканската, колкото по-скоро приближава пубисното окосмяване.

Възможно е да стане объркване на вълнестата с много къдрава коса, като разграничаването им изисква оценка на космените стъбла чрез светлинна или електронна микроскопия. При светлинна микроскопия на нормалната къдрава коса на скалпа се установява овално сечение, без усукване или други характеристики. При вълнестата коса се наблюдават яйцевидни напречни сечения, обща вълнообразност и полуизвивки – надлъжно усукване на стъблото на 180°, трихорексис нодоза и пили анулати (Dawber R., 1997) (Снимка 39). Сканиращата електронна микроскопия разкрива косми, които са плоски, изглеждащи като овални или неправилни на напречни сечения, с надлъжни и напречни канали. В дисталния край клетките на кутикулата или са повредени, или липсват, а кортексът и медулата са вакуолизирани (Rakowska A. et al., 2008).

Pili trianguli et canaliculi

Синдром на неподдаващата се на сресване коса или завъртяна/извита/стъклена коса.

Унаследяването е автозомно-доминантно или рецесивно (Sperling L.C., 2003; Dawber R., 1997), като мутации в три гена, кодиращи протеини, участващи във формирането на косменото стъбло, причиняват синдрома на несресващата се коса (Basmanav U. et al., 2016; Hicks J. et al., 2001). Предполага се, че объркване в дермалните папили променя формата на вътрешната коренова обвивка, която се втвърдява преди централно формиращия се косъм в триъгълно или бъбрековидно напречно сечение (Jain S., 2012). След това формата на косъма се втвърдява във форма, съответстваща на кореновата обвивка.

Косата обикновено е руса до светлокафява, суха, къса, с бавен до нормален темп на растеж, рядка, неподатлива на манипулации и устояваща на всякакви фризьорски усилия, като опит за контролиране чрез четка или гребен (Tosti A., Piraccini B.M., 2006). Цялостният ѝ вид напомня на синтетична коса на кукла, тъй като стои твърда и изправена, отдалечена от скалпа (Dawber R., 1997; McMichael A.J., Nordinsky M.K., 2008). Засяга само космите на скалпа, като в повечето

случаи е включен целият скалп, но при някои индивиди патологията може да бъде ограничена до определени области. Веждите и миглите са без патологични промени.

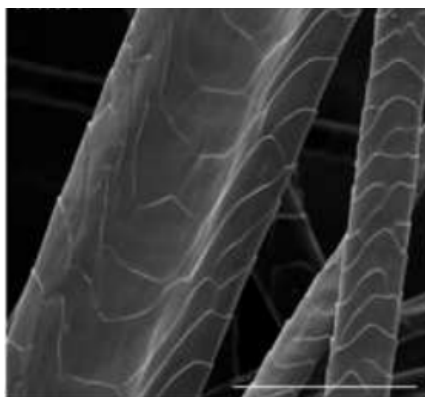
Светлинната микроскопия може да изглежда нормална или да показва извивки и хомогенно надлъжно засенчване на едната страна, както и съответно на жлеба (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008) (Снимка 41). Поне 50% от космените стъбла демонстрират тази аномалия. Космите са с изгладена повърхност, отразяваща светлината, като могат да са усукани или не (Tosti A., Piraccini B.M., 2006). При електронна микроскопия се виждат типичната триъгълна или бъбрековидна форма на напречното сечение и надлъжно набраздяване (надлъжен жлеб) или канал и сплескване (Sperling L.C., 2003; Dawber R., 1997) (Снимка 42, 43, 44).



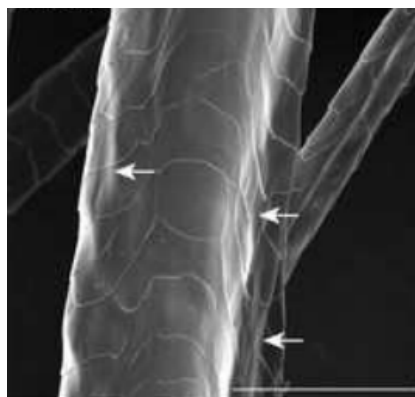
Снимка 41. Несресваща се коса:
светлинна микроскопия на скалпов
косъм (Dawber R., 1997)



Снимка 42. Несресваща се коса;
напречно сечение на скалпов косъм
(Dawber R., 1997)



Снимка 43.
Несресваща се коса – CEM (Basmanav U. et al., 2016)



Снимка 44.

Loose anagen syndrome

Синдромът на свободен или хлабав анаген (LAS) се характеризира с аномално закрепване на космите в анаген и съответно със способност за лесно и безболезнено скубане на голям брой анагенни косми от скалпа. Състоянието често е фамилно, с автозомно-доминантен начин на унаследяване с променлива експресивност, но има и случаи на спорадични прояви (Sterry W. et al., 2006). Засяга предимно деца, но се съобщава и за поява при възрастни. Често се среща при бялата популация, но не е рядко и при хора с тъмна кожа (Dhurat R.P., Deshpande D.J., 2010).

Установява се нарушение на клетъчната адхезия, с лошо свързване между вътрешната коренова обвивка и кутикулата на косъма, поради преждевременна кератинизация на вътрешната коренова обвивка (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008). Измерването на силата, необходима за оскубване на единични косми на скалпа, показва средна стойност от 14 гр., което е значително по-ниско от това на „нормалните“ косми (48 гр.) (Dhurat R.P., Deshpande D.J., 2010).

При дърпане на косъма той се отделя от вътрешната коренова обвивка, която остава прикрепена към останалата част от фоликула. Може да има дифузно изтъняване на косъма, което е с велус характер, неравномерна дължина на косата или фокални области на алопеция. Най-често се наблюдава при женски пол, като косата е без блясък, с грапава повърхност и не подредена. Състоянието обикновено е ограничено до косата на скалпа, но веждите и космите на тялото също могат да бъдат засегнати.

Светлинната микроскопия на космения булбус обикновено е достатъчна за диагностициране и разкрива анагенен корен без вътрешна коренова обвивка (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008). В близост до корена има повдигнати клетки на кутикулата и леки изкривявания на косменото стъбло с набраздяване или усукване (Снимка 45). Изследването на дисталните космени части може да покаже изменение, подобно на това при вълнестата коса. Понякога се наблюдават трихорексични възли и надлъжни канали.



Снимка 45. Синдром на хлабавия анаген – светлинна микроскопия
(Blume-Peytavi U. et al., 2008)

Електронната микроскопия демонстрира необичайно оформени косми, с надлъжни жлебове и леко усукване около оста им, наподобяващо синдром на несресващата се коса, пили торти или вълнестата коса. Дистално от булбуса кутикулните люспи се извиват назад, създавайки неравен (накъдрен) вид (Dawber R., 1997). Областите с необичаен вид на стъблото могат да бъдат прекъснати от такива с нормален вид, което поражда предположението, че страданието е циклично (Baden et al., 1992; Dawber R., 1997).

Линии на Pohl-Pinkus

Линиите на Pohl-Pinkus са сравнително чести стеснения в диаметъра на косменото стъбло, които в много случаи трудно се разпознават. Те могат да се появят след тежко заболяване, голяма операция или химиотерапия. Стесняването се дължи на това, че ранните анагенни косми са чувствителни към влияния, които могат да причинят временно нарушение на синтеза на протеини в космения булбус и обикновено се забелязват с просто око няколко месеца след събитието. При продължително нараняване или по-големи дози химиотерапия могат да се появят по-дълги стеснения. Светлинната и електронната микроскопия на космите показват преход в диаметъра на косъма, с поява и на надлъжни завивания и канали (McMichael A.J., Nordinsky M.K., 2008).

„Bubble“ hair

Големи, неравномерно разположени „мехурчета“, които увеличават и изтъняват кортекса на косъма при микроскопия. Фрактури на косъма се наблюдават в местата с големи мехурчета, в

резултат на травма (Jain S., 2012). Проблемът се причинява от травматични техники за грижа за косата, включващи топлина – неправилно функциониращи сешоари, преси за изправяне на косата и др. (Sperling L.C., 2003).

3.1.2. Придобити заболявания

Наличие и увреждане от насекоми, паякообразни, бактерии и гъбички, включително въшки и яйца от въшки

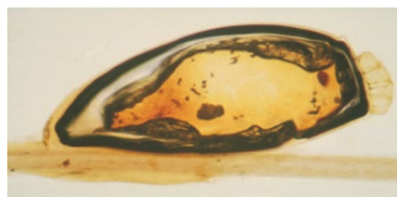
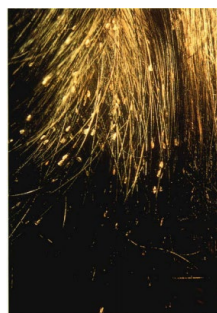
Наличието на яйца от въшки лесно се диагностицира по характерния външен вид на яйцето, прикрепено към косменото стъбло. Увреждането от насекоми или паякообразни обикновено може да се диагностицира по характерния модел на увреждането, докато гъбичните увреждания имат по-аморфен вид (Ogle, R. R. et al., 1999).

Pediculosis Humanis

В зависимост от засегнатата област от тялото, причинителят може да бъде: по скалпа – *Pediculosis humanis capitis* (главова въшка) и по тялото – *Pediculosis humanis corporis* (телесна въшка). *Pediculosis humanis capitis* се храни с кожата на скалпа и отлага яйцата си (гнидите) върху косата (Снимка 47). Понякога се среща и по тялото, докато *Pediculosis humanis corporis* не се открива по скалпа.

Женската въшка е дълга 3-4 mm, а мъжката е с по-малки размери (Robbins C.R., 2012). По време на 40-дневния си живот женската снася приблизително 300 яйца, със скорост 8 яйца на ден. Яйцата са овални, бели капсули с обвивка (оперкулум) и са здраво закрепени от страни на косменото стъбло, в непосредствена близост до скалпа. Въшките и техните яйца са най-многобройни в тилната и задушната част на скалпа (Blume-Peytavi U. et al., 2008).

Гнидите могат да се видят с невъоръжено око и много лесно се установяват със светлината на Ууд или с ръчен епилуминесцентен микроскоп (дерматоскоп) (Снимка 46, Снимка 48). Педикулозата е рядка при индивидите с африкански етнически произход, тъй като изглежда, че въшките не се захващат по плътно къдравата коса.



Снимка 46. (Tosti A.,
Piraccini B.M., 2006)

Снимка 47
(Dawber R., 1997)

Снимка 48.
(Blume-Peytavi U. et al., 2008)

Гниди захванати директно за косменото стъбло

Phthirus pubis

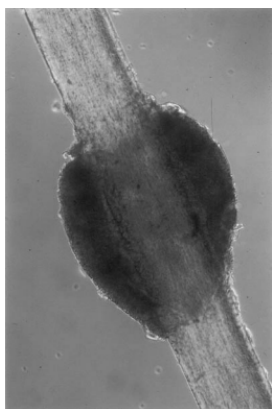
Въпреки наименованието ѝ, нейната дейност не е ограничена само в половата област. Когато заразяването е тежко, въшките могат да бродят по всички окосмени области на тялото, включително аксилите, веждите, миглите и скалпа (Dawber R., 1997).

Piedra/ Trichomycosis nodularis

Black Piedra или „черен камък“ е заболяване, причинено от гъбичката *Piedraia hortai*, която може да засегне космите на скалпа, а понякога и брадата или мустаците (Robbins C.R., 2012). Ендемично е за тропическите региони, но макар и изключително рядко, се среща в Европа и Северна Америка.

Piedraia hortai обхваща косменото стъбло, образувайки твърди, кафяви до черни нодуларни конкременти, здраво захванати за кортекса и трудно отделящи се от него. При светлинна микроскопия се виждат разклонени хифи вътре в нодулите, съдържащи аски и аскоспори (Sinclair R.D. et al., 1999).

Нодулите могат да достигнат 1,5 mm дължина. Те са слабо забележими, като е възможно откриването им по цялата дължина на косъма, видими с помощта на светлинен микроскоп или дори с невъоръжено око (Снимка 49 и Снимка 50). Космите между възелчетата са запазени, с нормален вид. Понякога тези проникващи възли е възможно да отслабят косъма, дори да доведат до космени фрактури. Гъбата е ограничена до космената кутикула, където пролиферира, но не прониква в космения кортекс и няма загуба или счупване на косменото стъбло.



Снимка 49.
(Sinclair R.D. et al., 1999)



Снимка 50.
(Blume-Peytavi U. et al., 2008)

Светлинна микроскопия на гъбичния сак на Черна пиедра по косменото стъбло

White Piedra: Бялата пиедра е рядка микотична инфекция на косата, причинена от дрождиподобна гъба *Trichosporum cutaneum* (известна преди като *T. beigeli*) (Dawber R., 1997). Обикновено се среща в тропически и умерен климат. Трихоспориумът може да бъде открит в изобилие в околната среда, както и в човешки и от бозайници храчки, изпражнения и кожа, при липса на клинично заболяване.

Trichosporum cutaneum инвазира в кортекса на косменото стъбло, като го уврежда, така че лесно се появяват счупване, цепене и трихорексис нодоза. Меките белезникави възли се състоят от хифи, които се фрагментират в аскоспори.

Първоначално описана като засягаща космите на скалпа, брадата и мустаците, бялата пиедра е открита и върху миглите, веждите, аксиларните и пубисните косми. Понастоящем се смята, че инфекцията на пубисните косми е най-честата проява, въпреки че може да възникне едновременно инфекция на множество места (Dawber R., 1997).

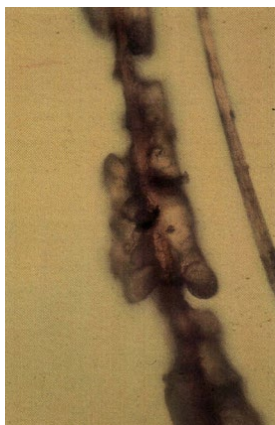
Инфекцията може да бъде или асимптоматична, или дразнеща, като се проявява чрез белезникави, меки, гъбести, нодуларни конкременти, които се придържат към космените снопчета като отделни възли или слети обвивки. Вретенообразните структури могат да се остъргват – за разлика от твърдите, тъмни яйцевидни тела на черната пиедра.

Клинично бялата пиедра може да бъде трудно различима от трихомикозис аксиларис или пубис, но светлинната микроскопия потвърждава диагнозата – възли от плътно опаковани септирани хифи (Dawber R., 1997).

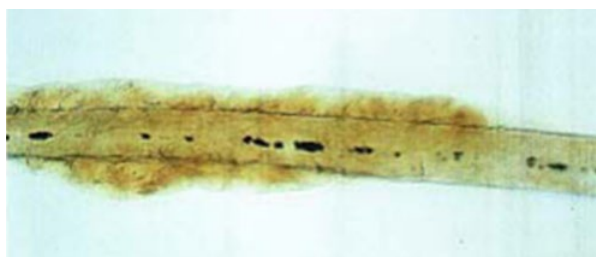
Trichomycosis axillaris et pubis

Възлите при трихомикозис аксиларис, състоящи се от бактериална маса, се развиват в аксиларните, а понякога и в пубисните косми (Dawber R., 1997). През годините различни изследователи изолират различни бактерии и ги приемат за отговорни за това заболяване. Paxton описва разстройството през 1869 г., приписва инфекцията на гъбички и дава наименованието на болестта. По-късно изследователите са видели коки и бацили в хистологичните срезове от трихомикозни косми, а след това и коринебактерии. Предполага се, че различните видове пораждат различни цветове на конкрементите по космите, като има три разновидности на цветовете – жълто, черно и червено, но черното и червеното са необичайни извън тропиците.

Състоянието е често срещано при много популации, като се приема, че аксиларното изпотяване и ниските хигиенни стандарти благоприятстват инфекцията.



Снимка 51.
(Dawber R., 1997)



Снимка 52.
(Sinclair R.D. et al., 1999)

Трихомикозис аксиларис – бактериални колонии (жълти наслагвания) по косменото стъбло

Заболяването се характеризира с появата на здраво закрепени по протежение на стъблото полупрозрачни конкременти. Микроскопското изследване на конкрементите показва изобилие от бациларни форми, вградени в прозрачен матрикс (Снимка 51 и Снимка. 52). При сканираща електронна микроскопия се установява, че много засегнати косми са частично или напълно покрити с неправилни по форма структури, представляващи възли и луковични конкременти, състоящи се от големи колонии от бактерии. При голямо увеличение се виждат множество микроорганизми с еднаква пръчковидна форма върху и между кутикулните клетки. Плътните външни зони на кутикулата остават неувредени, въпреки че понякога са леко ерозирани от бактерии. Бактериите обикновено се разполагат между люспите на кутикулата на косъма и като правило не се наблюдават в кортекса или медулата, въпреки че рядко могат да бъдат открити и в кортекса (Seta S. et al., 1988). Понякога могат да се видят колонии от бактерии, които нахлуват и унищожават кутикуларния и кортикален кератин (Dawber R., 1997).

Hair casts или псевдонити: Това са дълги от 2 до 7 mm, твърди, лъскави, бели или жълтобели, свободно подвижни тръбовидни натрупвания, които обграждат стъблото на космите на скалпа. Косменото стъбло е с нормални размери и форма. Не се открива кутикулна аномалия (Seta S. et al., 1988).

Тези натрупвания често се срещат в голям брой, могат лесно да се плъзгат по дължината на косъма и тази характеристика е от първостепенно значение при диагностицирането, като помага за разграничаването му от педикулоза. Псевдонитите могат да се разграничат от гнидите по липсата на сърбеж и тяхната подвижност по косъма — гнидите не се плъзгат. При дермоскопско изследване се установява тубулна форма на псевдонити, която помага за диференцирането им от гнидите, които са овални (Ruiz-Villaverde R., Galán-Gutierrez M., 2013).

Псевдонитите се класифицират като първични, когато не са свързани със състоянието на скалпа и като вторични, когато са свързани със специфично състояние на скалпа, като напр. себореен дерматит и псориазис. Диференциалната диагноза включва пърхот, бяла пиедра, трихорексис нодоза, монилетрикс, трихомикоза и трихонодоза.

Псевдонитите се състоят от кератинизирани клетки от двете епителни обвивки на корена на косъма – вътрешна и външна. Чрез трансмисионен електронен микроскоп се установява, че отливките на косъма се състоят от сплескан моноклетъчен слой от кератинизирани кутикулни клетки на вътрешната коренова обвивка, слой с дебелина от две до четири кубоидни кератинизирани клетки от слоевете на Henle и Huxley и слой от леко сплескани и плътно вплетени клетки на кератинизирана външна коренова обвивка (Seta S. et al., 1988).

Scott и Roenigk (Scott N.J., Roenigk H.H., 1983) класифицират натрупванията в два основни типа и седем подтипа, както следва: 1. перипиларни кератинови отливки (отливки от вътрешната обвивка на корена, отливки от външната обвивка на корена, сложни отливки на кореновата обвивка, парафоликуларни и повърхностни епидермални отливки); 2. перипиларни некератинови отливки (микотични космени отливки, бактериални космени отливки и артефактни космени отливки).

Аномалии в оцветяването на косменото стъбло

Посивяване на косата

Посивяването на косата настъпва вследствие от редуциране активността на меланоцитите в космения булбус, заедно с дефектен трансфер на меланин от меланоцитите към кератиноцитите. В бялата коса меланогенните меланоцити напълно липсват.

Космите без пигмент се възприемат като бели поради отражение и пречупване на придадената светлина (Sinclair R.D. et al., 1999). Сивата коса се получава при смесване на пигментирани и бели косми, както и при постепенната загуба (разреждане) на пигмент по дължината на индивидуалното космено стъбло, т.е. пълната гама от цветове от нормално до бяло може да се види както по отделните косми, така и в косата като цяло (Dawber R, Van Neste D., 2004).

Посивяването на косата сигнификантно корелира с възрастовото стареене и се счита за една от най-очевидните прояви на процеса на стареене. При различните индивиди настъпва по различно време, но най-общо началото на посивяването на косата е при (Tosti A., Piraccini B.M., 2006):

- индивиди с европейска етническа принадлежност – средата на 30-те години

- индивиди с азиатска етническа принадлежност – края на 30-те години

- индивиди с африканска етническа принадлежност – средата на 40-те години

Тук се разглежда възрастта на началото на пълното посивяване, а не възрастта на появата на няколко сиви косъма, което настъпва по-рано от тези конкретни възрасти (Robbins C.R., 2012).

Dawber и Van Nestle (Dawber R, Van Neste D., 2004) са посочили възраст за начало на поява на изцяло бели косми, която при индивидите с европейски произход е $34,2 \pm 9,6$ години, като до 50-годишна възраст 50% от населението има поне 50% сиви косми. Според тях побеляването на космите при хората с африкански произход започва на $43,9 \pm 10,3$ години, а при азиатците между 30-34 години при мъжете и 35-39 години при жените.

При скалповите косми обикновено сивеенето първо се появява в слепоочията и се разпространява до темето, а след това и по останалата част от скалпа, засягайки последно тила (Blume-Peytavi U. et al., 2008). Обикновено зоните на брадата и мустаците посивяват преди космите на скалпа и тялото (Dawber R, Van Neste D., 2004).

Keogh и Walsh са разгледали началото на посивяването при трите типа цвят на косата (светъл, среден и тъмен). Направените от тях изводи са, че откриването на сиви косми при тъмнокосите индивиди започва на около 21-22-годишна възраст, при лицата със средна окраска косата започва да посивява на около 25-годишна възраст, а при светлокосите лица откриване на посивяването започва на около 26-годишна възраст. Ако промяната на цвета започне в по-ранна възраст от посочено, се говори за „преждевременно посивяване“. Такова се определя при начало на посивяването преди 20-годишна възраст при европейската принадлежност, преди 30-годишна при хора с африкански произход и преди 25-годишна възраст при азиатците (Robbins C.R., 2012).

Причините за такова преждевременно посивяване може да са различни:

- Албинизъм – група автозомно-рецесивни заболявания, характеризирани се с вродено намаление или липса на меланин в кожата, косата и очите, при наличие на нормални като количество, структура и разпределение меланоцити. Цветът на косата и кожата може да бъде засегнат в различни степени, вариращи от пълно бяла

коса до червена, кестенява или кафява, в зависимост от генетичния дефект (Blume-Peytavi U. et al., 2008).

- Изсветляване на косата при фенилкетонурия и болест на Menkes – индивидите имат цвят на косата значително по-светъл от този на незасегнатите роднини.

- Медикаменти, дефицит на мастни киселини, изтощаване/излагане на слънце, солна киселина във водата на плувните басейни и др.

Променен (ненормален) цвят на косата: при тежко увредена коса, в която са проникнали екзогенни субстанции. Най-честата причина за това са металите. Напр. зелената коса е необичайно състояние, дължащо се на отлагане в нея на мед от екзогенен източник. Състоянието се наблюдава при индивиди с естествена платиненоруса коса или при такива с бяла или сива коса.

Подобни промени в цвета на космите могат да се наблюдават и при други условия като: действие на химически и фармакологични агенти, хранителни дефицити, метаболитни нарушения и др. (Dawber R, Van Neste D., 2004) (По-подробно разгледано в раздел 3. Морфология на косъма).

3.2. Травматични увреждания

Както вече бе посочено, космите са едно от основните веществени доказателства, които се откриват и изземват от местопрестъплението. Те могат да бъдат намерени по дрехите и тялото на пострадалия или заподозрения като извършител на противоправното деяние, по оръжието/предмета на престъплението, по пода, стените, тавана на помещението или по различни предмети в него. Много често по космите, иззети при посочените условия, се откриват травматични увреждания, които дават ценна информация за същността на разследваното престъпление. В зависимост от условията му и действалите фактори по космите могат да се открият различни увреждания – механични, термични или химични.

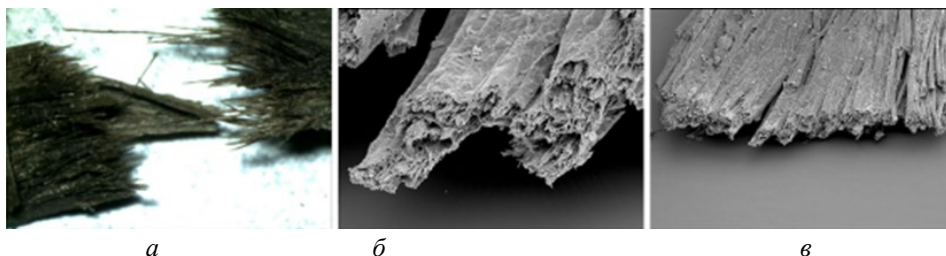
3.2.1. Механични увреждания

Космите, подобно на всички останали телесни елементи, биха могли да се увредят от различни предмети – твърди тъпи, остри или огнестрелни. Механично увреждане на космите и влакната най-често се получава при механично въздействие с разкъсване от теглене, разделяне на части при натиск и движение на остри предмети (лезвие на бръснарско ножче, нож, ножица и др.), действие на твърди тъпи предмети – чук, камък и др., раздробяване и пр. (Кисин М.В. и съавт., 1983).

Често на местопрестъплението – по пода, стените, мебелите, както и по дрехите и тялото на жертвата, могат да се открият косми от главата или други части на тялото, които да са с някакви травматични промени по тях. В зависимост от вида и особеностите на тези промени е възможно да се определи видът на използваното оръжие, неговият начин на приложение, местоположението на жертвата по време на произшествието и др.

3.2.1.1. Увреждания от твърди тъпи предмети

Космите могат да попаднат под действието на твърди тъпи предмети при различни престъпления и при различни обстоятелства. Въпреки голямото разнообразие от такива предмети, в механогенезата на всички причинени от тях увреждания на космите участват един или повече от четирите основни механизма – удар, притискане, разтягане и триене (Снимка 55). Често е трудно да се отличат тези увреждания от другите увреди на косменото стъбло (Снимка 53) и такова изследване, за по-голяма достоверност, е добре да се направи на проба от няколко косъма, а не на единични такива.



Снимка 53. Ръчно счупване на човешки косми, наблюдавано със стереомикроскоп – увеличение $\times 6$ (а) и със СЕМ (б и в) (Mazzarelli D. et al., 2015)

Увреждания от удар и натиск: При проведени от нас експерименти с действие на тъпи предмети върху космите, ако последните се намират върху твърда подложка, напр. кости, установихме смачкване на косъма. В мястото на действие на твърдия предмет върху косъма се появи напукване, нацепване или нарушаване целостта на влакното. Там, където бе приложена механичната сила, косъмът се изви (огъна). Откри се и дълбоко разцепване на косъма на две части, като разцепването е с форма на конус, основата на който е обърната към повърхността на отделяне. При по-силно въздействие, в мястото на приложение на силата се установи разрушаване и отделяне на косъма, като крайт му в мястото на отделяне е задебелен и разцепен. От края на косъма се проследиха надлъжни пукнатини с различна дължина по хода на стъблото му.

При изследване на рани от ТТП в окосмена област на тялото се установи, че не всички косми по ръбовете на раната са напълно прекъснати. Някои от тях образуват нещо като мостчета, съединяващи противоположните ръбове на раната. Именно такава космено мостче може да е диференциращият признак за раните от твърди тъпи предмети и тези от остри, при сходни други характеристики.

Сайковская (Сайковская А.В., 1966) изследва космите по края на рани в окосмената част на главата, бедрата и подбедриците. Тя отбелязва, че по ръбовете на увреждането от тъп ръбест предмет космите са пресечени само в началната част на раната. При рани, нанесени с режещи предмети, космите са пресечени в началната и средната част на раната и само в крайната част някои косми са останали неповредени и надвиснали над празнината на раната, във вид на „мостчета“. Тези особености помагат не само за диференциране на действалото тъпоръбесто оръдие или лезвия на остро оръжие, но и позволяват да се реши въпросът за посоката на движение на оръдието, т.е. да се установи начало и край на порезната рана.

При изследване на космените луковици, попаднали в лумена на раната, се установява, че те често имат формата на кука – те са огънати, деформирани, като може също да са повредени и кореновите им обвивки (Барсемянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

В резултатите от свое изследване Абдулина и Малцев представят наблюденията си върху космени лезии, причинени от

различни твърди тъпи предмети (Abdulina E.V., Maltsev A.E., 2007). Според тях тези лезии имат различни характеристики в зависимост от вида на действалия предмет и скоростта на получаване на травмата. При удар върху космите с дървен предмет с по-изразени ъгли, нанесен с по-голяма скорост, косменото увреждане е по-тежко. При удар с ниска скорост (1-5 м/сек) се причинява сплескване на косъма и надлъжни пукнатини по повърхността. Когато ударната скорост е по-висока от 5 м/сек, предметите с изразени ъгли причиняват раздробяване на косъма, а крайната му част е сплескана и напукана. При удар с железен предмет увреждането на космите е незначително при ниска скорост (1 м/сек), като първите фрактури се появяват при 2 м/сек. При по-висока скорост косменото влакно е фрагментирано, с добре оформени надлъжни фрактури (Abdulina E.V., Maltsev A.E., 2007).

Редица изследователи на космите описват и специфични увреждания, възникващи при железопътни травми. Барсегянц и Верещака (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982) посочват, че увреждането на космите при транспортно нараняване е подобно на това от действието на тъпи предмети, но увреждането на космите при железопътен транспорт е малко по-различно. Наблюдава се смачкване на космите, промени в стъблото – разширение, напукване, нацепване и разрушение. Най-характерни признаци на такова увреждане се явяват образуването на извивки (огъвания) на косъма. В мястото на увреждане косъмът има вълнообразна (дъговидна) форма. Понякога се забелязва четкообразно задебеляване на косъма с пукнатини в кортикалното вещество, обширно зацапване с почва или метални отлагания по стъблото и краищата на косъма, и др. (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982) (Снимка 56 и Снимка 57).

При проучване на космите на пострадали при железопътно транспортно произшествие ние установихме наличие на значителни по тежест промени по тях. При най-изразено травматично въздействие наблюдавахме смачкване на космите до пълно разрушаване. При по-слабо въздействие върху тях се наблюдаваше огъване на космите в мястото на контакт, странично разширение, напукване и нацепване.

Lochte и Brauckhoff (Lochte T., Brauckhoff H., 1948-1949) отбелязват като резултати от проведени от тях изследвания, че разрушените косми при поставянето им във вода имат способност да

се съкращават и по този начин също се доказва травматично въздействие върху тях.

Разтягане: При изследване на косми, прекъснати с бързо движение, при странично оглеждане на същите установихме, че те имат съвършено равен край. При оглеждане на повърхността им на отделяне обаче, по нея забелязахме вдлъбнатини и изпъкналости с различни размери.

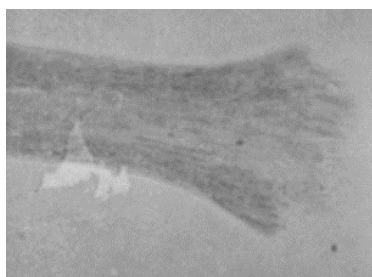
Ако косъмът е отделен с по-бавно движение, се получава стъпаловидна фрактура – краят на косъма има стъпаловиден вид, с едно или няколко стъпала (Снимка 54).



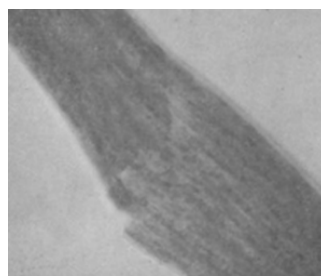
Снимка 54. Счупен косъм
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



Снимка 55. Протрит косъм
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



Снимка 56.
Увреждане на косъма при удар с ТТП (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982)



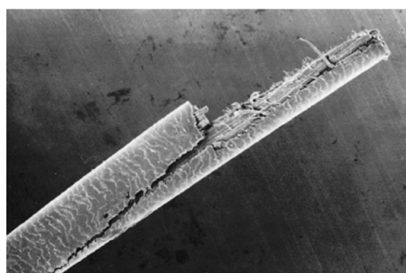
Снимка 57.

В някои случаи косъмът, подложен на въздействие на ТТП, може да е напълно прекъснат. Повредените краища на такъв косъм се увеличават напречно поради единични или множество надлъжни и напречни пукнатини в кортикалното вещество, отделяне на кутикулата от кортекса и разцепване на кутикулата на ивици. Повърхността на косъма може да бъде с изразена неравност, по-грубо неравна, стъпаловидна или терасовидна (Барсегянц Л.О., Верещака

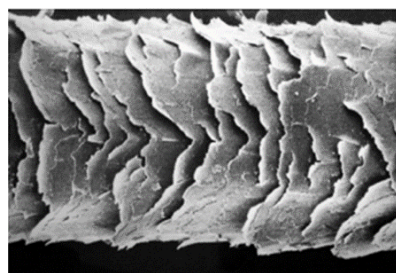
М.Ф., 1982). Именно човешките косми, може би защото търпят по-голямо разнообразие от химическа и механична обработка, показват по-голямо разнообразие от фрактурни особености от животинските косми (вълна). Най-простата форма на разкъсване се наблюдава при сух косъм, като то може да е в една равнина, перпендикулярно спрямо дългата ос на влакното, с неравна гранулирана повърхност. В някои случаи тази проста форма може да се усложнява от оформени стъпала, аксиални разцепвания, отделно счупване на кутикулата и кортекса (Robbins C.R., 2012).

Henderson et al. (Henderson G.H. et al., 1978, както и Kamath и Weigmann (Kamath Y.K., Weigmann H.D., 1982) публикуват наблюденията си за раздробяването на човешките косми чрез разтягане при опън. Техните научни проучвания показват, че счупването или раздробяването на косъма при разтягане се развива по различен начин в кутикулата спрямо кортекса и раздробяването на косъма става по различни модели. Тези модели на счупване зависят от вида на космите, относителната им влажност и от това дали влакната са усукани или нямат несъвършенства. Когато космите не са химически или физически повредени и са с под 30% или над 90% относителна влажност, те са склонни да се счупят най-често по схемата на гладка фрактура. Началото на фрактурата е на връзката кутикула-кортекс, като след това счупването се разпространява от тази точка през влакното на два етапа, видимо при наблюдение на счупената повърхност на влакното. Друг вид образуване на пукнатина е когато произходът на фрактурата е в кортекса, по-близо до центъра, и фрактурата се разпространява във всички посоки от тази точка на възникване. При това се наблюдава сравнително гладка повърхност – едноетапна фрактура (Robbins C.R., 2012). Прилагането на напрежения на опън води до различни модели на счупване и в зависимост от молекулярната кохезия във влакното. Гладките радиални счупвания се появяват най-често, когато влакното е мокро и подутите кортикални клетки се притискат към кутикуларната обвивка. Иницирирането на счупване се случва почти изключително в точка между кутикулата и кортекса – вероятно в място на съществуващ недостатък. Само при много сухи условия се наблюдава образуване на пукнатини в центъра на кортекса. От началото си пукнатината се разпространява радиално, докато достигне критичен размер и необратима повреда с разпадане на влакното. Когато косата

е с между 30% и 90% относителна влажност и бавно се удължава, за да се счупи, стъпаловидната фрактура е основният модел на счупване (Снимка 58). При някои влакна аксиалното разцепване се простира доста извън образуваното стъпало, а в други спира на стъпалото и се придвижва перпендикулярно на оста на влакното. Дългите едноетапни фрактури като тези обикновено произхождат близо до повърхността. Когато счупването достигне слабост по оста, напр. клетъчно-мембрания комплекс (отслабен от реакциите на свободните радикали) или медулата, след това се движи по оста, докато достигне друга слабост, перпендикулярна на оста, за да се откъсне от оста на влакното. Много третириания, които увреждат клетъчно-мембрания комплекс (слънчева светлина, избелвания и някои топлинни обработки), обикновено увеличават податливостта на косата към многоетапни фрактури, а не към еднократна фрактура.



Снимка 58. Стъпаловидна фрактура
(Robbins C.R., 2012)



Снимка 59. Повдигане на люспите на кутикулата при разтягане на косъма
(Dawber R., 1997)

Дължината на стъпалото може да бъде от много малка до значителна, да бъде под тъгъл спрямо оста на влакното и да завърши с гладък, назъбен или фибрилиран край. Въпреки че разделянето на влакното на отделни нишки и цепенето не са основните модели на счупване, те се проявяват в известна степен при по-големи повреди или по-усукани косми и когато относителната влажност е по-ниска (Robbins C.R., 2012).

Разцепване на космите: Образуването на разцепени косми е пряко или косвено проучено от редица учени. Тъй като са идентифицирани много различни видове разцепени косми, има вероятност повече от един механизъм да бъде включен при отчитане на различните видове разцепления. В повечето източници се предполага, че раздвоените косми могат да се образуват от огъване

(Swift J.A., 1997) и от действия на разтягане (Kamath Y.K., Weigmann H.D., 1982), като Swift предполага, че действията на огъване са по-важни от разтягането. От проведените изследвания може да се направи извод, че разцепените косми се образуват по-лесно от абразия в комбинация с натоварване при удар, включващо огъване и/или торзионни деформации. Swift (Swift J.A., 1997) предоставя следния механизъм за образуване на раздвоени косми: когато гребенът се приближава до върховете краища на космите, те стават все по-огънати един върху друг и върху зъбите на гребена (възниква крайно увиване). Според Swift, тъй като повечето косми са елиптични, те ще се огъват около равнината на главния елиптичен диаметър. При огъване сръзващите напрежения ще бъдат параболични и разпределени по малкия аксиален диаметър с максимум в равнината, съдържаща основния аксиален диаметър. След това се появява счупване на влакното, което има тенденция да се разпространява към върховия край чрез продължителното огъване и изправяне на космите.

Robbins и Crawford (Robbins C.R., Crawford R., 1991) публикуват първите експериментални доказателства, че кортексът, а не кутикулата е отговорна за устойчивостта на опън на човешките косми. По-късно Persaud и Kamath (Persaud D., Kamath Y.K., 2004) предоставят допълнителни доказателства, че устойчивостта на опън е свойство на кортекса.

При циклично разтягане и отпускане на косъма, наблюдавано при ежедневни грижи за косата, тези действия водят до деформация и раздробяване на люспите на кутикулата (Снимка 59). Gamez-Garcia (Gamez-Garcia M., 1998) установява, че пукнатините на кутикулата в некератиновите участъци могат да бъдат предизвикани само с 10% удължаване при ниска влажност, създавайки напукани и повдигнати люспи. Той също така доказва, че степента на образуване на пукнатини зависи от броя цикли на въздействие върху косъма.

Процесът на загуба или фрагментация на люспите на кутикулата е в резултат на химическа или физическа атака върху клетъчно-мембрания комплекс и ендокуютикулата, отслабвайки тези жизненоважни области и създавайки изразено подуване и дори пукнатини, които ускоряват процесите на фрагментация и в някои случаи водят до катастрофална повреда (Robbins C.R., 2012) (По-подробно разгледано в раздел 3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване).

При изследване на предоставените като веществени доказателства косми задължително се оглеждат както стъблото и върховият край за наличие на някакви травматични промени по тях, така и кореновият край, за да се прецени дали тези косми са отскубнати или са отпаднали спонтанно (Снимка 60). Отпадналите косми винаги имат вроговен, гладък, сух булбус, лишен от коренови обвивки (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).



Снимка 60. а) Телогенен космен корен, б) Анагенен космен корен, в) Катагенен космен корен (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



Снимка 61. Най-вляво е характерният за телогенния косъм вид на кореновия булбус – тип „бухалка“ или „барабанна палка“.

В средата е представен коренът на катагенния косъм – прав заострен булбус, заобиколен от отпуснат атрофичен епителиален сак.

Вдясно е гъсто пигментираният и изкривен (като „стик за голф“ или „хокеен стик“ булбус, заобиколен с подобна на яка коренова обвивка, типична за анагенния косъм. (Dawber., R, 1997)

При издърпване на жизнеспособен косъм често част от булбуса, а понякога и целият, остава в космения фоликул. Най-често булбусът и прилежащата му част от стъблото, при отскубнат косъм, са покрити с вътрешна коренова обвивка (кутикула на вътрешната обвивка, слоеве на Henle и на Nuxley, понякога остатъци от външната обвивка). По-рядко отскубнатият косъм е без коренова обвивка. В тези случаи при микроскопско изследване се открива, че кутикулата, покриваща кортикалното вещество, наподобява на „свечен чорап“ (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982) (Снимка 61).

Остарелите косми лесно се отстраняват от кожата при сресване или с малко усилие. Те се отскубват заедно с вроговената вътрешна

коренова обвивка, в която е заплетен атрофиралият, бухалковиден, празен булбус (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982). (Повече подробности за особеностите на кореновия край на косъма, отскубнат през различните етапи на космения цикъл, са дадени в раздел – 2.2. Космен цикъл.)

3.2.1.2. Увреждания от остри предмети

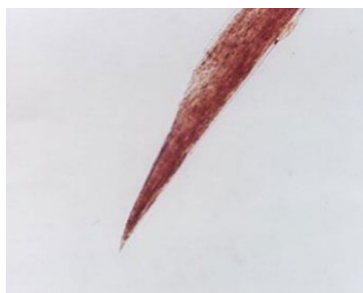
При въздействие на острите предмети върху космите, те ги срязват или прерязват. За разлика от увреждането от действие на твърд тъп предмет, краищата на прерязаните косми на мястото на действие на острия предмет са гладки или с фина, средна, груба повърхност, с остри ръбове. Характерът на повърхността на отделянето зависи както от остротата на действащият предмет, така и от дебелината на снопа косми, върху който се въздейства. Колкото по-остър е предметът, толкова по-равен изглежда краят на косъма и обратно. Понякога обаче, дори при действие на много остро заточено бръснарско ножче, лезвието не е свършено равно и краят на срезания косъм не е толкова равен, както при пречупване (счупване) на косъма с бързо движение (Туманов. А.К., 1975).

При проведени опити установихме, че при срязване/прерязване на единични косми с бръснач повърхността в мястото на отделяне е плоска, равна, гладка (Снимка 63), а при срязване на сноп – има както косми с равна повърхност, така и такива с фина неравност на повърхността или дори с увредени краища и увеличен в напречно направление диаметър в края. Това се случва, защото при срязване на по-голям кичур космите се подлагат на по-голяма компресия от единичния косъм или тънките кичури. Колкото по-малка е остротата на въздействалия предмет, толкова по-груби промени ще се наблюдават в областта на отделянето (Mazzarelli D. et al., 2015).

При прерязване на космите с неназъбен нож (Снимка 65) и наблюдение на космен сноп със стереомикроскоп се установява грубо неравна повърхност с отделни косми в различни равнини, тъй като при преминаване на ножа през снопа той вероятно причинява изместване на единични косми в различни равнини. При електронна микроскопия на единичен косъм се установява напречно сечение с кръгла форма и наличие на правилни успоредни стрии по срезната повърхност (Mazzarelli D. et al., 2015).



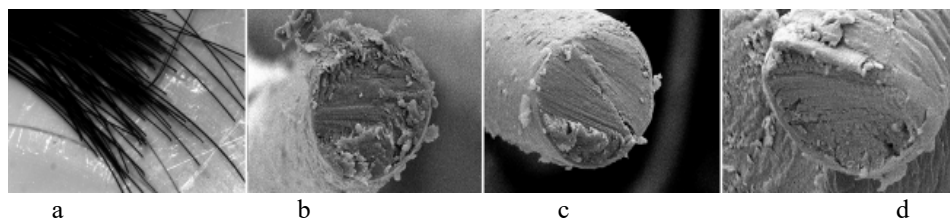
Снимка 62. Срязан с ножица косъм
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



Снимка 63. Срязан с бръснарско ножче косъм
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



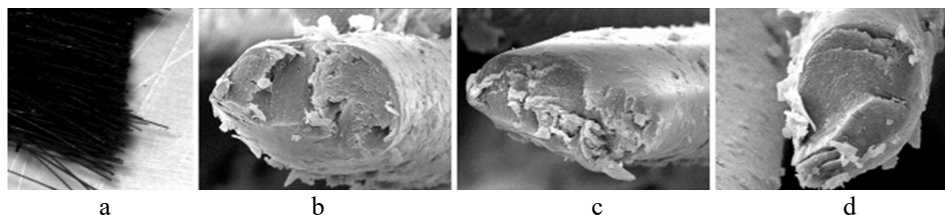
Снимка 64. Заоблен върхов край на косъма (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



Снимка 65. Косми прерязани с неназъбен нож, изследвани със стереомикроскоп (увеличение x6) (a) и със СЕМ (b-d) (Mazzarelli D. et al., 2015)

При прерязване с ножица (Снимка 62 и 66) краят на косъма е неравен, защото различните ножици и машинки за постригване имат повече или по-малко изразена назъбеност. Косъмът може да бъде разделен, да има надлъжно преминаващи напуквания, напречни надрези и нацепвания на кутикулата и кортекса. При наблюдение със стереомикроскоп на прерязан с ножица кичур косми се установява подравняване, като отделните космите са прекъснати в една равнина, тъй като рамената на ножицата притискат и срязват кичура от двете страни и по този начин придържат всички косми да се прережат в една равнина. При наблюдение със СЕМ на срязани единични косми се

установява сплескване на стъблото поради компресия, причинена при събиране на двете рамена на ножицата, овално напречно сечение без набраздяване по срезната повърхност, понякога с изпъкнали и вдлъбнати полета (Mazzarelli D. et al., 2015).

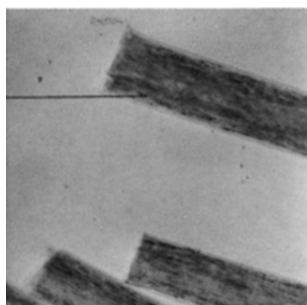


Снимка 66. Косми прерязани с ножица, изследвани със стереомикроскоп (увеличение x6) (a) и със СЕМ (b-d) (Mazzarelli D. et al., 2015)

Пак Дон Сор (Туманов. А.К., 1975) посочва някои детайли, възникващи при действие на режещи предмети, които в определена степен позволяват да се диференцира предметът, нанесъл поражението. По повърхността на отделяне на косъма, поради притискането му и промяна в направлението на движение на предмета, се образуват цилиндрични заоблености (като ролки). Разполагат се една до друга и перпендикулярно по отношение на направлението на действието на предмета. Те са тънки и ясно изразени при действие на предмети, имащи тънко напречно сечение. При действие на оръжия с по-дебело напречно сечение те са по-груби. Такива цилиндрични образувания не се наблюдават при действие на фински нож, ножици и кухненски ножове. И от най-малката неравност по острието на бръснарското ножче обаче, по повърхността на отделяне може да се образуват такива неравности като ситна назъбеност (Туманов. А.К., 1975).

Уврежданията, възникващи от действието на остра бравда, са сходни с уврежданията, нанесени от остри кухненски ножове и ножици. Мястото на увреда се характеризира с отсъствие на развлакнен край и развлакнено издаване на кортикалното вещество, напречни надрези и смачкване на кутикулата, каквото се наблюдава при срязване на косъма с нож (Туманов. А.К., 1975). Когато действа затыпен посечен предмет (бравда, секач), измененията в края са подобни на тези при действие на тъп предмет (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

При разрез с фински нож повърхността на отделяне има форма на елипса или овал, при срязване с брадва или косачка деформацията е неопределена и нерядко толкова значителна, че повърхността на отделяне престава да прилича по форма на напречно сечение на косъм (Туманов. А.К., 1975).



Снимка 67. Един ден след постригването (с ножица)



Снимка 68. 3 месеца след подстригването – краят има форма на пресечен конус, изтънен и напълно загладен

(Барсегианц Л.О., Верещака М.Ф., 1982)

С течение на времето характерният за прерязването край на косъма – гладка равна повърхност и изразени ръбове, постепенно се заглажда и отново придобива естествената конусовидна форма (Снимка 64). Колкото повече време е минало от прерязването на косъма, толкова по-загладен и конусовиден е върховият му край (Снимка 67 и 68). Върху начина и сроковете на протичане на този процес основно влияние оказват факторите на средата и козметичното третиране на космите (По-подробно представено в раздел 3.3 Промени от фактори на средата и козметично повлияване).

3.2.1.3. Увреждания от огнестрелни оръжия

Много често при огнестрелни наранявания, особено в окосмената част на главата, се засягат и космите в мястото на входната и изходна рана. Измененията, наблюдавани по космите при изстрел от упор или близко разстояние, в някои случаи позволяват да се реши въпросът коя от двете рани е входната (Барсегианц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Понякога космите може да са единствените обекти, позволяващи определяне огнестрелния характер на увреждането,

особено ако меките тъкани на трупа са в напреднало разложение. Явяващи се кератинови (вроговени) епидермални образувания, космите дълго се запазват при гниене. Проучването на космите, извлечени от стари гробове, показва, че те не са претърпели значителни промени и могат да послужат като материал за изследване при огнестрелни наранявания (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

По вида на космените промени може да се съди и за дистанцията на изстрела (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982). Установихме, че космите в областта на входната рана при изстрел от упор или близко разстояние са подложени на действието както на проектила, така и на допълнителните фактори – газове, барут, сажди, а в някои случаи и пламък (висока температура).

Туманов (Туманов. А.К., 1975) посочва, че върху космите при изстрел от близко разстояние въздейства не толкова проектилът, който откъсва по пътя на движението си голямо количество косми, но и нагорещените газове, недоизгорелите и неизгорели барутни частици.

По космите около входната рана може да се установят опърляния и сажди. Космите може да са с променени цвят и форма – извити, съдържащи в себе си мехурчета въздух. Такова изменение от термичното действие на допълнителните фактори на изстрела се наблюдава както по космите на тялото, така и по животинските косми, ако дрехите са от такива и входната рана е в област от тялото, покритата с дрехи (Туманов. А.К., 1975).

При космите около изходната рана се установяват само механични увреждания от преминалия проектил, но не и термични и химични промени от допълнителните фактори на изстрела – пламък, нагорещени газове, сажди, барутни частици и др.

При термично действие на тези допълнителни фактори (около входната рана) Ейдлин (Эйдлин Л.М., 1963) предлага да се различат 3 стадия в изгарянето на космите: в началото, при липса на структурна промяна в космите, се появяват неголеми мехурчета с въздух (I стадий); след това количеството и размерите им постепенно нарастват, върховете на космите стават колбообразно раздути и почернели, може да се срещнат по-големи мехури с въздух (II стадий); увреденият участък изглежда като безформена черна маса (III стадий). Неизгорели или недоизгорели частици или части от тях при изстрела действат като малки проектили и могат да предизвикат

отцепване на люспите на космената кутикула, пукнатини, полукръгли дефекти в кутикулата и кортекса или пълно пречупване/разрушаване на косъма (Туманов А.К., 1975).

А. Швальбе (Туманов А.К., 1975) установява, че при използване на бездимен барут не се наблюдава пламък и съответно макро- и микроскопски следи от изгаряне, докато при изстрел с димен барут космите винаги са обгорени. Саждите, отложени върху космите, не се отстраняват нито при измиване с топла сапунена вода, нито с алкохол (спирт) с етер, което може да има съдебномедицинско значение при изследване на трупове с огнестрелни наранявания, престояли дълго време във вода.

При изстрел с автомат „Калашников“ от упор или близко разстояние краищата на повредените косми около входната рана са разцепени, като при част от тях повърхността в мястото на отделяне е стъпаловидна или грубо неравна. Кутикулата при повечето косми се отцепва и виси от стъблото под формата на отделни влакна. В стъблото на някои косми в кортекса има дефекти с полулунна форма. С увеличаване дистанцията на изстрела количеството на механичните увреждания на космите намалява, докато черните отлагания (сажди) върху краищата и стъблата се увеличават (Туманов А.К., 1975).

При изследване на наранявания от изстрел с ловна пушка от упор или от близко разстояние установихме, че космите са претърпели значителна механична увреда. Краищата на тези увредени косми са метлообразно разделени, с дълбоки надлъжни пукнатини в кортекса. Напречният срез на косъма е кос или чисто напречен, с груба повърхност. Кутикулата при някои от тези косми е разделена на ивици и отделена от кортекса. По стъблото има дефекти с полулунна форма от действието на прахови частици. В краищата в мястото на увреда и по стъблото има наслагвания от сажди (Туманов А.К., 1975).

При изстрел с малокалибрен пистолет от упор или близко разстояние краищата на космите в мястото на увреда имат стъпаловидна, коса или груба неравна напречна повърхност. При някои косми се виждат надлъжни пукнатини в кортикалното вещество, без наслагване на сажди (Туманов А.К., 1975).

При изстрел от упор със самоделно гладкоцевно оръжие (пистолет) в допълнение към механичните повреди по космите има и следи от излагането им на висока температура. Краищата на такива

косми са черни или с червеникав оттенък, правите косми придобиват извита форма. В областта на входната рана краищата на космите са рязко разширени напречно. Те сякаш са изпълнени с блестящи въздушни мехурчета, чието количество постепенно намалява по протежение на косъма: първо изчезват мехурчетата, разположени непосредствено под кутикулата, след това тези в средните отдели на кортекса. Единични мехурчета, образувани централно, могат да се наблюдават на значително разстояние по дължината на косъма. Описаните лезии се откриват както по човешките косми, така и по животинските, включително и по вълнени дрехи върху тялото на пострадалия, тъй като те са изработени от животински косми (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

3.2.2. Термични увреждания

Такива промени в космите се наблюдават при изгаряне, около електрометки, а също и при огнестрелни увреждания и козметични процедури – къдрене/изправяне на косата.

Много често при възникване на пожар, дори след напускане на мястото му, по космите на хората, пребивавали в условията на пожара, остават множество следи. Така при изследване на космите на пострадалите, извършителите или заподозрените в инициране на пожара могат да се открият такива следи, по които да се докаже съпричастността им към пожара. Под влияние на високата температура настъпват редица промени в космите, по-изразените от които могат да се установяват макроскопски – промяна на цвета, а по-дискретните при светлинномикроскопско изследване – подуване на косъма, поява на мехури и др.

Видът на част от тези промени се определя от характеристиките на самата температура, на която са изложени космите, а други от скоростта на нагриване, общото време на излагане на космите на температурите и как топлината се прилага върху тях. Публикувани са изследвания със симулирано изгаряне на косми чрез директен контакт с котлон или открит пламък. Резюме от 1985 г. от Ayres (Ayres L.M., 1985) съобщава, че може да се наблюдава промяна в цвета на скалповите косми на индивиди с европейски етнически произход след четири минути нагриване на котлона. Космите, изложени директно на

пламък, проявяват овъгляване и образуване на мехури, без промяна на цвета. През 1997 г. Wąs (Wąs J., 1997) съобщава за изследвания на термичните промени на синтетични влакна, овча вълна, памук, юта и лен (Gamez-Garcia M., 1998).

При светлинна микроскопия се установяват по-изразените промени в космите, в резултат от действието на термичен агент с висока температура. С нея не могат да се изучават фините структурни изменения, наблюдавани в началните стадии на термичните изменения на космите. В същото време установяването на последователността на промените представлява интерес при анализ на личностовата информация на космения източник. Действието върху космите на термични агенти с по-ниска температура, каквото се наблюдава при умишлена промяна на формата и външния вид на косата чрез инструменти за стилизиране, използващи топлина, като сешоари, горещи ролки, накъдрящи преси за коса, изправящи преси за коса, гребени с притискане и нагряване, и др. е разгледано в раздел 3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване.

Изучаването на динамиката на измененията на космите при различни температури е важно и при решаване на въпросите с детайлизацията на ситуацията, водеща до промяна на морфологичните признаци (Кисин М. В. и съавт., 1983).

Ейдлин (Эйдлин Л.М., 1963) при експеримент установява, че температура от порядъка на 250°C предизвиква образуване само на неголеми мехурчета в единични косми. При 300°C се образуват повече малки мехурчета, но не винаги. При 350°C малките мехурчета стават по-големи, но не настъпва овъгляване на косъма. Овъгляване – пълно или частично, се наблюдава едва при 400°C, като преди това в космите са се появили големи въздушни мехури (Снимка 70 и 71).

При действие на висока температура космите в началото губят блясък, започват да се извиват и стават по-светли. След това настъпва изменение в цвета на космите – преминава в по-червеникав. По наблюдение на Lochte, Brauckhoff (Lochte T., Brauckhoff H., 1948, 1949) мехурчета с въздух не се образуват в клетките на кутикулата (в тази връзка кутикулата на косми, подложени на температурно въздействие, може да се използва за други изследвания). В кортекса и особено в медулата на косъма с изгаряне се забелязва голямо количество мехури с въздух с различни размери (Снимка 69). Когато мехурите са малко, се препоръчва косъмът,

просветлен с ксилол, да се гледа на тъмно поле на микроскопа. Мехурчетата с въздух при тези условия изглеждат блестящи, с бял цвят и е лесно да се различат (Туманов. А.К., 1975).



Снимка 69. Косъм с мехурчета. Локализирано образуване на мехурчета в границите на космения кортекс след прекомерно нагриване на влажна коса (Dawber R., 1997)

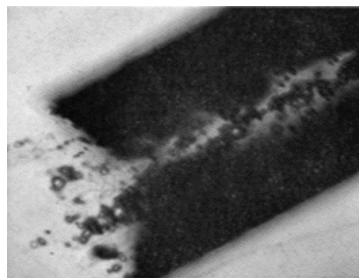
Кисин и съавт. (Кисин М. В. и съавт., 1983) представят своите изследвания върху косми, поставени за 5-10 минути в термокамера при налягане 1 атмосфера и температура 120-500°C. Начални изменения отчитат при температура 180°C – свободният край на клетките на кутикулата се надига и извива, на повърхността на клетките се появяват малки туберкули (изпъкналости). При 220°C тези изменения се засилват и краят на клетките започва да се разрушава. При 250°C деструкцията на свободния ръб на клетките се усилва, което води до тяхното изглаждане и доста обширно увреждане на клетъчното тяло.

Специфичните изменения на космите, типични за висока температура, възникват при 300°C – дебелината на косъма равномерно се увеличава с 1/3-1/4, а повърхността на кутикулата като че ли се изглажда. При по-нататъшно нагриване (400°C) дебелината на косъма надвишава първоначалната 2-3 пъти. Рисунокът на кутикулата още повече се изглажда и поради изправяне на клетките повърхността на косъма става вълнообразна. На отделни участъци на космите се проявяват характерни за термичното въздействие признаци – сферични набъбвания, т.нар. „термични мехурчета“, на повърхността на които има вдлъбнатини и гънки. При нагриване до 500°C повърхността на кутикулата хомогенизира, появяват се вдлъбнатини, диаметърът на косъма се намалява, в повечето случаи

до първоначалния. На отделни участъци се получават перфорационни отвърстия. След това косъмът придобива вид на празна черупка (Кисин М. В. и съавт., 1983).



Снимка 70. Овъглен косъм
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



Снимка 71. Действие на висока температура 200°C в продължение на 10 секунди: кортексът е овъглен, в медулата се установяват мехурчета въздух, кутикулата е съхранена (Барсебянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982)

При проведен от тях експеримент Igowsky и Pangerl (Igowsky K., Pangerl E., 2007) установяват следните промени в космите, настъпващи при нагряването им в камера при температура съответно:

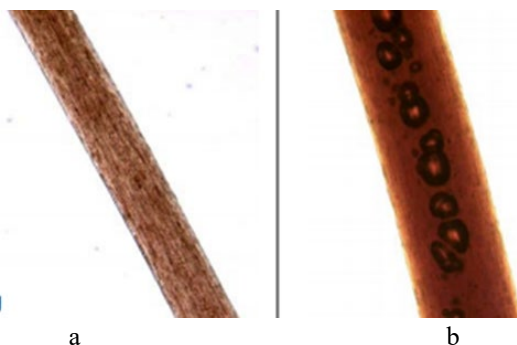
100-150°C – Не се установяват промени.

175°C – В някои области се проявява леко потъмняване на цвета. Промяната може да е толкова слаба, че да не е разпознаваема без сравнение с необработената проба.

185°C – Една област става крехка, по-тъмна на цвят и с поява на мехури. Не се наблюдават промени в останалата част на стъблото.



Снимка 72. Косъм, подложен на температура от 250°C – а) преди нагряването, б) след нагряването. Промяна в цвета на косъма и слабо наличие на мехурчета (Igowsky K., Pangerl E., 2007)



Снимка 73. Косъм, подложен на температура от 400°C – а) преди нагряването, б) след нагряването. Промяна в цвета на косъма, разширение и наличие на мехурчета в медулата (Igowsky K., Pangerl E., 2007)

200°C – Някои области стават крехки, по-тъмни на цвят и с мехури, докато в други области не се наблюдават промени (Снимка 72).

300°C – Наблюдават се промени по цялата дължина на косъма. Той става чуплив, по-тъмен на цвят и с мехурчета.

375°C – Наблюдава се потъмняване на цвета на дисталните части на косъма и поява е мехурчета в медулата.

400°C – Косъмът става чуплив и по-тъмен на цвят, и се наблюдават мехурчета в медулата към отдалечения край на стъблото (Снимка 71, 72 и 73).

При директен контакт с нагорещен предмет в загрята среда космите проявяват дистално обезцветяване, разширяване и образуване на дребни мехурчета при 180°C. Обаче само космите, изложени на температури от 235 и 250°C показват промени в цвета и образуване на мехурчета във всички косми. При 150-210°C – не се установява промяна; 235°C – промяна на цвета; 250°C – промяна в цвета и поява на мехурчета се наблюдават в корена и се излъчват от медулата (Igowsky K., Pangerl E., 2007).

При отчитане на точните светлинномикроскопски установени промени в косменото влакно може да се определи типът изгаряне – пламъково, контактно и др., времето за действие на термичния агент, разстоянието между източника на топлина и пострадалия, засегнатата от изгарянето област на тялото и др. показания със съдебномедицинско и криминалистично значение.

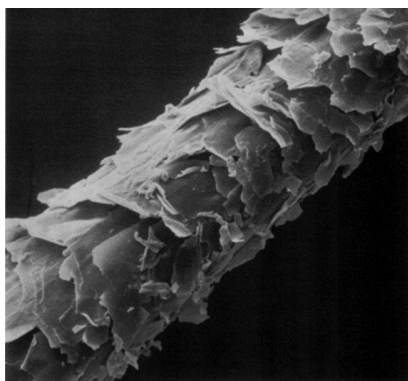
3.2.3. Химични увреждания

Множество различни химични агенти могат да оказват въздействие върху човешките косми, попадайки върху тях при различни обстоятелства. Такива увреждания могат да се получат напр. при някаква авария или трудова злополука в химическо производство. Също така много често при извършено престъпление се правят опити да се скрие самоличността на жертвата и да се предотврати положителната идентификация. Тези опити могат да включват както разчленяване, обезобразяване на лицето, изгаряне на тялото, така и разтваряне в различни химикали. Редица корозивни вещества, използвани ежедневно в домакинството, могат да бъдат прилагани за обезобразяване на тялото – почистващи препарати, химикали за басейни, разтворители за ръжда и др. Такива вещества с корозивно действие по различен начин и по различен път могат да достигнат и да увредят човешките косми.

Наблюдават се характерни промени в космите в зависимост от вида на действащото корозивно вещество – сярна киселина, солна киселина, натриева основа и др., неговата концентрация и времето на въздействието му върху косъма.

При проведени експерименти с такива корозивни вещества, с висока концентрация, Hartnett et al. (Hartnett K.M. et al., 2011) отчитат, че натриевата основа има най-разрушително действие върху космите, следвано от това на сярната киселина и след това на солната киселина.

Натриевата основа напълно разрушава космите за около 8 минути (Снимка 74).



Снимка 74. СЕМ – тежко кутикулно увреждане, причинено от въздействие на белина (натриев хипохлорит) (Dawber R., 1997)

Сярната киселина унищожава космите за по-малко от 5 часа, като преди това те придобиват кафеникавожълт цвят.

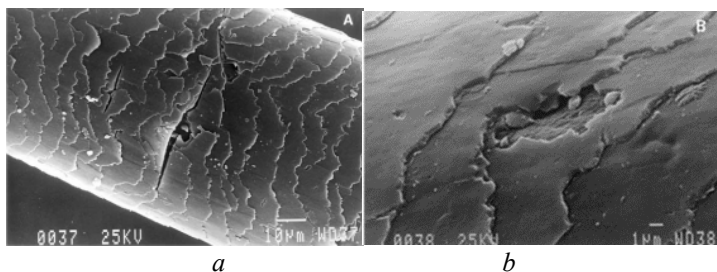
Солната киселина, макар и с по-бавно действие, също разрушава космите. Те първо се скупчват, след това пожълтяват и се разделят на различни по дължина парчета, в рамките на 8 дни.

При въздействие на химически вещества с по-малка концентрация се наблюдават забележими промени в космите, но без да се достигне до разрушаването им. Химически обработки като избелване/изрусяване на косата с приложение на 6% алкален водороден пероксид повлияват междуклетъчната кохезия както в кортекса, така и в кутикулата. Това може да се прояви напр. в стъпаловидни фрактури с дълги стъпала, като поради лошата адхезия между кортекса и кутикулата може да се стигне до получаване на т.нар. „куха кутикуларна обвивка“. При по-голямо увеличение на микроскопа се вижда ясно хлабава, вълнообразно нагъната кутикула и места с отпадане на кутикулата поради увреда на отделните ѝ клетки (По-подробно представено в раздел 3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване).

Увреждане на космите от вода

Известно е, че водата причинява изменения в механичните и физични свойства на космите, а също и на диаметъра им поради абсорбция на влага по капилярен път.

С електронен микроскоп се доказва, че престой на космите във влажна среда води до промени и в морфологичния им строеж. При престой 7-10 дни свободният край на кутикулните клетки се огъва от стъблото и се извива. След 3-4 седмици по повърхността на кутикулата възникват ерозии и в някои случаи дефекти на клетките с окръгляне. Впоследствие деструктивните изменения засягат и по-дълбоките слоеве на кутикулата, като след 7 седмици връзките между горните люспи на кутикулата отслабват и те се отделят от стъблото на косъма, а по-дълбоко разположените се извиват (Туманов А.К., 1975).



Снимка 75. Космено влакно, третирано с вода с температура 40°C за 16 часа:
а) показва пукнатини с различна дължина на няколко места по кутикулата;
б) пукнатината и вътрешността ѝ са показани в детайли
(Scanavez C. et al., 2003)

След 14 седмици броят на отделените клетки се увеличава и в края на четвърти, началото на пети месец престой във вода се установява хомогенизиране повърхността на кортекса и свободна от клетки кутикула с видими дефекти с кръгла форма с различни размери. До шести месец кортикалният слой на косъма става гладък, броят на клетките на кутикулата рязко намалява. До десети месец разрушаването на кутикулния слой се засилва. Тези изменения се наблюдават при престой на косъма във вода с температура 24°C – чешмяна вода (Туманов А.К., 1975).

При престой във вода с по-висока температура промените са по-изразени и се развиват по-бързо (Снимка 75), а при престой във вода от водоем измененията са засилени от разрушаващото действие върху косъма и на микроорганизми от водоема.

3.3. Промени от фактори на средата и козметично повлияване

Доказано е, че човешките скалпови косми растат средно с 1 cm на месец и върхът на косъм с дължина около 35 cm е изложен на въздействието на околната среда в продължение на около 3 години. През това време, в резултат на вредното влияние върху него на различни фактори на средата, се получават промени както по оста, така и по напречното сечение на косъма. Всички космени влакна претърпяват известна степен на кутикуларни и вторични кортикални нарушения от корена до върха, преди да отпаднат по време на фазата на телоген или ранен анаген от космения цикъл (Dawber R., 1997; Dawber R, Van Neste D, 2004). Промени по косъма се причиняват и

при различни козметични процедури – сресване, четкане, избелване, трайно къдрене, изправяне и др.

Космите на скалпа, които имат дълга анагенна фаза и са подложени най-дълго на въздействието на факторите на средата, а също и на повече козметична обработка, показват по-дълбока дегенерация на кутикулата и кортекса, отколкото влакната от други места, затова изтощението именно на космите на скалпа е проучено най-задълбочено (Dawber R., 1997; Dawber R, Van Neste D, 2004; Seta S. et al., 1988).

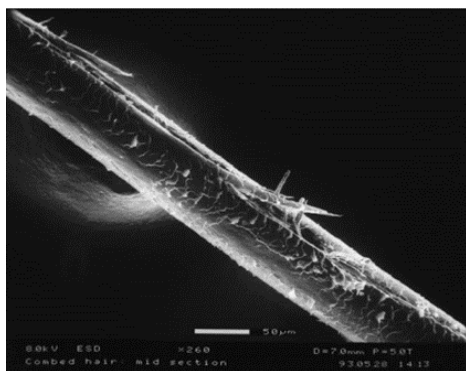
Под „изтощение“ се разбират всички промени по косменото влакно в резултат на действие на факторите на околната среда или козметични манипулации, водещи до дефекти на косъма. То може да се дефинира и като износване или изхабяване на косъма.

Фактори на околната среда, причиняващи такова изтощение, са:
UV (слънчева радиация), солена/хлорирана вода, замърсяване чрез вятъра;

Физични фактори – сешоари, горещи преси, горещи ролки;

Механични фактори – разресване (Снимка 76), фризури;

Химични фактори – боядисване/избелване, изрусяване, химично къдрене.



Снимка 76. Надигане на кортекса, причинено от обратно ресане или триене на косъма (Robbins C.R., 2012)

Видно е, че към тези фактори се включват както естествените условия на околната среда, така и изкуствено създадените такива в дома или на работното място, а също и различните видове козметично повлияване – подстригване, сушене, изправяне/къдрене, промяна в цвета и др. Увредената от посочените фактори коса е суха, без блясък,

матова, къдрава, по-пореста (шуплеста) и трудна за разресване (Marsh J.M. et al., 2015).

Принципно космените влакна са изключително траен материал, с потенциал да оцелеят хиляди години, както се вижда напр. при египетските мумии (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982; Blume-Reytavi U. et al, 2008). Установено е, че космите доста дълго не се поддават на гниене и се запазват след пълното разложение на меките тъкани, което позволява да се правят изводи за личността на починалия.

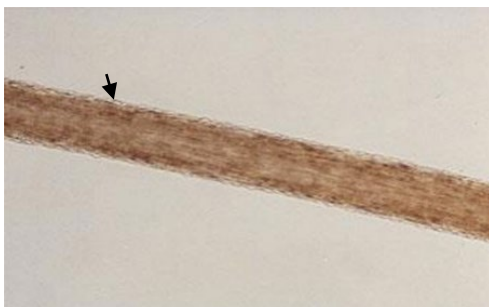
Цветът на космите с течение на времето, след настъпване на смъртта, може да се промени като тъмните коси могат да станат по-светли и обратното. E.R. Hofmann (Hofmann E. R., 1909) установява, което се покрива и с нашите наблюдения, че косата при дълъг престой в земята се променя в червеникавокафява или червено-кестенява. Тази промяна в цвета на косата се получава от различни фактори – въздух, температура, влажност, почва, подземни води, продукти от гнилоствни промени на тъканите и др. При определяне на цвета на косата при ексхумация трябва да се има предвид, че приживе тя може да е била и изкуствено оцветена.

Ринберг и Зимке (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982) описват коса, наблюдавана около 100 години след смъртта: при микроскопско изследване някои от космите са запазили напълно структурата си – кутикула, медула, кортекс с пигментни зърна, а в други се установяват серия от плътно прилепени една към друга кухини и мехурчета, изпълнени с въздух.

Според П.Р. Сысоевой (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982) при престой от 45 г. и повече в земята космите се оцветяват и губят еластичност. В зависимост от продължителността на този престой в тях се образуват множество надлъжни и напречни пукнатини и кухини. Повърхността на космите на места е унищожена, което води до образуване на вдлъбнатини с различни размери. Кутикулата върху голям участък от косъма може да липсва, като се съхранява само в отделни области. Пигментът малко се изменя с времето и може да бъде открит дори при разпадане на всички слоеве на косъма.

Освен след смъртта, и приживе факторите на околната среда причиняват ежедневни повтарящи си травми на косменото стъбло, резултиращи в увреда на косъма, която не може да се възстанови и е по-ясно видима в дисталната част на дългите космени стъбла.

Устойчивостта на космите на различните индивиди към механични, физични и химични неблагоприятни въздействия е различна, като вероятно се унаследява (Tosti A., Piraccini B.M., 2006). При атмосферни влияния увредата на косъма първо засяга кутикулата, с повдигане и загуба на кутикулни клетки (Снимка 77), като увреждането на тези клетки впоследствие води до загуба на капацитета им за защита на кортекса и до счупване на косъма (Blume-Peytavi U. et al, 2008; Lee Y. Et al., 2011).



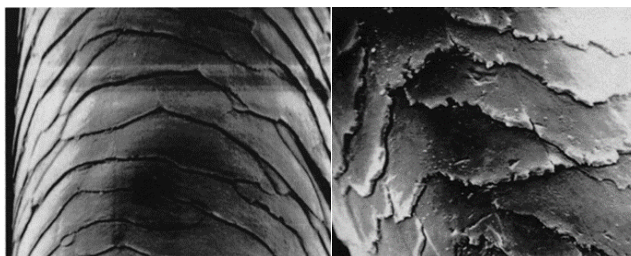
Снимка 77. Надигнати кутикулни люспи (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

Всъщност, както вече бе посочено, косменото влакно е много трайно и здраво, като площта на напречното сечение на влакното и структурната цялост на кортекса определят неговата обща сила. Интактните космени влакна имат устойчивост на опън около 180-190 МРа, което прави косата приблизително толкова здрава, колкото медна тел със същия диаметър. Космените влакна имат също и еластични свойства: удължаването с 10% от първоначалната космена дължина, при опън, е възможно без повреди. Удължаване от 35% до 50% също е възможно, но то води до трайно увреждане на структурата във вътрешността на влакното (Blume-Peytavi U. et al, 2008). От друга страна, структурни дефекти в стъблото, каквито се наблюдават при някои от болестите, засягащи косменото стъбло, го правят по-малко устойчиво на изтощение (Blume-Peytavi U. et al, 2008; Sinclair R.D. et al, 1999; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2004) (По-подробно разгледано в раздел 3.1. Болестни промени на космите).

Тези аномалии на косменото стъбло, които могат да намалят здравината и качеството на косъма, се дължат на генетични промени във формата, диаметъра и структурния състав, на дефекти на повърхността на кутикулата или се дължат на манипулации с

физическо или химическо увреждане на кутикулата и кортекса. При къдрава коса кутикулата по външната страна на къдрицата е сравнително тънка и по-чуплива и следователно тази коса е по-чувствителна към екзогенен стрес, като топлина или химикали. Прекъсването и загубата на кутикулата на косъма, независимо дали от генетични дефекти или придобити от околната среда, значително отслабва общата здравина на косъма и може да доведе до цепене и счупване. По-ограничените промени в структурата на кутикулата могат да доведат до нарушение в задържането на вода в подлежащия кортекс, със загуба на влажност. За здравословен вид космите, в идеалния случай, трябва да задържат приблизително 17% влажност, въпреки че е възможно задържане на вода до 35% (Blume-Peytavi U. et al, 2008).

Атмосферните и козметични неблагоприятни въздействия водят до промени, които са по-изразени в отдалечения край на косъма. Ако промени като тези от атмосферни влияния се установят в проксималния край на стъблото (особено в рамките на първите 2 cm от скалпа), това се счита за патологично и може или да присъства неспецифично, или да е свързано с характерна аномалия на космите (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2004). (По-подробно разгледано в раздел 3.1. Болестни промени на космите.)



а

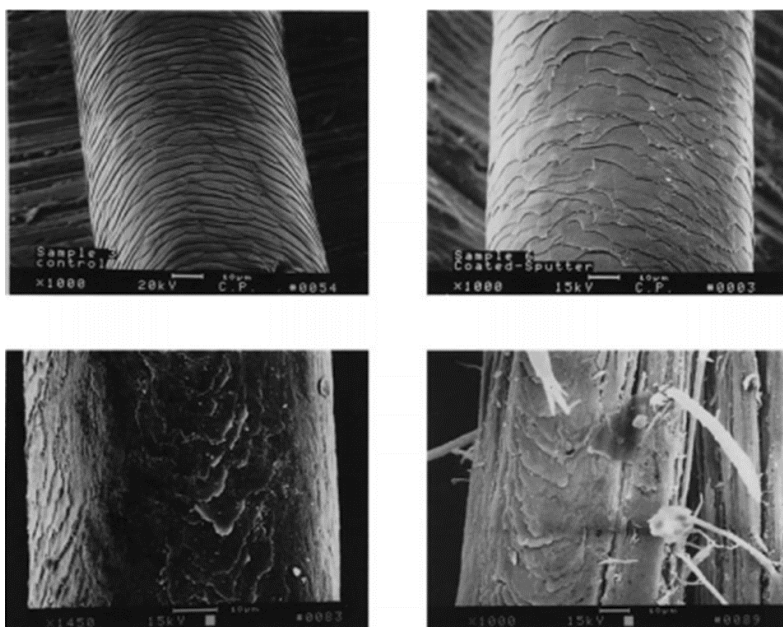
б

Снимка 78. СЕМ показва нацърбените краища на кутикулните люспи.

а) близо до скалпа – без увреждания – гладка повърхност на косъма и гладки ръбове на люспите; б) косъм след една година растеж и подложен на влиянието на средата – надигнати, груби, неравни свободни ръбове на люспите с малки отчупвания от тях или по-големи отчупени и липсващи фрагменти от люспите (Robbins C.R., 2012)

При неувреден косъм в кореновия му край клетките на кутикулата са разположени плътно към по-дълбоките слоеве. Повърхността на косъма е с люспеста структура, с гладки клетъчни

ръбове с плавно извиващ се контур (Seta S. et al., 1988; Swift J. A., Smith J.R., 2000; Sinclair R.D. et al., 1999). При нормална коса най-ранните промени от факторите на средата могат да се видят още на няколко сантиметра от скалпа – свободният ръб на тези клетки се повдига и разрушава неравномерно (Снимка 78). Линиите на кутикулата стават леко вълнообразни (Swift J. A., Smith J.R., 2000). Това впоследствие се трансформира, като в следващите етапи се наблюдават назъбени ръбове на клетките, частична ерозия на релефа, впоследствие пълна ерозия на релефа, понякога цялата кутикула се елиминира и се разкрива подлежаща повърхност от надлъжно разцепване на влакната на множество отделни влакнести елементи (Swift J. A., Smith J.R., 2000). Т.е. прогресивната загуба на кутикуларни люспи води до образуване на области от стъблото, където кортексът е напълно оголен (Снимка 79). Така то става слабо и чупливо, с образуване на възли и протрити (разрѣфани) краища (Sinclair R.D. et al., 1999). Проксимално на терминалното протриване има оголени кортикални клетки, като могат да се открият проксимални до крайни разкъсвания и надлъжни цепки (фисури).



Снимка 79. „Изтощение“ на косъма: 1 стадий (горе ляво) гладки ръбове на кутикулните клетки; 2 стадий (горе дясно) начупени ръбове на кутикулните клетки; 3 стадий (долу ляво) пълно отстраняване на кутикулата; 4 стадий (долу дясно) разделяне на косъма (Robbins C.R., 2012)

Космите, подложени на значително увреждане от триене, могат да показват напречни пукнатини и възли от вида, наблюдавани при трихорексис нодоза. Косата, която е била изрусена или трайно накъдрена, може да има изкривяване на стъблото, освен биохимичното отслабване на такива влакна, като променената форма увеличава склонността към поява на повреди от триене. При нормален скалпов косъм промените се наблюдават най-вече близо до дисталната част на косменото стъбло.

Фотостаренето на косата е изследвано както при въздействие на естествена слънчева светлина, така и при изкуствено ултравиолетово облъчване. При него се губи меланинът от косменото стъбло, кутикулните клетки стават по-малко прилепнали една към друга и има разрушаване на дисулфидните мостове, които допринасят за здравината на съдържащия високосерен протеин А-слой на кутикулата (Dawber R., 1997).

Като преобладаваща причина за тези промени обикновено се приема комбинацията от излагане на слънчева светлина и механичното протриване, свързано с ежедневно разресване (Seta S. et al., 1988; Swift J. A., Smith J.R., 2000; Marsh J.M. et al., 2015; Lee Y. et al., 2011), измиване с шампоан и триене по дрехите. Тези промени са подробно изследвани с помощта на СЕМ, показваща редовна и прогресивна загуба на нормалния рисунък на кутикулата от корена до върха (Lee Y. et al., 2011). Garcia et al. (Garcia M. L. et al., 1978) правят подробно проучване на нормалните модели на износване на кутикулата, като използват СЕМ за преброяване на напречни сечения на загубата на кутикулните клетки.

Bruschweiler и Sutterlin (Briischweiler W., Siitterlin H., 1985) и Iwamoto (Iwamoto R., 1983) измерват дължината на частта над корена на косъма показваща правилен рисунък и установяват, че тя се различава при отделните индивиди. При някои от тях, налични структурни аномалии на косъма водят до огнища на слабост, които са по-податливи на изтощение, като междувъзлията в monilethrix и усукванията в pili torti. Това създава специфични модели на изтощение.

Rook и Dawber (Dawber R., 1997; Rook A., Dawber R., 1982) заявяват, че козметиката и влиянията като естествено триене, намокряне и ултравиолетова радиация са толкова преплетени, че е полезно на практика да се дефинира понятието като прогресивна

дегенерация на косъма от корена до върха поради различни фактори на околната среда и козметични дейности. Козметично третираните косми лесно се увреждат от ежедневно механично триене при разресване, четкане и триене по дрехите. При екстензивно замърсена коса дисталните краища неизменно показват сериозно увреждане на кутикулата, като тя може дори напълно да липсва. Разцепените краища или дисталното изтъркване се получават от такива кутикулни увреждания в резултат на атмосферни влияния, съчетани с ефектите от подстригването и измиването с шампоан.

Слънчевата светлина причинява изрусяване на откритата коса, като повредената коса обикновено е с по-светъл цвят от заобикалящата я здрава коса. Това е особено очевидно във върховете на дългата коса. Тъмната коса изсветлява до кафяво-червен цвят, а кестенявата може да стане платинено руса. Излагането на високи концентрации на мед в чешмяната вода или плувните басейни може да причини зелен цвят на косата, особено видимо при руси субекти с увредена коса. Съобщава се и за зелена на цвят коса след излагане на различни козметични препарати. Изрусената коса може да стане червеникавокафява след къпане в „термална“ вода или след използване на някои лекарства с локално приложение (Marsh J.M. et al., 2015).

Друга промяна по косменото стъбло е „изтриването“, което се обяснява с различни причини. Като цяло има връзка между дължината на косата и честотата на изтърканите краища. Дисталното разстояние от скалпа е по-важно от това колко близо до върха са наблюдаваните промени, като се има предвид, че космите са с различна дължина. Дължината на косъма е мярка за неговата възраст и тъй като изтощението е кумулативен феномен, може да се очаква, че колкото по-дълъг е косъмът, толкова по-голямо е то. Също така дългата коса е по-вероятно да бъде подложена на козметични процедури, които да причинят щети, а заплитането, сплъстяването и образуването на възли, свързани с дългата коса, са причина спрямо нея да бъде приложена по-голяма сила по време на сресване от по-къса коса.

Трябва да се отбележи, че увреждането на косата се различава при отделните хора. Тази разлика се дължи основно на две причини. Първата е, че космите на различните хора имат вродени различия по отношение на устойчивостта им на увреждане. Втората е разликата в

ежедневната грижа и козметичните процедури, използвани от всеки индивид. Точната комбинация от фактори на третиране и експозиция при различните хора ще бъде различна (Lyon J.B., Dawber R.P.R., 1977).

При действие на неблагоприятни фактори на средата се наблюдава промяна и в блясъка на космите. Блясъкът на косата е оптичен феномен, който зависи от паралелизма на падащата светлина, от (микро) грапавостта на повърхността на косъма, върху който светлината пада, и от полупрозрачността на този обект. В случая с космите тяхната морфология, по-специално елипсовидността им, е от съществено значение. Всеки косъм е покрит със слоеве външни клетки, образуващи кутикулата. Всяка от тях действа като огледало, което отразява определено количество от падащата светлина и колкото по-голям е броят на слоевете, толкова по-високо е съотношението на отразената светлина и съответно по-интензивен блясъкът. Контрастният блясък е контрастът на отразената светлина, гледан спрямо ъгловата зависимост, т.е. ако източникът на светлина или наблюдателят се движи, блясъкът се променя. Контрастният блясък може да бъде повлиян от увреждане на повърхността на косъма, цвета на косъма и морфологията му (независимо дали косата е къдрава или права). Други фактори, които влияят на контрастния блясък, включват: взаимодействието на светлината с фината структура на космената кутикула и наличието на себум, който елиминира тази фина структура и прави косата без блясък и непривлекателна (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

Изтощената коса също така е и трудна за разплитане и често се наблюдава локализирано сплъстяване. Заплитането и сплъстяването се дължат на триене и най-често се появяват, когато косата е мокра. Заплитането на косата се приравнява на сплъстяването на вълната, при което съседните влакна се уплътняват под въздействието на влага, топлина и триене. Всъщност мократа коса има увеличени електростатични сили и е по-податлива на механичното въртеливо триене, което се получава при измиване с шампоан. Заплитането включва повредени стъбла с трихорексис нодоза и повдигнати кутикулни клетки. Триенето на мокра коса след измиване с шампоан също благоприятства заплитането. За такова допринасят и прическите, включващи гумени ленти и шноли. Локализираното сплитане в областта на тила обикновено се дължи на триене върху

възглавници или дивани. Носенето на екстеншъни също предразполага към заплитане, тъй като телогенните косми, които остават прикрепени към залепените космени удължители, лесно се заплитат с околните космени стъбла (Marsh J.M. et al., 2015).

Изтощението на космите предизвиква поява на характерни промени по стъблата им, като подобни на мехурчета структури, различни фрактури и фисури (Blume-Peytavi U. et al., 2008; Sinclair R.D. et al., 1999).

Косми с мехурчета: Brown et al. (Brown V.M. et al., 1986) съобщават за придобит локализиран обратим дефект на косменото стъбло с образуване на „мехурчета“ в него, за който се смята, че се дължи на повтаряща се козметична травма, т.е. установено наличие на възпроизводима причина. Фокусното нагряване на влажната коса напр. е достатъчно, за да предизвика образуване на мехурчета в космените влакна. Открива се накъсване или загуба на косми, тъй като те са сухи, тънки и лесно чупливи (Marsh J.M. et al., 2015; Detwiler S.P. et al., 1994; Gummer C.L., 1994). Въпреки че счупването отчасти може да се отдаде на нормалните ефекти от екстремно изтощение, смята се, че мехурчетата в кортекса допълнително отслабват косменото стъбло.

При светлинна микроскопия се установява наличието на подобни на балончета участъци в косъма. Електронната микроскопия разкрива загуба на кортикални клетки и медула. Изображенията на напречното сечение показват или една голяма кухина, или множество малки – тип „швейцарско сирене“, поради загуба на клетки (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008; Blume-Peytavi U. et al, 2008).

Същото образуване на мехурчета може да се получи и при използване на сешоар, работещ с температура 175°C. Мехурчестата коса може да бъде създадена с помощта на същия уред и при по-ниска температура, ако косата е мокра. Това демонстрира повишената чувствителност на мократа коса в сравнение със сухата. В мократа коса се образуват мехурчета при използване само за 1 минута на преса за коса при 125°C, което е обичайна работна температура и нормален период на употреба на този уред. Създаването на мехурчета се дължи на бързото изпаряване на водата от влажната коса, с образуване в косъма на изпълнени с пара кухини (Marsh J.M. et al., 2015).

Другите поражения на косменото стъблото в резултат на вредно въздействие върху него са:

Trichoschisis: напречно пречупване на косменото стъбло, най-добре видимо при поляризационна микроскопия (Marsh J.M. et al., 2015; Dawber R., 1997).

Trichoclasia: често срещаната фрактура на косъма тип „зелена пръчка“. Поява на напречни фрактури на стъблото, което е запазено от незасегнатата кутикула. Кутикулата, кортексът и съдържанието на сяра са променени (Marsh J.M. et al., 2015; Dawber R., 1997).

Trichoptilosis: най-честата макроскопска реакция на косменото стъбло на кумулативните ефекти на химическата и физическата травма и най-често срещаният симптом на изтощение при дълга коса с намалено мастно отделяне. При неправилно третиране – често миене, използване на твърда вода, обезцветяващи космите средства, грубо разресване и др. (Корнишева В.Г., Ежков Г.А., 2012) се наблюдава надлъжно разцепване на косменото стъбло на 2 или повече деления в дисталния му край, с дължина 2-3 cm. Този край на стъблото е леко завит и сух. Раздвоеното стъбло не е покрито с кутикула (Dawber R., 1997). Може да се види при трихорексис нодоза, която в някои случаи може да се явява негов предшественик. След като трихорексисният възел се счупи, проксималният елемент може да продължи да се разделя допълнително, което води до трихоптилоза. Понякога се наблюдава централна трихоптилоза – надлъжно разцепване на косменото стъбло без засягане на върха (Dawber R., 1997).

Trichorrhexis nodosa: Това е най-тежката форма на изтощение. Много от промените, наблюдавани към върха на нормалните косми, са видими и по-близо до проксималния им край при вродена слабост на стъблото или при образуване на възли вследствие от прекомерно козметично третиране (Dawber R., 1997; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Dawber R.P.R. et al., 2004). Наблюдават се множество бели възли по дължината на дисталната част на косменото стъбло. Появата на накъсване съответства на възлите. Колкото трихорексисният възел е по-далеч от скалпа, толкова по-вероятно е той да представлява отговор на нормалната коса на повтарящи се рутинни ежедневни травми. Проксималните възли (в рамките на 3-4 cm от скалпа) могат да отразяват или аномалия на стъблото, която е отслабила косъма, правейки го по-податлив на травма, или екстремна травма. При дисталната форма косата демонстрира черти на изтощение, в допълнение към трихорексисните възли. В зоната на възела

кутикулните клетки, които обхващат косъма, се нарушават, което позволява на кортикалните клетки да се разпръснат (Dawber R., 1997, Sperling L.C., 2003; Ogle, R. R. et al., 1999; Blume-Peytavi U. et al, 2008; Tosti A., Piraccini B.M., 2006). Използване на шампоан, сресване, морски бани и слънчева светлина водят до ежегодна поява на трихорексис нодоза след всяко лято. Типичните места на засягане включват скалпа, мустаците, брадата или пубиса (Ogle R.R. et al., 1999; Sperling L.C., 2003; Ogle, R. R. et al., 1999).

При дисталната трихорексис нодоза стъблото на косъма може да изглежда нормално при наблюдение със светлинен или електронен микроскоп, с изключение на областите на възлите. Обикновено има и други характеристики на изтощението, особено в рамките на 1 mm от възела. При възлите стъблото се издува и появата на кортикални клетки придава вид на надлъжни цепнатини. Ако фрактура възникне напречно през възела и косъмът се скъса, останалият край прилича на четка за боя (Dawber R., 1997).

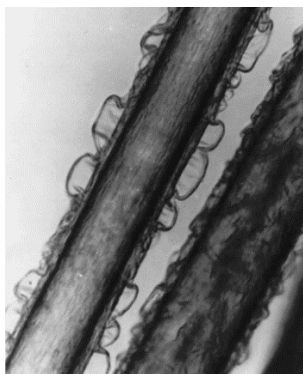
Освен на целостта, някои фактори, като различни химични и фармакологични агенти, могат да причинят и промени на цвета на космите. Напр. резорцин, използван предимно при различни кожни заболявания, оцветява черната или бяла коса в жълто или жълтеникавокафяво. Някои системни агенти променят цвета на косата, като пречат на пътя на формиране на еумеланин или феомеланин. Хлорохинът и хидроксихлорохинът пречат на синтеза на феомеланин, т.е. те засягат само руси и червенокоси индивиди. След 3-4 месеца лечение косата става все по-сребриста или бяла. Промяната на цвета обикновено е на петна и първо засяга слепоочията или веждите. Промените са напълно обратими. Хидрохинонът пречи на активността на тирозина, причинявайки хипопигментация на кожата и косата (Dawber R.P.R. et al., 2004) и т.н.

Установено е, че косата лесно поема различни неорганични елементи и по този начин след време, при излагане на такива вещества, се наблюдават промени в цвета ѝ. Излагането на високи концентрации на мед в промишлени процеси или в чешмяна вода и басейни може да причини зелено оцветяване на косата, особено видимо при руси индивиди. При работещите с кобалт се получава ярко синя коса, докато при обработващите индиго може да се види наситено син цвят. Жълтеникавият цвят на косата не е рядкост при

тежки пушачи с бяла или сива коса, поради катрана от цигарения дим (Dawber R.P.R. et al., 2004).

Влияние върху косата оказва и водата – чешмяна и най-вече тази от различни басейни, поради обработката ѝ с хлор.

Allworden (Allworden K.Z., 1916) преди повече от 100 години е наблюдавал, че на повърхността на влакната се образуват торбички или мехурчета по време на третирането им с хлорирана вода (Снимка 80). Хлорираната вода дифундира в клетките на кутикулата и атакува тиоестерните връзки, премахвайки липидния слой от повърхността на косъма. Освен това тя разгражда протеините под епикутикулата, като атакува дисулфидните връзки, разцепва протеиновите кръстосани връзки и ги окислява до високосерни киселини, произвеждащи водоразтворими видове, твърде обемисти, за да дифундират през полупропускливата мембрана. Набъбването е в резултат от осмотичните сили, водещи до формиране на характерните Allworden сакове (Robbins C.R., 2012).



Снимка 80. Allworden мехурчета образувани по повърхността на косъма при третирането му с хлорирана вода (Robbins C.R., 2012)

Освен представените фактори на средата, върху морфологията на космите влияние оказват и различни козметични процедури при грижа за косата, които могат да бъдат разделени в няколко групи: почистване, подстригване, фризиране и боядисване. Всяка от тези процедури може да доведе до необратими увреждания на стъблото, тъй като косъмът се състои от високо организирани и ориентирани кератинизирани влакна и фибри, които се променят чрез козметичните процедури, за да се оформи различна прическа. Поспециално косата е основна цел на модификация по отношение на

качеството, количеството, структурата и цвета. Повтарящата се физическа или химическа травма на косъма, поради стилистичните процедури, може да доведе до дефекти на космите с повишена чупливост (Blume-Peytavi U. et al., 2008).

Тези промени в косменото стъбло е възможно да се установят при рутинен оглед с невъоръжено око или при микроскопски преглед (Tobin D.J., 2005). Степента на химическа и структурна модификация ще зависи от естеството на прилаганото третиране. Повърхностните обработки имат тенденция да взаимодействат върху или близо до повърхността на косъма или кутикулата. Те включват такива продукти като шампоан, балсам, временна боя за коса, стилизиращи спрейове и гелове. Продуктите с дългосрочни ефекти, от друга страна, непременно променят химията на косата в рамките на кутикулния слой, както и по-дълбоко – в кортекса на косъма. Това са процедури като: трайно къдрене, изправяне, избелване и боядисване на косата с определени багрила (Robertson J., 1999).

Днес боядисването на косата е широко използвано от жените и все по-често от мъжете, за да скрият сивата коса или поради други естетически причини. Проникването на боите в косата зависи от размера на молекулите и водното набъбване на косъма в момента на нанасяне на боята. Най-успешните багрила са с относително малки молекули. Материалите за боядисване на коса могат да бъдат разделени на три групи: растителни, метални и синтетични органични багрила. Понастоящем последните са най-използваният вид поради широката гама от естествени цветове, които могат да бъдат получени. Растителните и металните бои за коса са остарели и почти не се прилагат. Синтетичните органични бои са разделени на три категории, които се характеризират с вида на използваните бои и метода на приложение, а именно временна, полутрайна и постоянна боя за коса (Robertson J., 1999).

Временните бои за коса, наричани цветни изплаквания, се използват главно за тониране на сивото в светъл цвят или за придаване на лек нюанс на съществуващия цвят. За тази цел често се използва киселинно багрило. Този тип боядисване на косата отлага цветни материали върху външната повърхност на косъма. Слабата повърхностна връзка на тези молекули не води до постоянна химическа или структурна промяна във влакното на косъма. Те се

отмиват при първото измиване с шампоан и издържат не повече от 1 седмица (Robertson J., 1999; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

Полуперманентните бои за коса се дефинират като оцветители способни да останат в продължение на няколко измивания. Тези оцветители са с ниско молекулно тегло, което позволява да проникнат в кортекса и да отлагат цвета си там. Много от тях сега се използват в цветни шампоани. Сравнително лесно се измиват с шампоан, съдържащ амоняк, а с други шампоани, за премахване на цвета са необходими 6-10 измивания. Освен наличието на слабо свързани молекули на багрилото, няма значително изменение на влакното на косъма при използването на тези нереактивни багрила (Robertson J., 1999; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

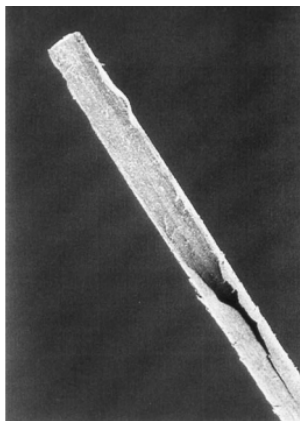
Перманентната боя за коса е система за боядисване, при която такова е необходимо само за проксималната част, докато косата расте. Кортексът на косъма се оцветява чрез реакция на безцветните прекурсори на боята с водороден перекис. Чрез използването на водороден перекис, който е в състояние да избелва меланина, продуктите за боядисване на коса са способни да създават по-светъл цвят от оригиналния нюанс на косата. Този цвят не се измива, но естественият цвят на косата се регенерира с новата коса. Боядисаната коса може да бъде идентифицирана по външния вид на нормалния цвят в частично порасналата основа на косата. Обикновено се забелязва ясно разграничение между третираната и нетретираната част на стъблото при макроскопско и микроскопско наблюдение. При нормално пигментирана коса цветът на косъма се осигурява от меланина в пигментните гранули. При боядисаните коси целият кортекс на косъма е относително равномерно оцветен с боя. Тази разлика между естествените и боядисаните косми се открива лесно микроскопски в напречни сечения. В тези случаи оцветяването на косата изглежда уврежда трайно характера на кератина и понякога е причина за аморфни медула и кортекс в косъма. Освен това третираната коса често показва признаци на химическо износване. При СЕМ изследването кутикулата често е увредена и кортикалните клетки, които се отделят при третирането, стават видими (Robertson J., 1999; McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

Показателно е и химическото изследване. Естествената коса има по-малко количество калций, барий, стронций, магнезий, сребро, молибден и волфрам в сравнение с изкуствено оцветена коса, която

съдържа по-големи количества от повечето посочени компоненти. Естествената коса съдържа високо количество никел, силиций, кадмий, злато и калай и най-малко количество ванадий и молибден (Aparna R., Yadav S.K., 2013).

Изрусяването на косата с водороден пероксид при алкално рН селективно обезцветява естествения пигмент на косъма (Tobin D.J., 2005). Най-простата алкална система е водороден пероксид (3-6%) и достатъчно амоняк или амониев карбонат, за да се получи рН от 9-10. (6% или 9%) (Peters W., 2000, Bertani R. et al., 2016, Jeong M.S. et al., 2010). Цветът на косата се изсветлява по-добре чрез увеличаване на концентрацията на избелващия агент, времето за третиране и броя на третиранията. Изсветляването на черната коса се извършва чрез разграждане на меланиновите гранули по време на окислителното избелване.

Тъй като основната функция на изрусяването на косата е да се изсветли цветът на косъма, то може лесно да се разпознае при светлинна микроскопия. При анагенни косми, които все още растат към момента на последното изсветляване, то се разпознава лесно като разграничение между неизсветления проксимален край и изсветления дистален край. При изследване на космите чрез СЕМ и ТЕМ се наблюдава, че разрушаването на пигмента в изрусената коса е локализирано главно в повърхностната част на кортекса. Пигментните гранули са сбръчкани и загубили фината си структура, събрани заедно, за да образуват конгломерати, като накрая се разграждат, оставяйки големи оптически празни пространства. Върху повърхността на кутикулата на избеленото космено стъбло често се наблюдават малки гранули, за които се смята, че са остатъци от пигмент (Marsh J.M. et al., 2015). Избелването може да остави кутикулните клетки постоянно повдигнати, с начупени ръбове (Gurden S.P. et al., 2004) и да промени съдържанието на влага в косъма. При повторно третиране на космите с избелващ агент клетките на кутикулата не само са повдигнати, но и отстранени от повърхността на косъма. Избелените косми претърпяват и окислително разцепване на дисулфидните връзки между протеините, съставляващи кутикулата, което води до повишаване на крехкостта ѝ (Jeong M.S. et al., 2010) (Снимка 81).



Снимка 81. Космено влакно, окислено с водороден пероксид за няколко часа и след това изпънато в изсъхнало състояние. По-голямата част от кортекса е начупена и отстранена от вътрешността на влакното, така че се образува като празна обвивка от надлежащата кутикула
(Robbins C.R., 2012)

Тази процедура унищожава меланиновите пигменти, а омреженият цистин се разгражда, за да даде остатъци от цистеинова киселина, което може да доведе до нарушаване и счупване на косъма. Алкалният водороден пероксид причинява промени в механичните свойства, повишена поръзност и структурно увреждане на кутикулата. Тези ефекти се дължат главно на разрушаването на дисулфидната връзка на цистина, която след това се превръща в цистеинови оксиди и цистеинова киселина.

Промяна във формата на косата: Трайното къдрене се дефинира като процес на промяна на формата на космите, така че новата форма да може да се запази при неколкостранно измиване с шампоан. Увреждането на косата при къдрене се причинява или от прекомерно къдрене, или от непълна неутрализация, най-често поради измиване с шампоан в часовете след процедурата (Marsh J.M. et al., 2015). При трайното къдрене са включени три етапа: физическо и химично омекотяване на косата, преоформяне и втвърдяване на влакната за запазване на новата позиция. Следователно перманентното къдрене е химическо средство за създаване на постоянна къдрица в косата. Това се постига чрез промяна на молекулярната конфигурация на космите, като същевременно те се поддържат в извита позиция. За целта се разрушава дисулфидната връзка на кератина на косъма с редуциращ агент (алкални соли на тиогликоловата киселина) и се реформират гъвкавите косми с инструмента за къдрене. След това те се окисляват с агенти като водороден пероксид, натриев перборат или натриев перкарбонат, така че дисулфидните връзки се реконструират и къдриците се фиксират. Косата, увредена от трайното къдрене,

показва неравномерно разпръскване на кутикулните клетки, много отчетливи прегъвания и забележимо сплескване на косъма, когато се гледа със светлинен микроскоп. При сканираща електронна микроскопия се установява загуба на правилния модел на кутикулата, счупване на краищата на кутикулните клетки и вълнообразно отделяне на кутикулните клетки от кортекса (Seta S. et al., 1988).

Процедурите, използвани за изправяне на косата, по принцип са подобни на тези, които се използват при трайното къдрене и могат да бъдат постигнати с химикали или с топлина. Има два химически подхода за изправяне на косата. Единият включва използването на силна основа, а другият – на редуциращ агент. След това се използва термично пресоване с горещо разресване, което причинява счупване и реформиране на -S-S-връзките, позволяващо косата да бъде оформена като права. Структурното увреждане и накъсването на косата е често срещано при този процес (Seta S. et al., 1988). Изправянето е по-рисковано от къдренето, тъй като косата се манипулира, като се разрушават химическите ѝ връзки (Marsh J.M. et al., 2015).

Прекомерната топлина на пресите (температура над 100°C), прилагана върху косменото влакно, както вече бе посочено, е една от причините за формиране на въздушни кухини в кортекса поради кипене на водата и локално разширяване на въздуха. Това води до изразена слабост на косменото стъбло и лесна чупливост (Tobin D.J., 2005).

В заключение е необходимо да се отбележи, че по-горе посочените процедури оказват различно по степен и вид въздействие върху косменото стъбло. Затова при съдебномедицинското изследване на козметично третирани косми трябва да се обърне внимание на:

- някои от тези процедури водят до видими промени в структурата на косъма, които могат да бъдат установени при микроскопско изследване – светлинно, СЕМ, ТЕМ;

- някои от процедурите не водят да структурни промени и те могат да бъдат открити само чрез химическото им въздействие върху влакното, при хроматографско изследване – газова хроматография – мас спектрометрия.

Това определя вида и обема на нужните в конкретния случай изследвания на проучваните косми.

4. СЪДЕБНОМЕДИЦИНСКО ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОСМИ

Човешките скалпови косми принадлежат към най-често срещания вид веществени доказателства, открити на мястото на престъпление. По време на нормалния цикъл на растеж на косата космите лесно се губят от индивидите и могат да бъдат прехвърлени по време на престъпната дейност (Oien C.T., 2009, Aparna R., Yadav S.K., 2013). Всеки човек губи средно по 100 косъма от скалпа си всеки ден. Разбира се, в зависимост от типа престъпление на мястото на извършването му могат да бъдат намерени косми и от други части на тялото – пубисни, аксиларни, мигли, вежди и др. (Preedy V.R., 2012).

В специализираните съдебномедицински и криминалистични лаборатории нерядко постъпват подобни на косми влакна, открити на местопроизшествието, по дрехите и бельото на потърпевши и заподозрени лица, по различни предмети, послужили или годни да причинят телесни увреждания (Раданов. Ст. и съавт., 2006; Волков В.Н., Датий А.В., 2000; Мырзаханова М., Мырзаханов Е., 2017).

Всъщност съдебномедицинското изследване на космите започва още на местопроизшествието с оглед на помещението, на различните предмети в него, на потърпевшия или заподозрения, като е важно не толкова да се събират случайно намерените косми, а целенасочено да се търсят такива (Самищенко С.С., 1996).

Поради потенциалната загуба на доказателствена стойност е изключително важно космените материали да бъдат събрани възможно най-скоро; правилно опаковани, за да се предотврати загуба, замърсяване или увреждане; и бързо транспортирани до лабораторията.

След постъпване на вещественото доказателство в лабораторията с него трябва да се работи по същия начин. За целта могат да бъдат използвани редица техники за събиране и запазване на частици от доказателствения материал, включително залепване, изстъргване, обирание и изсмукване (Oien C.T., 2009).

Според мен два са основните метода за избор и определяне кои косми да бъдат подложени на анализ след това. При първия метод се изследва проба от всеки от различните видове косми, наблюдавани със стереомикроскоп, тоест представител от всеки вид цвят, дължина, диаметър и структура.

Вторият метод представлява целево търсене. Той се прилага в случаите, когато заедно с ВД се предоставят и известни проби косми (от известен източник). Първо се оглеждат и изследват (сухи и в олеозна субстанция) космите от известния източник, а след това и предоставените като веществени доказателства (Oien С.Т., 2009).

В редица случаи съдебномедицинският анализ на изследваните косми е изключително ценен, тъй като показва възможна връзка между заподозрян и местопрестъпление или заподозрян и жертва, или обратно; показва, че не съществуват доказателства за връзка между заподозрян и местопрестъпление или заподозрян и жертва (Oien С.Т., 2009).

При изучаването на космите основен е морфометричният метод – определяне на морфометричните показатели – строеж на медулата, кортекса и кутикулата, особености на пигмента и др. При последващото сравнително изследване на космите, иззети от местопроизшествието, и космите с известен източник, се сравняват тези показатели (Мырзаханова М., Мырзаханов Е., 2017).

Търсенето на космите, и изследването им, трябва да става както с невъоръжено око, така и с помощта на лупа (Матьшева А. А., Деньковски А. Р., 1985). При нанесени травми по окосмената част на главата трябва внимателно да се огледа предметът, причинил травмата, тъй като по него може да са останали косми от пострадалия. При полови престъпления косми от пострадалия може да останат по дрехите, бельото, тялото на престъпника, а от него – по дрехите, бельото и тялото на пострадалия (Самищенко С.С., 1996).

Откритите косми се изземват с пръсти, покрити с гумени ръкавици (никога с метални пинцети, за да не се причинят допълнителни механични увреждания). Могат да се използват и пинцети, но само ако краищата им са обвити с гума (Раданов. Ст. и съавт., 2006; Волков В.Н., Датий А.В., 2000; Пиголкин Ю.И., 2004). Ако космите са намерени в различни части на едно и също местопрестъпление или на различни места на един и същ предмет, то трябва да се поставят в отделни пликове, с надпис от къде, кога са иззети, в какво количество. Могат да се сравняват само косми от една и съща част на тялото (Мырзаханова М., Мырзаханов Е., 2017). Предвид това, че космите в различните участъци на главата на един и същи човек не са еднакви, то трябва отделно да се опаковат тези от челна, тилна, теменна, дясна и лява слепоочна област (Волков В.Н.,

Датий А.В., 2000). За сравнение се взема не един косъм, а кичур не по-малък от 20-25 косъма. При живи лица се отрязват с ножица колкото може по-близо до корена (Мырзаханова М., Мырзаханов Е., 2017; Пиголкин.Ю.И., 2004; Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982), а ако трябва и се отскубват. При труп са възможни и двата варианта. Ако се вземат от жив човек, трябва да се отбележи дали между произшествието и изземването той се е подлагал на някаква козметична процедура – подстригване, къдрене, боядисване, обезцветяване и др. (Мырзаханова М., Мырзаханов Е., 2017; Самищенко С.С., 1996).

Откриването на косми на местопроизшествието нерядко е трудно. Светлите косми върху светли предмети, а тъмните върху тъмни могат да останат незабелязани (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982; Волков В.Н., Датий А.В., 2000). За успешното откриване и изземване на космите от местопроизшествието, то трябва да бъде добре осветено, за да може СМ експерт щателно да огледа всички предмети, гладките им повърхности, вдлъбнатини и пукнатини, където космите лесно могат да бъдат пренесени/занесени при движение на въздуха.

При изземването на космите трябва да се опишат уврежданията, които са им нанесени, както и наличието на каквито и да е наслагвания върху тях.

След това се преминава към същинското им изследване. Съдебномедицинската експертиза на косми е сравнителна биологична дисциплина, базирана на микроскопията, биологията, хистологията и антропологията. Аналогични дисциплини на изследването на космите са тези на таксономията и хистологията, където визуалните идентификации се основават на известни характеристики и сравнение с проби от известен тип. Например експертът визуално идентифицира човешки и животински косми, определя произхода според телесния регион, етническата принадлежност, микроскопската анатомия и сравнява изброените характеристики с тези на косми от известен източник (Preedy V.R., 2012; Aparna R., Yadav S.K., 2013).

Изследването се извършва по начин и със средства, позволяващи да се отговори на основните въпроси при този вид експертиза (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982; Мырзаханова М., Мырзаханов Е., 2017), а именно:

1. Предоставените обекти косми ли са? Тъй като може да са влакна от растителен, животински произход или изкуствени.

2. Ако отговорът е положителен, то втори въпрос – Принадлежат ли те на човек или на някакво животно?

3. Ако това са животински косми, е важно да се определи от какъв вид животно са те (ред, род и т.н.).

Последният въпрос е от компетенцията на експерт ветеринар, а не на съдебен лекар.

4. Ако са на човек, то какъв е техният регионален (соматичен) произход, т.е. от коя телесна област произхождат?

5. Може ли да се определи етническата принадлежност на индивида, от който те произхождат?

6. Може ли да се определи половата принадлежност на индивида, от който те произхождат?

7. Може ли да се определи кръвнотгруповата принадлежност на индивида, от който те произхождат?

8. Подлагани ли са космите на механично въздействие? От какъв предмет и по какъв начин може да са били причинени тези увреждания? Прекъсването на косъма от бързо или бавно движение е?

9. По какъв начин са отделени космите от човешкото тяло – отпаднали, отскубнати, откъснати, отрязани и т.н.?

10. Има ли по космите следи от термично въздействие?

11. Има ли по космите следи от огнестрелно оръжие?

12. Има ли по космите следи от химично въздействие?

13. Има ли по космите външни замърсявания и какви?

14. Установяват ли се по тях промени от действие на фактори на средата? Подлагани ли са космите на козметично въздействие – подстригване, къдрене, боядисване, обезцветяване и др.?

15. Установяват ли се по космите болестни увреждания или следи от провеждано лечение?

16. Пригодни ли са съответните косми за анализ на ядрена ДНК (nDNA) или е възможно изследване само на митохондриална ДНК (mDNA)?

17. Пригодни ли са съответните косми за микроскопско сравнение?

В съответния изследван случай, в зависимост от обстоятелствата, могат да възникнат и други въпроси.

За да се отговори на посочените въпроси, в лабораториите се използват различни методи на изследване, като се поставят две основни задачи:

- Идентификация на иззетите от местопроизшествието косми;
- Сравняване на тези косми с предоставени от евентуалните извършител/извършители и жертва/жертви, и установяване дали двете групи косми имат общи белези (Самищенко С.С., 1996).

Първо се извършва идентификация на космите и след това сравнение (Oien C.T., 2009; Nataraja M.T., Roy J.M., 2015; Jasuja O.P., Minakshi, 2002).

Започва се с изследване на космите с невъоръжено око, а впоследствие с лупа и с помощта на светлинен микроскоп.

Някои характеристики, полезни за сравнение, могат ефективно да разграничат един индивид от друг и една популация от друга. За човешките косми тези характеристики са групирани в две подразделения – макроскопски и микроскопски (Oien C.T., 2009; Preedy V.R., 2012) – Подробно представено в раздел 2. Морфологични особености на космите.

Посочените характеристики варират в космите на отделния индивид и между космите от две или повече лица. Дискриминацията между космите от различни хора се определя, когато „вариацията между хората е такава, че няма припокриване на характеристиките между засегнатите хора“ (Robertson J., 1999). Ролята на съдебномедицинския експерт е да оцени точките за сравнение.

Въпреки че многократно е доказвано значението и точността на макро- и микроскопското изследване при идентификация на космените проби и тяхното сравняване, все още има дебати относно нивото на дискриминация, което може да бъде постигнато само чрез микроскопско изследване (Robertson J., 2017). В повечето европейски страни, включително и България, космените доказателства се приемат наравно с другите веществени доказателства, иззети от местопрестъплението.

Задължително се оглежда цялото космено влакно, от кореновия до върховия му край, за следи от болестни или травматични (механични, химични, термични) промени по него, а също и за изменения в резултат на неблагоприятно въздействие на факторите на околната среда или за козметично повлияване (По-детайлно представено в раздел 3. Увреждания на космите).

Често обект на съдебномедицинска експертиза са косми, иззети след настъпване на смъртта – от разложени, погребани и ексхумирани, извлечени от вода и други човешки трупове. Морфологични и токсикологични анализи на тези косми могат да предоставят полезна информация за обстоятелствата на смъртта.

Поради специфичния си състав косата може да издържи дълго време без данни за разрушение (от порядъка на векове) (Koch S.L. et al., 2013; Boumba V.A. et al., 2006; Horvath A.L., 2009). Всъщност космите са най-устойчивите структури в човешкото тяло, след зъбите и костите, и могат да бъдат събрани от местопрестъплението години след смъртта на жертвата. При изследване със светлинен микроскоп и СЕМ могат да се докажат увреждания от факторите на средата (Fujii T. et al., 2016) или от действието на различни организми – насекоми, гъбички, бактерии и др., които колонизират и се хранят от трупа по време на разлагането му (Koch S.L. et al., 2013; DeGaetano D.H. et al., 1992; Rowe W.F., 2006). Установяват се увреждания в областта на косменото стъбло и космения корен.

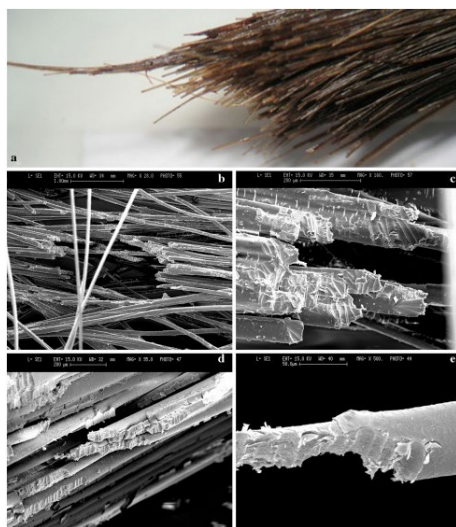
Chang et al. (Chang B.S. et al., 2005) посочват, че в проби от коса, взети 5 години след смъртта, не се наблюдават значителни промени в морфологията. След 15 години се установяват загуби в различни слоеве на косъма, включително кутикулният слой, като космите стават по-груби. След 20 години по-голямата част от кутикулата е увредена, оставяйки подлежащия кортекс изложен на влиянието на околната среда. След 25 години в космите се установяват множество пори в медулата, като само някои косми запазват кортикалния си слой.

При СЕМ изследване 5 години след смъртта косъмът и коренът му изглеждат непроменени. След 10 години обаче, люспите на кутикулата започват да се отделят от подлежащите структури. След 15 години, въпреки че общата структура на косъма се поддържа и люспите на кутикулата са здрави, се наблюдават множество малки пори. Броят и размерът на порите в косъма се увеличават на 20-ата година, когато кутикулният слой се е отделил напълно и макрофибрилите на кортекса около порите се разслояват. Порите се разпространяват както в кортекса, така и в медулата (Chang B.S. et al., 2005).

При TEM на косми 20 години след смъртта се установява, че слойът на кутикулата е почти загубен и има пространства между макрофибрилите в кортекса. След 25 години остава само най-

външната част от кортекса, а другата заедно с медулата и кутикулата са разрушени (Chang B.S. et al., 2005).

В косменото стъбло се откриват и увреждания от насекоми, гъбички, бактерии и др. Храненето на насекомите причинява само малки дупки, подобни на пункция, докато гъбичната активност води до образуване на напречни тунели вътре в структурата на косъма (Chang B.S. et al., 2005; DeGaetano D.H. et al., 1992; Wilson A.S. Wilson A.S., 2007) (Снимка 82). При действие едновременно на насекоми и на гъбички се наблюдава ерозиране на косъма по цялата му повърхност и формиране на напречни тунели и прекъсвания – гъбичните хифи си пробиват път в косъма, формирайки малки зони на разрушение в медулата. По този начин косъмът става крехък и се фрагментира (Chang B.S. et al., 2005). Краищата на отделните косми са неправилни и лежат в различни равнини. При СЕМ изследване се установяват вдлъбнати лезии, като „изгризани“ от насекомите (Mazzarelli D. et al., 2015).



Снимка 82. Увреждания на космите от гъбички и насекоми, наблюдавани със стереомикроскоп (увеличение x6) (a) и със СЕМ (b-e) (Mazzarelli D. et al., 2015)

В космените корени разложението причинява постепенно потъмняване – формиране на ивица към проксималния край на косъма, известна като следсмъртна коренова лента (Linch C.A., Prahlow J.A., 2001). След време косъмът се скъсва в областта на

тъмната ивица, като често остава обезцветен проксимален край с вид на четка (Linch C.A., Prahlow J.A., 2001).

Такава тъмна гнилоствна ивица обикновено не се формира напълно до 6-10 дни след смъртта, в човешки трупове оставени на повърхността на земята. Този срок е силно повлиян от метеорологичните условия на мястото на престой на трупа, като при по-топло време характеристиките на разлагане се появяват по-рано и прогресират по-бързо, докато при студено време са забавени. Престоят във водна среда също забавя разлагането (Koch S.L. et al., 2013).

Установяват се и разлики в степента на гниене при космите от различни телесни области. Доказано е, че скоростта на процеса корелира със скоростта на растеж на космите, която също е различна (Koch S.L. et al., 2013).

При съдебномедицинското изследване на човешки косми най-важната задача, която стои пред експертизата, е установяването на морфологично сходство между изпратените като веществени доказателства косми и тези на определено лице. Този въпрос не може да бъде решен при изследване на единични косми или по един-два признака. За целта са необходими поне 20 косъма и образци, взети от различни части на тялото на въпросното лице. Сравняват се макро- и микроморфологичните признаци: цвят, форма, вид, дължина, състояние на свободния край, отлагания, болестни изменения, наличие на пигмент – цвят и разположение, брой на линиите на рисунъка на кутикулата в определена дължина на косъма, особености на медулата и др. Космите могат да бъдат подложени и на макро- и микролуминесцентен анализ, атомноабсорбционен анализ, спектрофотометрия при инфрачервени лъчи и т.н. При наличие на някакви увреждания по тях задължително се оглежда повърхността им със стереомикроскоп.

Редица техники се използват за по-детайлно изследване на космите, включително сканираща електронна микроскопия (SEM) и трансмисионна електронна микроскопия (TEM) (Ahn H.J., Lee W.S., 2002), рентгенова фотоелектронна спектроскопия, конфокална микроскопия (Hadjur C. et al., 2002), микродифракция и др.

Друга техника, използвана основно с научна цел, е атомно-силовата микроскопия (ACM) (Rugar D., Hansma P., 1990). ACM предлага полезна комбинация от предимства за анализ на фината

структура на външната повърхност на косъма (Swift J.A., Smith J.R., 2000; Blach J. et al., 2001). Тя е неинвазивна техника, която не изисква специална подготовка на пробата.

Извършва се и химичен анализ на космите, както на иззетите като веществени доказателства, така и на т.нар. контролни косми (от жертва и заподозрян) (Nataraja M.T., Roy J.M., 2015; Aparna R., Yadav S.K., 2013). Използват се различни методи – имуноанализ, газова хроматография, високоефективна течна хроматография, маспектрометрия и др. (Bost R.O., 1993; Duvivier W.F. et al., 2016; Koch S.L. et al. 2020). Чрез тях може да се докаже злоупотреба с различни наркотични вещества, хронична злоупотреба с алкохол (Suesse S. et al., 2011), прием на лекарства или действие на замърсители от околната среда (битова, промишлена) – напр. тежки метали, хранителен статус и др. (Lee et al. 2010; Usman M. et al., 2016).

Задължително се извършва идентификация на космите от местопроизшествието и на тези от жертвата и заподозрения. След определяне на макро- и микроскопските им характеристики се пристъпва към анализ на тези данни и определяне на видовата, регионална, етническа, пола и др. принадлежност на космите.

Следващата фаза от процеса на изследване е провеждането на микроскопско сравняване. Това включва оценка на микроскопските характеристики, присъстващи в космените проби, оценка на точките за сравнение и определяне дали въпросните косми може или не може да бъдат изключени като произхождащи от източника на известната проба (Oien C.T., 2009; Lanning K.A. et al., 2009).

Косменото сравняване е комбинация от процес на разпознаване на модели и поетапен анализ на космите от неизвестен и известен източник.

При микроскопско сравняване на космите експертът определя дали съществуват или не подобни модели на микроскопски характеристики във всяка точка на сравнение по дължината на косъма. Този процес на разпознаване на модела след това продължава последователно по цялата дължина на косъма.

За да се приеме асоциация, микроскопските характеристики на изследваните косми трябва да бъдат установени и в известната проба (Oien C.T., 2009).

Най-важното, което трябва да се разбере и помни за този вид анализ обаче е, че експертът може да даде заключение само за

определена степен на морфологично сходство между космите, представени като веществени доказателства, и тези на дадено лице, но не и за тяхната идентичност и безусловен произход.

Индивидуалният произход на космите може да се установи само при ДНК изследване, в случай на намерени косми с наличие на луковица, т.е. ядроносни клетки. За целта се провежда сравнителен анализ на двата ДНК профила – на индивида, който трябва да бъде идентифициран и на източника на известните косми.

4.1 Идентификация

Както вече бе посочено, космите се явяват един от основните обекти, изследвани в качеството им на веществени доказателства.

Като ВД е необходимо да се изберат за изследване подходящите видове и брой косми. Понякога, когато от местопрестъплението се съберат голямо количество косми (напр. при засмукване с прахосмукачка), може да се наложи извършването на подбор и изследване само на представителна космена проба. Този процес включва подбор на проби от косми с различна дължина, цвят, регионален телесен произход, етнически произход и др. Друг възможен подход е да се изберат косми, които са сходни на външен вид с целевата група (известни косми от заподозрян или жертва). Комбинацията от случайно и целево вземане на проби гарантира представителна извадка (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

Избирането на косми за микроскопски анализи се извършва по време на първоначалната обработка, макроскопското изследване и по време на микроскопия с ниска мощност. Микроскопските характеристики на космите се разглеждат и подбират с цел да се осигури добър диапазон от наличните типове косми (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

Скалповите и пубисните косми проявяват по-голямо разнообразие от макро- и микроскопски характеристики от другите човешки косми, затова именно те се сравняват рутинно. Адекватната селекция от известни космени проби се получава както чрез случайно отскубване, така и чрез отпадане при сресване. Броят на космите, необходими за представяне на подходяща известна проба, варира в зависимост от конкретния индивид (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004). По двадесет произволно избрани косъма от всяка от петте области на

главата (челна, теменна, тилна, дясна и лява слепоочна) се считат за достатъчни, за да представят обхвата на характеристиките на косата на този индивид. Минимумът скалпови косми, необходими за изследването, е 25-50 косъма от всички области на главата. За космите от пубисната област е препоръчително да се съберат 30 броя.

Предоставянето на косми от скалпа на заподозрян може да се извърши месеци, дори години след престъплението. В тези случаи характеристиките на известната проба скалпови косми могат да изглеждат доста по-различни от тези на космите, които са били отпаднали и събрани като ВД, когато престъплението е било извършено.

Някои експерти посочват, че максималният допустим срок между двете събития е една година, като условията на околната среда или козметичните промени биха могли да го съкратят. Пубисните косми запазват своите характеристики за по-дълъг период от време и е възможно да бъдат изследвани и сравнявани и след посочения срок (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

Анализът на космените проби започва с поотделно оглед и описание на космите, иззети като ВД, и получените от заподозрения и пострадалия, след което се преминава към тяхното сравняване. Целта на това проучване на космите е да се определят техни характеристики, по които да се изведе информация за индивида-източник, чрез която да се отговори на основните въпроси, поставени пред съдебномедицинската експертиза: произход, видова, етническа, полова, кръвнотипова, индивидуална принадлежност, наличие на травматични и болестни увреждания, промени от фактори на средата и козметични процедури и др. (Houck M. M., 2003).

Определянето на идентификационните признаци на космите става с помощта на различни методи:

- Макроскопско изследване: Винаги изучаването на съответната космена проба започва с него. Тук се определят всички морфологични показатели, установими без специално увеличение и подробно описани в раздел 2.1. Макроскопски характеристики на космите.

Задължително се отбелязват цветът на космите (на целия кичур и на отделните косми), оттенъкът, ако има такъв (Brooks E. et al., 2011; Vincenti M. et al., 2013), формата на космите, степента на къдрене, дължината и дебелината (ориентировъчно) на космите, видът на

върховия край, наличието на увреждания, ако са видими без увеличителна техника.

При преценка на цвета не трябва да се забравя и че освен от естествените процеси, цветът на космите зависи и от външни влияния. До промяна на цвета могат да доведат използваните с козметична цел различни оцветители за коса. Подобна находка би имала висока идентификационна стойност при търсене и доказване на морфологично сходство с конкретен индивид, космите от който са взети за сравнение.

Промяна в цвета на космите настъпва и посмъртно. При погребани трупове цветът на космите се съхранява доста дълго време. Практиката показва, че при ексумация на трупове след 30 и повече години космите обикновено са обезцветени, а понякога придобиват червена окраска, независимо от първоначалния им цвят. Изменя се и консистенцията на космите – те загубват блясъка си, стават чупливи, крехки, което се дължи вероятно на амонячните съединения, образуващи се при гниенето.

При макроскопското изследване на космите могат да се видят и различни замърсявания от биологичен (кръв, сперма и др.) или небιологичен произход (прах, боя, сажди и др.). Тези замърсители задължително се изземват и изследват в специализирани лаборатории, тъй като от тях може да се получи информация за извършителя, времето или мястото на извършване на престъплението, евентуално пренасяне на трупа и др.

Микроскопско изследване (Moorthy N.T., Roy J.M., 2015; Murphy N.E., 2013; Robertson J., 2017; Best Practice Manual for the Microscopic Examination and Comparison of Human and Animal Hair, 2015; Garrett B.L., Neufeld P.J., 2009) – тук освен дебелината (диаметъра), определена чрез окуляр-микрометър и специален софтуер, се посочват и характеристиките на напречното сечение – форма и площ. Описват се особеностите на трите съставни слоя на косменото стъбло – медула, кортекс и кутикула, вид на кореновия и върховия край на косъма и всички замърсявания, наслагвания, болестни или травматични (механични, термични, химични) увреждания, промени на косъма от действие на факторите на средата или козметични процедури (Подробно посочено в раздели 2.2, 3.1, 3.2 и 3.3).

По особеностите на кореновия край експертът може да се ориентира дали има данни за извършено престъпление, тъй като по него може да се разбере в коя фаза на растежния цикъл се намира даденият косъм и съответно дали той е изтръгнат или естествено отпаднал.

При зрелите косми коренът е втвърден, с бухалковидна форма и малко или никаква фоликуларна тъкан, прилепнала към него. Пигментът е рядък или липсва и често има изобилие от кортикални фузии. Корен, който е откъснат преди узряването, е мек, с изкривен вид и може да има прилепнали към него тъкани от кореновите обвивки. Рядко има кортикални фузии, пигментът е наличен. Катагенният корен може да има бухалковидна форма с прикрепена опашка (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004; Oien C.T., 2009; Airlie M. et al, 2021) (Снимка 83).



Снимка 83. Типове космен корен: а) анагенен корен с прикрепена коренова обвивка (показано със стрелка); б) катагенен корен; в) телогенен корен с малко пигментация в него (със стрелка) (Preedy V.R., 2012)

Върховият край на косъма показва дали върху него е оказано някакво механично въздействие и преди колко време. Той може да бъде отрязан, счупен, разцепен, заоблен или фино заострен. Факторите на околната среда, козметичните грижи, здравето и храненето на индивида могат да повлияят тази характеристика (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004, Oien C.T., 2009) (Подробно разгледано в раздел 3. Увреждания на космите).

При късо подстриганите косми на брадата П.А. Минаков наблюдава заобляне на краищата на разреза само 4-5 дни след подстригването, а след 7-8 дни заглаждането е вече добре видимо. На дългата коса на главата (4-12 cm) заглаждането става забележимо

след 8-10 дни. За дългата коса на главата при жените, оформена в прическа и поради това по-малко подложена на триене, загладването на краищата става видимо едва на 4-тата седмица след подстригването и ясно забележимо едва на 5-6-ата седмица. След 2-3 месеца, при част от подстриганите косми, загладеният свободен край се разцепва (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Голямо е съдебномедицинското значение на установено изкуствено третиране на космите (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004). Избелването премахва пигмента от космите и може да придаде на косата характерен жълт вид. Краищата на кортикалните клетки могат да станат по-изразени и да се развият кортикални фузии. В допълнение, по-тежките или многократни обработки могат да направят косата чуплива и люспите на кутикулата да се увредят. Изкуственото обезцветяване може да се разграничи от слънчевото изсветляване чрез по-рязка разграничителна линия между избелените и неизбелени области. За опитния експерт боядисаните косми притежават неестествен вид или цвят. Освен това кутикулата ще придобие цвета на багрилото.

При изследване на космите, в случай на такова третиране (боядисване, обезцветяване), в кореновия им край може да се установи наличие на поредица от ивици с различно оцветяване, вследствие на многократни боядисвания или обезцветявания. Ивиците може да са с различна ширина в зависимост от периодите, на които са извършвани козметичните процедури. Ако косата расте обикновено със скорост от 1 cm на месец, разстоянието може да бъде измерено от корена до линията на разграничаване на боядисаната част или да се измери ширината на ивиците с различен цвят, за да се оцени времето, изминало от процедурата за промяна на цвета. Многократното боядисване или обезцветяване води до поява на няколко разграничителни линии и съответно ивици с различен цвят. Това би послужило за допълнително индивидуализиране на космената проба и по-голяма стойност на сравнението с космите на конкретен индивид.

Относно болестните и травматични промени на космите – подробно е представено в раздели 3.1. и 3.2.

В лабораториите съдебномедицинското или криминалистично изследване на космите се извършва или при сухо монтиране, ако те ще са необходими и за допълнителни изследвания, или чрез потапяне

в някаква монтажна среда (среда за вграждане). При рутинно светлинномикроскопско изследване с пропусната светлина повърхността на сухо монтираните косми ще разпръсне светлината. Ако се използва стандартна монтажна среда (напр. канадски балсам), е възможно наблюдение при по-голямо увеличение и установяване на повече подробности. Този вариант на микроскопско изследване включва подробна оценка на фината морфология на косменото стъбло и характеристиките като пигментация (разпределение, агрегация, плътност на агрегата и т.н.), кутикуларни, кортикални, медуларни характеристики и др. (Preedy V.R., 2012).

При рутинната светлинна микроскопия могат да се наблюдават „цветни промени“, които се дължат на изменения в пигмента или на структурни промени, които не пропускат светлина и по този начин дават тъмни зони. Ако се използва отразена светлина, тъмните участъци при структурни заболявания като *pili annulati* стават светли. Промените в пигментацията не се променят с тази техника. Внимателното изследване с рутинна светлинна микроскопия осигурява по-голямата част от информацията, необходима в експертната практика (Dawber R.P.R. et al, 2004).

В началото се започва с микроскопия при ниска мощност, с цел добиване на обща представа за разглеждания косъм и редицата косми от известни източници (например предполагаеми жертви, заподозрени и т.н.). Така експертът се ориентира за вариациите на определена характеристика както в рамките на отделните косми, така и между космите от различните източници и може да прецени коя характеристика ще му бъде полезна при дискриминиране на космите от различни индивиди (Preedy V.R., 2012).

Поставянето на косъм върху предметното стъкло се улеснява, като първо се нанесе тънък филм от разтворител върху повърхността на стъклото. По-дългите косми се конфигурират на фигура осем, за да се поберат под покривното стъкло. Това дава възможност на проверяващия да вижда целия косъм от корена до върха. Един или повече косми могат да бъдат монтирани върху едно стъкло, в зависимост от тяхната дебелина и къдрене. Твърде много косми на едно стъкло могат да причинят прекомерно припокриване, което да затъмни прегледа на характеристиките на подлежащите косми. Няколко капки монтажна среда се нанасят върху косма/ите, а покривното стъкло се поставя внимателно, за да се предотврати

наличието на въздушни мехурчета. Може да се наложи прилагането на малко натиск при приплъзването на покривното стъкло, за да се осигури тънък слой. Колкото по-тънък е той, толкова по-лесно се изследват космите (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004).

- Поляризационна микроскопия: при нея могат да се подчертаят подробни характеристики на изследваните косми, включително разпределение на пигмента, непрекъснатост на медулата, рисунък на кутикулата и други по-малко очевидни особености. Добавянето на разтворител, като вода, към космите (мокро монтиране) може да подобри визуалното откриване на миниатюрни вътрешни характеристики в кортекса и медулата, които да са показателни например за видовата принадлежност на изследваните косми (Tobin D.J., 2005).

Чрез поляризационна микроскопия може да се получи и допълнителна информация относно биохимичния състав на косъма и фините структурни промени в него. С помощта на този метод е възможно да се определи коефициентът на пречупване и двойно пречупване на влакната (числената разлика между показателите на пречупване успоредно и перпендикулярно на оста на косъма), физично явление, причинено от ориентацията на вътрешните структури в косъма. При изследването на косми от хора с трихотиодистрофия напр., поляризационната микроскопия разкрива редуващи се по протежение на косменото стъбло ярки и тъмни участъци (Dawber R., Van Neste D., 2004).

- Стереомикроскопско изследване: Съвременните стереомикроскопи предлагат широка гама от увеличения. Използвайки стереомикроскоп, съдебният лекар може да наблюдава груби характеристики на косъма, включително цвят, форма, състояние на корените (ако са налични) и наличието на някакви външни материи (напр. кръв, пърхот, почва, насекоми, гъбички и др.) по проучваните косми (Tobin D.J., 2005).

- Електронно-микроскопско изследване: Оптичната микроскопия е ограничена в разделителна способност до приблизително 0,2 μm и има тясна дълбочина на фокус. Електронната микроскопия може да се използва за определяне на интервала от смъртта до изземването на космената проба. Също така, поради повечето представени детайли, при оценка на дефект по косъма може да се идентифицира инструментът, с който е въздействано върху него и с който е

упражнено насилието върху жертвата (Preedy V.R., 2012). Трансмисионната електронна микроскопия е с много висока разделителна способност (до 2 nm за биологични материали) и има фокус в дълбочина на изображението приблизително до 100 nm (Dawber R, Van Neste D., 2004). Сканиращата електронна микроскопия дава богата информация за повърхностната архитектура и елементния състав на косъма (ако е налична рентгенова микроаналитична приставка). Сканирането с електронна микроскопия или по-прецизираното цветно сканиране обаче е изследователски инструмент и всъщност всички подробности, необходими за съдебномедицинското изследване на микроструктурата на космите, могат да бъдат получени чрез оптични микроскопски методи (Dawber R, Van Neste D., 2004).

- Химическо изследване на космите: Обикновено това включва изследване за злоупотреба с наркотици – кокаин, тетрахидроканабинол (марихуана), амфетамини, анаболни стероиди и др., употреба на лекарствени препарати или въздействие на различни отровни и химически вещества. Откриването на дадено вещество (токсично или терапевтично) в космени проби може да помогне за асоцииране на даден човек с местопрестъпление, особено ако е потвърдено с друга тъканна проба (кръв, урина и др.) (Tobin D.J., 2005). Предимството на космената пред другите биологични проби е: лекотата на събиране, стабилността на пробата и по-малкото проблеми при съхранението и транспортирането. Немалко е значението и на факта, че косата позволява дългосрочна оценка на употребата на различни вещества (лекарства, наркотици, тежки метали).

Най-използваният за анализ метод е маспектрометричният. Той се прилага за идентифициране на появата на изотопи, като тези на кислород, въглерод, азот, водород или сяра, срещащи се в космената проба. От относителните изотопни съотношения, открити в пробата, могат да се направят изводи за географския произход на човека или региона, в който той е живял, докато косата е нараствала (Preedy V.R., 2012).

Маспектрометричният анализ се използва и за доказване наличие на наркотични вещества, лекарства и отрови в космите (Vincenti M. et al., 2012; Kintz P., 2007a). Въпреки че за повечето химически вещества всички доказателства за експозиция се изтриват от кръвта и урината за няколко дни (или часове) след приема им

поради естествените метаболитни и отделителни процеси в тялото, една малка порция от същите вещества се включва по няколко начина (кръвни капиляри, пот и себум) в кератиновата структура на косъма, от която трудно се премахва. Това фиксиране на веществото в структурата на косъма устоява на космения растеж за няколко месеца и води до потенциални хронологично проследими стойности от експозиция на веществото, със съответно доказани в сегментите по-отдалечени от корена на косъма на по-далечни периоди на прием.

Общото между различните модели за включване на химични вещества в косъма е, че тези вещества или техните метаболити се транспортират до корена на косъма от кръвта и след това се включват в матриксните клетки и меланоцитите по време на процеса на кератинизация. Също така могат да попаднат в косменото стъбло чрез абсорбция от околната среда и чрез секретите на потните и мастните жлези.

Върху степента, до която тези вещества се включват в космите, влияние оказва не само моделът и степента на употребата на веществото, но и химическата структура и фармакокинетиката на приетото вещество. Трябва да се обърне специално внимание на взаимодействието на химичните вещества с меланиновите полимери: тъй като вещества като невролептични лекарства, трициклични антидепресантите, бензодиазепиновите съединения, амфетамините, опиоидите и кокаина проявяват висок афинитет към меланина. Съответно тези вещества ще бъдат открити в пропорционално по-високи концентрации в по-силно пигментираните косми. Това се отнася не само за различни индивиди с различни нюанси на цвета на косата, но и за хора, които изкуствено променят цвета на косата си или части от нея (Preedy V.R., 2012).

Тестовите за коса, проведени върху хора, които обезцветяват части от косата си след консумация на хероин, показват значителни разлики в концентрациите на наркотиците между избелена и неизбелена коса. Концентрацията на 6-ацетил-морфин в химически обезцветена коса е до 60% по-ниска от концентрацията, открита в необезцветената коса. Следователно цветът на косата и количеството на присъстващия меланин трябва да бъдат взети под внимание при тълкуването на такива резултати от теста (Preedy V.R., 2012; Appenzeller B.M. et al., 2007a; Appenzeller B.M. et al., 2007b).

Непрекъснатото подобряване на аналитичните процедури и инструменталните технологии позволява да се определят например много малките количества лекарства, включени в косата. Тези концентрации непрекъснато намаляват, като в момента има научни доклади за откриване на лекарство в косата след еднократна експозиция. Напредък и в хроматографските, и в масспектрометричните техники са допринесли еднакво за впечатляващите резултати, постигнати от съвременната съдебна токсикология при анализ на косата (Preedy V.R., 2012; Vincenti M. et al., 2012).

Химическото изследване (напр. атомно-абсорбционна спектрофотометрия) има значение и при разглеждане излагането на човека на въздействието на различни токсични тежки метали, като арсен, олово, живак и др., свързано със замърсяването на околната среда. Човешкият организъм е изложен на метали от околната среда, диетата и на работното място по различни пътища: храносмилателен тракт, вдишване или дермално (Preedy V.R., 2012). Това позволява при идентификация на изследваните косми да се определи географският произход на индивида, евентуално трудовата му среда и хранителни навици.

За химическо изследване е най-добре да се из земе космена проба от тилната област на главата. В сравнение с другите области на главата, тази област има по-малка променливост в скоростта на растеж на косъма, по-постоянен брой на космите в растежна фаза и по-малко космени промени, свързани с възрастта и пола.

Благодарение на развитието на съдебната токсикология вече е възможно да се идентифицират и подходящи биологични маркери за етанолова консумация за оценка на алкохолната злоупотреба и за установяване на алкохолно въздържание (Appenzeller B.M. et al., 2007a; Appenzeller B.M. et al., 2007b). Откриването на директни метаболити на етанол, като етил глюкуронид (EtG), етил сулфат (EtS), етилови естери на мастни киселини (FAEE) и фосфатидилетанол (PEth), в различни биологични матрици, в момента представлява най-валидната стратегия за предоставяне на безпристрастни доказателства за хронична злоупотреба с алкохол. Препоръчва се анализ на сегмент от проксималните 3 cm от косъма, за да се избегне частична загуба на анализираният вещества. Предложените гранични стойности, които подкрепят диагнозата на хроничната прекомерна консумация на алкохол, са 30 pg EtG/mg скалпови косми и 0,5 ng

FAEEs/mg скалпови косми, съответно; и двете измерени в проксималния сегмент 0-3 cm (Vincenti M. et al., 2012).

Генетични методи: ядрена и митохондриална ДНК (nDNA и mtDNA).

Всеки материал, който съдържа ядрено носни клетки, може потенциално да бъде типизиран за ДНК полиморфизми, позволяващи биологичните доказателства да бъдат характеризирани до индивидуално ниво (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004, Swift A.J., 1977).

Според установеното в практиката, по-голямата част от космите, срещани на местата на престъпление, са естествено отпаднали (телогенни), те не съдържат нито коренова обвивка, нито активно растящи коренови клетки. Бърз предварителен преглед на космите, от адекватно обучен експерт за макроскопско изследване, е достатъчен, за да се установи дали коренът е подходящ за анализ на ядрена ДНК (nDNA), включително корени на косми в телоген, ако по тях се е запазил някакъв остатък от обвивка (Kolowski J.C. et al., 2004). Ако са налице поне 30 ядра, може да се получи пълен профил на nDNA на даден източник. Ако не може да се определи ядрена ДНК, се прави опит за типизиране на митохондриалната, намираща се извън ядрото на всяка клетка в организма.

Микроскопското и генетичното изследване са два различни изследователски инструмента, всеки от които предоставя отделни и отчетливи части от информация. Известно е, че два косъма могат да проявяват еднакви микроскопски характеристики и да показват различия при изследване на mtDNA. Обратно, два косъма, които имат една и съща последователност на mtDNA, могат да имат много различни микроскопски характеристики, както в случая на два индивида с една и съща майка (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004). Най-точна идентификационна информация ще се получи при комбинирано прилагане на методите – макро- и микроскопско изследване, последвано от генетично (ядрена и митохондриална ДНК) (Koch S.L. et al., 2020; Airlie M. et al., 2021; Garrett B.L., Neufeld P.J., 2009; Lee H.C., Pagliaro E.M., 2016).

4.1.1. Произход

Много често на местопроизшествието – по пода, стените или по различни предмети, включително оръжия, се откриват влакнести

материи с различни характеристики – дължина, дебелина, цвят и др. Подобни структури могат да бъдат открити и по тялото и дрехите на пострадалите, извършителите или заподозрените в извършване на някакво престъпление. Понякога само по един човешки косъм е възможно да се получат насоки за евентуалния извършител на престъплението. В други случаи може животински косъм да насочи към местопрестъплението. Напр. при намиране на човешки труп на дадено място е възможно по открит там животински косъм изследващият да се ориентира, че убийството е извършено на друго място и след това трупят е пренесен до мястото на намирането му. Откриването на различни влакна от дрехи, завивки, тапицерия и др. също може да даде насоки за това къде е престоял трупят, с какво е бил транспортиран от едно място до друго, с какво е бил завит за прикритие и др.

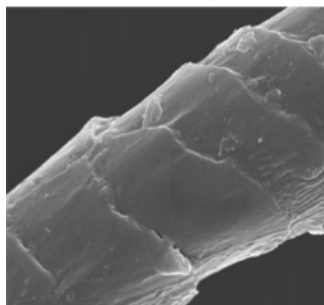
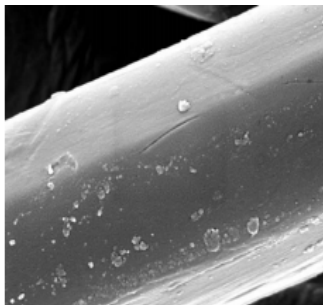
Един от основните въпроси, на които трябва да се отговори при съдебномедицинско изследване, е дали намереното на местопроизшествието влакно е с изкуствен или с естествен произход. Към изкуствените (синтетичните) влакна спадат найлон, полиестер, акрил, вискоза и др. (Снимка 84). Те се получават по пътя на полимеризация и поликондензация от различни основни продукти. Ако се определи естествен произход, то трябва да се реши дали той е растителен или животински. Растителният, от своя страна, би могъл да бъде памук, лен, коноп, юта и др. (Снимка 86). Влакната с животински произход биха могли да са копринени или косми – вълна (козина) (Снимка 85) или човешки косми (Снимка 87). Ако може, добре е да се определи на какво животно принадлежи косменото влакно.

Различаването на отделните типове влакна става при макро- и особено при микроскопско изследване. При електронна микроскопия – СЕМ, ТЕМ, могат да се определят и най-дребните детайли, даващи насоки за произхода, при трудни за решаване случаи.

Според мен определянето на естествения или изкуствен произход на влакното е доста лесно при светлинномикроскопско изследване, тъй като изкуствените влакна са с гладка повърхност и липса на характерния строеж на стъблото и неговата повърхност, наблюдавани при естествените влакна (Снимка 84 и 85). Някои видове влакна имат представители и в двете групи, напр. коприната – естествена и изкуствена.

Растителните влакна също имат специфичен вид, с различно по форма напречно сечение и без характерните елементи на влакната с животински произход.

Различаването на космите (човешки, животински) от влакната е още по-лесно, тъй като космите имат типичен строеж, който значително се отличава от този на останалите влакна.

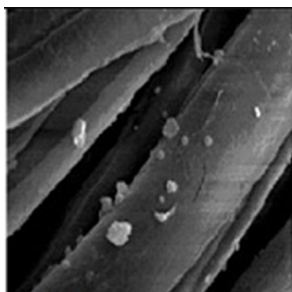


Снимка 84. Полиестерно влакно и Снимка 85. Вълнено влакно. Сканираща електронна микроскопия (5000 x) (Boehme A. et al., 2014)

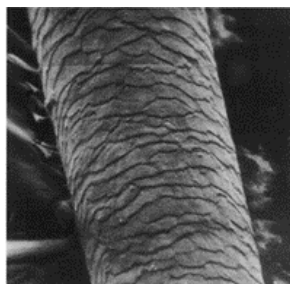
Ашурбеков (Ашурбеков Т.А., 1968, 1969) е предложил за отличаването им да се използва емисионно-спектрален анализ. Според него човешките косми се отличават от изкуствените влакна по съотношението на следните съдържащи се в тях елементи: натрий-титан, натрий-хром, натрий-манган, титан-хром, манган-хром, мед-манган, алуминий-манган (Туманов А.К., 1975).

Аз мисля, че достатъчно ясно могат да се различат тези два вида влакна и само при макро- и микроскопското им изследване, което прави напълно ненужно извършването на този анализ, изискващ допълнителни време и средства.

Космите, както човешките, така и животинските, се състоят от две части – космен корен (разположен под нивото на кожата) и космено стъбло (над това ниво). Косменото стъбло по същество е влакно с цилиндрична форма и дължина многократно надвишаваща ширината (диаметъра) му. По цялото си протежение то се състои от три разположени една в друга части – кутикула (най-външна обвивка), кортекс (средна част) и медула (в центъра на влакното) (Chauhan A. et al., 2014).



Снимка 86. Растително влакно
(Ullah N., 2014)



Снимка 87. Човешки косъм.
Сканираща електронна микроскопия
(Dawber R., 1997)

Посочените вградени един в друг цилиндри не са включени в строежа на растителните и изкуствени влакна и не могат да бъдат установени при светлинномикроскопското изследване на тези влакна (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985). Тези части са характерни обаче както за човешките, така и за животинските косми, като всяка от тях (кутикула, кортекс, медула) има свои особености, по които може да се определи и по-детайлно произходът – човешки или животински. Напр. космите на животните често се различават по броя на слоевете кутикулни клетки и по рисунъка, оформен от свободния край на клетките. При съмнение – може да се изготви отпечатък от кутикулата или да се изследва напречен срез (Туманов А.К., 1975).

Има някои особености на космите, по които може да се направи първична груба ориентация за човешкия или животинския им произход, преди да се извърши по-детайлно определяне. Напр. това може да се прецени по растежа на космите. Човешките косми не спират да растат, докато животинските спират да растат при достигане на определена дължина. Затова и човешките косми обикновено са с по-голяма дължина (зависи и от регионалния им произход), а животинските са по-къси. Цветът на човешките косми е еднакъв по цялата им дължина, от кореновия до върховия край, докато при животинските цветът може да се смени няколко пъти по дължината на косменото влакно.

Всички косми на животните по принцип са сходни помежду си по общи структурни характеристики, обаче съществуват специфични морфологични и химични различия между космите от различни видове, които позволяват да се правят разграничения от

криминалисти (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985). По-подробно разликите между човешките и животинските косми, както и между тези на различните животински видове, са представени в следващия раздел – 4.1.2. Видова принадлежност.

В някои случаи за определяне на човешкия или животински произход на космите, както и (при възможност) конкретния източник на изследваните косми, е целесъобразно изследване на ядрена или митохондриална ДНК (nDNA, mtDNA), което може да предостави допълнителна и по-точна информация. Тъй като ДНК технологиите са времеемки и свързани със значителни разходи, първата стъпка в аналитичния процес е макроскопско, последвано от микроскопско изследване и определянето дали се касае за косми и съответно дали произходът им е човешки или животински. Микроскопията позволява бързо да се изследва голям брой косми, събрани като доказателства, като по този начин, чрез подбиране само на необходимите обекти, се намалят времето и цената на ДНК анализите (Cortellini V. et al., 2019; Tridico S.R. et al. 2014) (По-подробно въпросът за възможностите за ДНК изследване на космите като веществени доказателства е представено в раздел 4.1.7. Индивидуална принадлежност).

4.1.2. Видова принадлежност

След изясняване на въпроса за произхода на влакното – естествен или изкуствен, ако той се определи като естествен и от животински произход, трябва да се реши дали принадлежи на човек или на някакво животно.

Оглеждане на космите с невъоръжено око често не позволява да се отличат човешките от животински косми и последните може да бъдат иззети като ВД, въпреки че рядко имат връзка с престъплението и изследването им е без значение. Напр. при оглед на автомобил, за който има подозрение, че е блъснал човек, по него могат да бъдат намерени различни косми. В този случай е много важно да се определи, че те са човешки, а не животински. Това се решава на основата на морфологично изследване на космите. Трябва да се отбележи, че въпреки големия брой признаци, отличаващи човешките и животинските косми, всички те не се явяват постоянни и затова

изводът трябва да се прави въз основа на съвкупността от данните за всички тях (Туманов А.К., 1975).

При изследването им може да се направи микроскопски анализ и сравнение на животинските косми, но индивидуалната идентификация на тези косми е с по-малка стойност от същата идентификация при човешките косми. Кучешките косми напр. не притежават достатъчно индивидуални микроскопски характеристики, за да се свържат изследваните косми с конкретно куче, с изключение на други кучета от подобна порода. Въпреки това не е малка ползата за криминалистичното изследване от такова проучване на космите. Напр. наличието на кучешки косми върху предмет от жертвата, които да могат да бъдат микроскопски свързани с известната проба от косми от кучето на заподозрения, може да бъде с голяма важност за разследването (Oien C.T., 2009).

Методите за изследване на космите при определяне на видовата им принадлежност са:

Стереомикроскопия: тя позволява наблюдението на проби в три измерения, като по този начин се избягва ефектът на сплескване, типичен за другите микроскопи. При ниски увеличения от приблизително 6,5x до 40x този анализ позволява възпроизвеждане на триизмерно изображение при директно наблюдение и изследване на цвят, структура, ефекти от обработка на пробите и др. (Pilli E. et al., 2014).

Светлинна микроскопия: използва се рутинно за бързо изследване на голям брой косми и определяне на вътрешната структура на влакната при увеличение 10x, 25x и 40x (Pilli E. et al., 2014, Cortellini V. et al., 2019).

Електронна микроскопия: за наблюдение на по-фините детайли и по-точно видово разграничение.

Генетичен анализ: определяне на митохондриална и ядрена ДНК.

В ежедневната практика на нашата лаборатория ние прилагаме стерео и светлинна микроскопия на всички предоставени за изследване влакна. Считаю, че електронната микроскопия е по-скоро с научно приложение, а към генетичен анализ се пристъпва едва след извършване на морфологичния и то само на определени при него подходящи за ДНК изследване обекти.

При изготвяне на микроскопски препарати всяка космена проба се почиства преди изследването със сапунен разтвор, последвано от промиване 2-3 пъти с дестилирана вода, за да се отстранят прахта и остатъците от замърсявания, ако има такива. След това всяка проба се поставя в етер/алкохол (50:50) за 2-3 минути, за да се отстранят всички мастни материи и се изсушава. Всеки изсушен кичур коса се третира с водороден пероксид в продължение на два часа, за изрусяване на космите, което помага да се получи по-ясна линия на диференциация между кортекса и медулата (Kshirsagar S.V. et al., 2009).

Следва монтиране на космите, като изсушените косми се почистват с ксилен, поставят се върху предметно стъкло и се добавя капка ксилен. Върху тях се поставя покривно стъкло. Препаратът се етикетира по подходящ начин и се оставя да изсъхне в продължение на 48 часа, след което се наблюдава под оптичен микроскоп (Kshirsagar S.V. et al., 2009).

При преценка на видовата принадлежност на изследваните косми се съобразяват следните основни признаци:

- човешките косми имат вретенообразна форма, а животинските може да имат форма на двойно вретено (Robertson J., 1999)

- човешките косми имат по-голяма дължина, а животинските са по-къси, тъй като човешкият косъм не спира да расте, а животинският спира, когато достигне определена дължина (Robertson J., 1999)

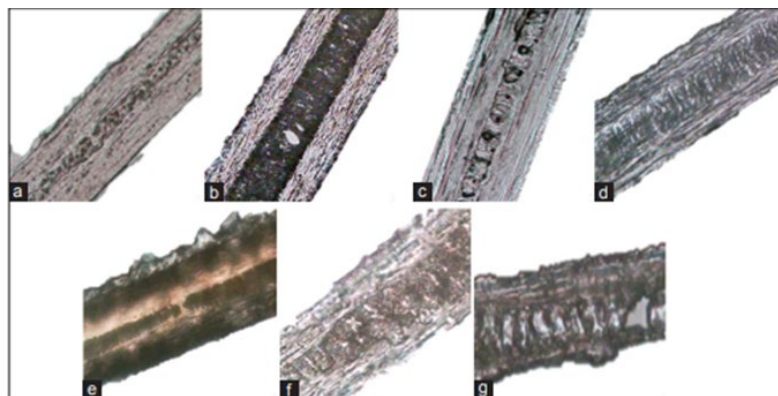
- човешките косми имат максимална дебелина 0,200 mm (Минаков П.А., 1894), а животинските може да имат и доста по-голяма дебелина

- при човешките косми цветът е еднакъв от корена до върха, а при животинските той може да се смени няколко пъти по протежение на стъблото от корена до върха (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

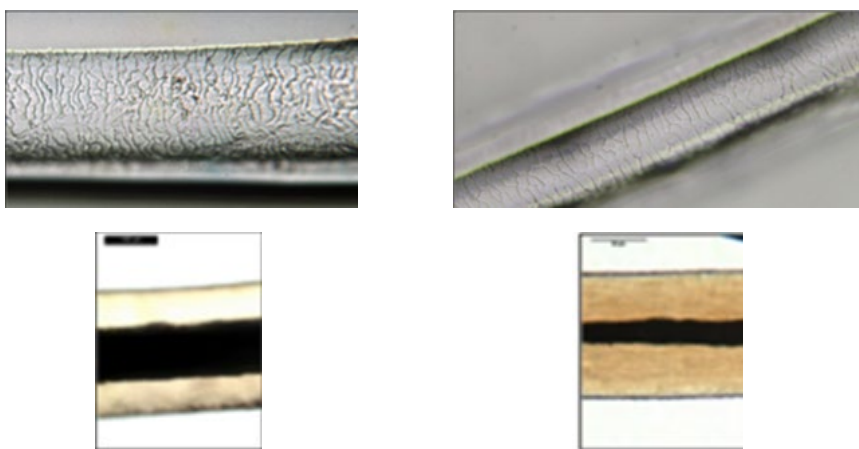
- при човешките косми формата на косменото стъбло е най-често цилиндрична, докато при животинските може да се наблюдава различна форма при различните животни – щит, права, симетрично задебелена или вълниста (Robertson J., 1999).

- медула – да се отбележи дали е налична или не; когато присъства – дали е непрекъсната, прекъсната, фрагментирана (Снимка 88). При животинските косми медулата често е непрекъсната, с изразена структура. Структурата е от два основни вида – стълба и решетка. Стълба – наподобява стъпала на стълба. Ако

„стъпалата“ са в един ред – едноредна стълба, ако са повече редове – многоредна. Решетка – изглежда като решетка от подпори, изградени от кератин, които очертават многостенни пространства, свързани със съседните такива (Robertson J., 1999).



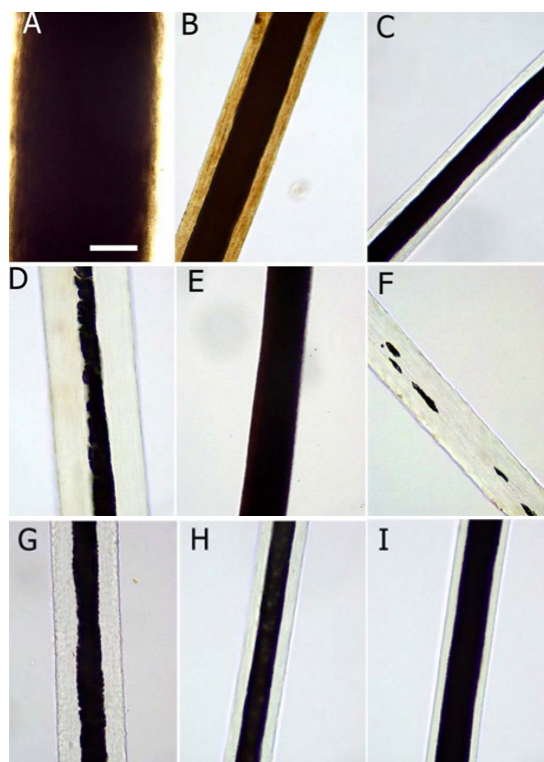
Снимка 88. Фотомикрограф на космените медула и кортекс при а) *Homo sapiens* (човек), б) *Bos taurus* (крава), в) *Canis lupus familiaris* (куче), д) *Capra hircus* (коза), е) *Equus ferus caballus* (кон), ф) *Felis catus* (котка), г) *Oryctolagus cuniculus* (заек) (Cortellini V. et al., 2019)



Снимка 89. Косъм от свиня и от човек – кутикула и медула (Tridico S.R. et al., 2014)

- медуларен индекс: Медуларният индекс на косъма се използва за разграничаване на животински от човешки косми в случаи на съдебномедицинско изследване. Той се изразява като съотношение на максималния диаметър на медулата към максималния диаметър на косъма. При животинските косми медулата съставлява повече от 1/2

от общия диаметър на косъма, докато при човешките съотношението обикновено е по-малко от 1/3. (Kshirsagar S.V. et al., 2009) (Снимка 89 и Снимка 90).



Снимка 90. Морфология на космената медула при различни животински видове A) бивол, B) камила, C) крава, D) кон, E) магаре, F) овца, G) коза, H) куче, I) котка (Ahmed Y.A. et al., 2018)

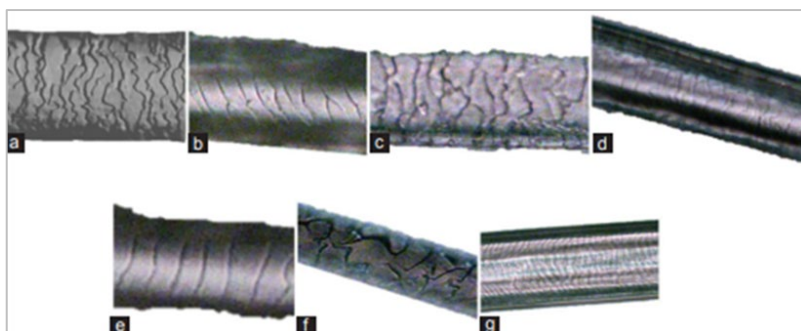
Kshirsagar et al. публикуват свое проучване, при което наблюдават, че медуларният индекс на човешките косми е по-малък от 0,25, а на животинските – повече от 0,44 (Kshirsagar S.V. et al., 2009).

- кортекс: цвят – резултат от пигментните частици в кортекса. Важен за идентификация на животинските косми е макроскопски установяващият се цвят, докато разпределението на пигмента в кортекса има по-малко значение. Оценка на пигмента – по отношение на количество (рядко или плътно) и разпределение – по дължината на стъблото (равномерно) и напречно на стъблото (по-плътно към центъра или към кутикулата); наличие на овоидни телца и др. (Robertson J., 1999) (Снимка 91).



Снимка 91. Овоидни телца в: а) кучешки косъм и б) човешки косъм
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

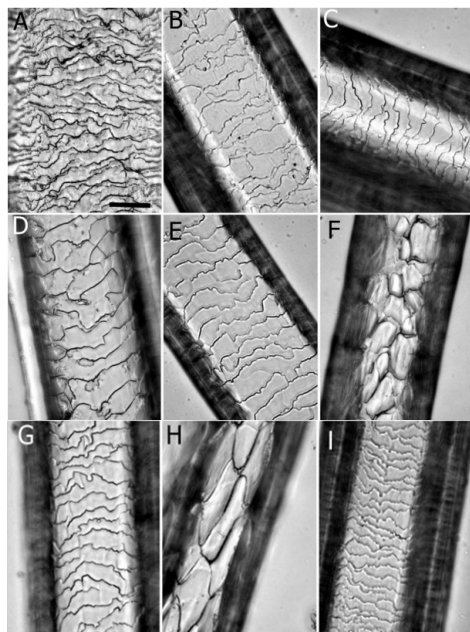
- характеристики на кутикулата и люспите ѝ: контур на люспите – гладък, назъбен (остри зъбци с връх), накъдрен (по-дълбоки и заоблени зъбци), мидообразен (контур с широки заоблени зъбци); дистанция между люспите – плътно, близо, с разстояние; модел на разположение (рисунок на кутикулата) – правилен или неправилен, вълни – прости правилни, прекъснати правилни, на ивици, неправилни вълни, мозайка или правилна вълнообразна мозайка, V-образни (единични или двойни), гребеновидни (грубо или копиевидно), под формата на венец (неправилни или диамант) (Robertson J., 1999). При човешките косми линиите на кутикулата са вълнообразни по цялата дължина на косъма, включително и в корена му, което не се наблюдава при животинските (Снимка 92 и 93).



Снимка 92. Фотомикрограф на космената кутикула при а) *Homo sapiens* (човек), б) *Bos taurus* (крава), в) *Canis lupus familiaris* (куче), д) *Capra hircus* (коза), е) *Equus ferus caballus* (кон), ф) *Felis catus* (котка), г) *Oryctolagus cuniculus* (заек) (Cortellini V. et al., 2019)

Изследване на рисунка (релефа) на кутикулата на косъма е трудно при директно наблюдение на косъма върху предметно стъкло, затова в повечето лаборатории се прави отпечатък върху лак за нокти

или друга мека материя (напр. желатин). Тънък слой лак за нокти се разстила върху предметно стъкло, а в средата на стъклото се поставя косъм. Лакът се оставя да се втвърди и косъмът се отстранява внимателно. След това рисунъкът на кутикулата се наблюдава под оптичен микроскоп при увеличение 10х, 25х и 40х (Cortellini V. et al., 2019).



Снимка 93. Рисунък на кутикулата при косми на различни животни: А) бивол, В) камила, С) крава, D) кон, Е) магаре, F) овца, G) коза, H) куче, I) котка (Ahmed Y.A. et al., 2018)

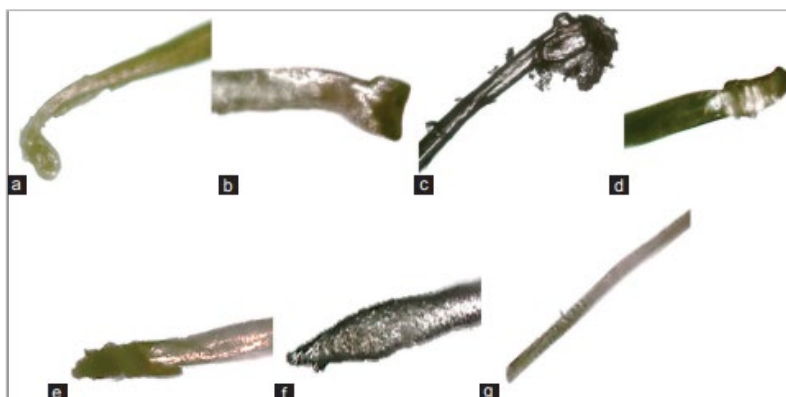
- напречно сечение – събира се информация в три направления – форма на косъма, разпределение на пигмента напречно на стъблото, позиция на медулата (центрична, ексцентрична) (Robertson J., 1999).

За изследване на напречното сечение косъмът се фиксира с формалин и вгражда в парафин. След фиксиране пробите се нарязват на микротом на участъци с дебелина 4 μm . Наблюдава се под оптичен микроскоп при посоченото по-горе увеличение (Cortellini V. et al., 2019).

В отделни случаи диференциалната диагноза може да създава значителни трудности. Армеев (Армеев Д.А., 1961) при изследване на косми на лисици отбелязва, че космите от тези животни понякога могат да приличат много на човешки, защото при тях е възможно да съвпадат форма, цвят, дължина, дебелина, съотношение в дебелина на кортекс и медула, строеж на медулата, разпределение на пигмента, а също и особености на свободните краища на космите. Обаче при

човека конусовидна форма се наблюдава само при космите на веждите и миглите. Тези косми имат дължина не повече от 4,2 cm и дебелина от 0,055 до 0,129 mm. В кореновите части на космите линиите на рисунъка на кутикулата се разполагат близо една до друга, в средните части още се сближават, стават вълнообразни и назъбени. Близо до върховия край вълнообразността и назъбеността са по-слабо изразени. Пигментът се разполага основно централно, а дебелината на медулата се отнася към дебелината на целия косъм в съотношение 1-1,5:10. Космите на лисиците имат дължина 20-102 mm, дебелина от 0,1 до 0,46 mm. Линиите на рисунъка на кутикулата имат вълнообразност и назъбеност по цялото протежение на стъблото на косъма. Пигментът е разположен предимно в периферните части на кортекса. Формата на напречното сечение на медулата не съответства на формата на напречното сечение на целия косъм, а съотношението на дебелината на медулата към на целия косъм е 2,7:10 (Туманов А.К., 1975).

Несъмнено най-често срещаните и съответно изследвани при криминалистични (престъпления срещу човека) случаи животински косми са кучешките и котешките. Съществуват редица публикации, в които се посочва, че идентифицирането на тези два вида може да се извърши единствено въз основа на техните коренови краища (Tridico S.R. et al., 2014) (Снимка 94). Косъмчетата на кучетата имат корени с вид на пика или острие на стрела, а котешките корени са удължени, без отличителна форма, фибрилите са често протрити в основата на корена. И двете от тези коренови форми обаче могат да се срещнат както при двата вида, така и при други видове. Съотношението на ширината на медулата към ширината на целия косъм показва, че медуларният индекс при котките е по-висок от този при кучетата (Robertson J., 1999). За да извърши точна идентификация и да различи всеки от тези видове, експертът трябва да разгледа особеностите на медулата и кутикулата по цялата дължина на изследваните косми, а не само кореновите им форми. Освен това изследващият трябва да провери съвкупните морфологични характеристики, за да прецени какви други животни могат да проявяват сходни особености във всички аспекти, т.е. модел на медула, модел на кутикула и в някои случаи форми на напречно сечение.



Снимка 94. Фотомикрограф на космения коренов край при а) *Homo sapiens* (човек), б) *Bos taurus* (крава), в) *Canis lupus familiaris* (куче), д) *Capra hircus* (коза), е) *Equus ferus caballus* (кон), ф) *Felis catus* (котка), г) *Oryctolagus cuniculus* (заек) (Cortellini V. et al., 2019)

Свински косми: макар че е прието, че свинската кожа се използва като заместител на човешката кожа, космите на тези два вида са абсолютно различни. Характерна особеност на свинските косми е, че в повечето случаи върховете на влакната са раздвоени (Tridico S.R. et al., 2014) (Снимка 90).

Основните разлики между човешките и животински косми са представени в Таблица 23.

Когато при микроскопското им разглеждане е затруднено определянето на видовата принадлежност на изследваните косми, Асадчих и Локтев (Асадчих Н.П., Локтев В.Е., 1969) предлагат допълнително изследване – определяне на цистина. По техни данни цистинът в космите има два типа разпределение: 1 – в човешките косми се забелязва наличие на яркокафяви ивици, разположени напречно и надлъжно, които създават като контур на свободните ръбове на кутикулните клетки. 2 – в животинските косми цистинът има вид на зърна с различни размери, които са разположени в струпвания с овална или друга форма.

При изследване на косми, лишени от пигмент (сиви косми при човека или безцветни косми при животните), те трябва да се обработят 1½-2 ч. с 12-15% разтвор на железен сулфат, подкиселен с 2-3 капки ледена оцетна киселина. След това от тях се правят напречни срези по метода на Ейдлин (Эйдлин Л.М., 1955). Срезите се включват в канадски балсам. Различията в човешките и животински

косми стават най-добре видими 12-15 ч. след включване в балсама. За животинските косми е характерно наличие в кортекса на големи вретеновидни клетки с различна форма на напречното сечение (триъгълна, четириъгълна, многоъгълна), добре изразено междуклетъчно вещество, със сравнително дебели слоеве, ясно отделящи клетките една от друга. В кортекса на човешките косми клетките са с по-малки размери, имат неправилно кръгла форма на напречното сечение, междуклетъчното вещество е слабо изразено (Эйдлин Л.М., 1955).

Таблица 23. Основни разлики между човешките и животински косми
(Tridico S.R. et al., 2014)

Човешки	Животински
Кутикула	
1. Оптичният ръб на косъма е равен, със слабо различима дребна назъбеност, тъй като клетките на кутикулата плътно прилягат една към друга. 2. Непокритите части на клетките на кутикулата имат по-големи напречни от надлъжните размери. 3. Свободните ръбове на клетките благодарение на приближеността, назъбеността и вълнообразността на образуваните линии създават характерен рисунък, който зависи от регионалния произход на косъма и от участъка на косъма. В кореновата част на косъма линиите на рисунъка са по-раздалечени и по-малко вълнообразни и назъбени, отколкото в средната част. С приближаване към върха линиите все повече се сближават, а вълнообразността и назъбеността се увеличават. 4. След обработка на косъма за определяне на цистин, последният се вижда във вид на ярко кафява ивица, която е като контур на свободните ръбове на клетките на кутикулата.	1. Оптичният ръб на косъма е неравен, с добре изразени големи назъбености, тъй като свободният край на клетките на кутикулата се отклонява от стъблото на косъма. Понякога този ръб може да е наведен встрани (извит) от стъблото, с образуване на фигури като корона или пръстен. 2. Свободните ръбове на клетките на кутикулата при различните животни, а понякога и в различните участъци на един косъм имат различна форма. При много животни непокритите части на клетките на кутикулата имат по-големи размери, т.е. линиите на рисунъка на кутикулата са отдалечени една от друга. 3. При животните различните видове рисунък на кутикулата значително се отличават. Даже по протежение на 1 косъм може да има големи различия. 4. Цистинът се проявява във вид на зрънца с различни размери, разположени в сгрупвания с овална или друга форма.

Кортекс	
1. Най-широкият слой. Той съставлява основната маса на косъма. 2. Пигментът по-често се разполага най-гъсто в периферната част на кортекса, близо до кутикулата. Понякога се разполага повече или по-малко равномерно в целия кортекс. Централно разположение на пигмента (близо до средата на косъма) се наблюдава рядко, предимно при косми с червен цвят. Пигментните зърна са малки и не образуват големи струпвания.	1. Слойт е тънък. Заобикаля дебелата нишка на медулата, която съставлява основната част на косъма. 2. Пигментът се намира преимуществено в частите на кортекса, разположени близо до медулата. При редица животни се забелязва неравномерно разпределение на пигмента по дължината на косъма. В тези косми може да се установи, че по дължината им настъпва постепенно намаляване на един пигмент и увеличаване на друг. Светлият и тъмният пигмент, които се редуват, се разполагат нееднакво в кортекса. Тъмният пигмент е предимно в периферната част, а светлият – в централната. Пигментните зърна се разполагат на групи със сравнително големи размери. Тези пигментни струпвания са под формата на издължени линии по хода на косъма.
Медула	
1. При микроскопско изследване е невъзможно да се установят каквито и да е структурни особености, тъй като медулата се състои от няколко реда клетки, плътно прилягащи един към друг. 2. Дебелината ѝ като правило не превишава 1/3 от дебелината на косъма.	1. При микроскопско изследване, благодарение на имащото определена система разположение на клетките и въздухоносните пространства между медуларния и кортикален слой, а също и поради наличие понякога между клетките на междуклетъчно вещество, може да се проявяват особености на строежа на медулата, характерни за различните видове животни. Този признак се явява един от основните при установяване на видовата принадлежност на космите. 2. Животинските косми, като правило, имат по-дебела медула от човешките. Отношението на дебелината на медулата към дебелината на целия косъм при животните е 5-9:10.

3. Не е възможно да се получат дискове от медулата. 4. По дължината на косъма медулата нееднократно се прекъсва и може да има вид на отделни острови. 5. Дебелината на медулата не е еднаква по протежение на косъма. Има по-тесни и по-широки участъци. 6. В космите с дебелина по-малка от 0,040 mm, като правило, медулата отсъства.	3. При съответна обработка от космите на животни могат да се отделят отделни дискове. 4. Обичайно медулата е като непрекъсната нишка по цялата дължина на косъма. Прекъсване се наблюдава само в областта на корена и върха на косъма. 5. По-често дебелината на медулата е равномерна, като оптичните ръбове, нейните и на кутикулата, са успоредни. 6. Медула се среща и при косми с дебелина 0,011-0,012 mm.
---	---

За различаване на пигментираните косми (човешки и животински) те се обработват 1- 1 ½ ч. с разтвор на железен сулфат, промиват се с вода и след това се поставят за 1 ч. в перхидролен разтвор. На напречния срез на животински косми се забелязва обезцветяване на пигмента по периферията на кортекса, т.е. образува се просветлен пръстен на мястото на пигмента. При човешките косми се наблюдава равномерно изменение на цвета на целия кортекс (Эйдлин Л.М., 1955).

Освен морфологични (Таблица 24), между човешките и животински косми се установяват и химични различия ((Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985). Затова при отсъствие на морфологични признаци, позволяващи установяване произхода на космите от човек или някакво животно, може да се прибегне към химическо въздействие върху космите. След такова въздействие се проявяват особености в строежа на кортекса, които позволяват да се отличат човешките от животински косми (Александров Н.Г., 1956).

За видово определяне на изследваните косми Ашурбеков (Ашурбеков Т.Р., 1968, 1969) предлага да се използва емисионно-спектрален анализ. Той изследва космите на редица животни и човек, а също и различни изкуствени влакна.

Таблица 24. Морфологични различия между косми на човек и някои животни (Cortellini V. et al., 2019)

Изследвани характеристики	Homo sapiens (човек)	Bos taurus (крава)	Canis lupus familiaris (куче)	Capra hircus (коза)	Equus ferus caballus (кон)	Felis catus (котка)	Oryctolagus cuniculus (заек)
Врх	Квадратно срязан	Заострен	Квадратно срязан	Тънко заострен	Заострен	Заострен	Тънко заострен
Корен	С форма на бухалка	Удължен	С форма на лопата	Удължен	С круповидна форма	Удължен	Удължен
Кутикула/люспи	Застъпващи се	Удължени	Не изпъкнали	Застъпващи се	Застъпващи се	С шпичета	Шестоъгълни
Медула	Аморфна	Аморфна	Непрекъсната	Непрекъсната	Аморфна	Непрекъсната Еднородна стълба	Непрекъсната Еднородна стълба
Кортекс	Без ивици	Без ивици	Без ивици	Без ивици	Без ивици	Ивици	Ивици

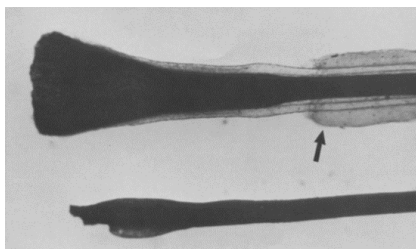
Установява, че в човешките косми се съдържа по-малко натрий от космите на куче, свиня и малко повече от в котешките. Количеството на хрома в космите на човек, коза, свиня е по-малко от в космите на кучетата и капроновите влакна (найлонови влакна). В космите на кучета, кози, човек има повече манган, отколкото в космите на свине, котки и изкуствените влакна. Човешките косми са най-богатите на алуминий, което ги отличава от космите на всички животни (Туманов А.К., 1975).

Най-точният метод за определяне на видовата принадлежност на изследваните като ВД косми е генетичният анализ. За ДНК анализ фиксираните косми се депарафинират при две смени в ксилол за 10 минути; рехидратират в 100% етанол, 90% етанол и 70% етанол за 5 минути всяка; и накрая се изплакват във вода (Cortellini V. et al., 2019).

В заключение може да се посочи, че и микроскопският, и ДНК анализът на космите са полезни при съдебномедицинските изследвания. При микроскопското изследване се установяват морфологични различия, които позволяват дискриминация както между човешки и животински косми, така и разграничаване между отделните животински видове. Използването на оптичен микроскоп, за наблюдение на космите от хора и други видове, позволява първи скрининг за избор на косми, които да бъдат подложени на ДНК анализ, което спестява време и разходи, като по този начин се избягва генетичният молекулен анализ на нечовешки косми. Най-добри резултати за потвърждаване на видовата принадлежност на пробите се получават при съвместно прилагане на двата метода.

4.1.3. Полова принадлежност

Често в зависимост от типа престъпление, на което е обект лицето източник на изследваните косми, е необходимо да се определи половата му принадлежност като част от процеса на космената идентификация. Определянето може да стане по различни начини, в зависимост от това дали предоставените косми са насилствено изтръгнати, т.е. с налична остатъчна част от коренова обвивка, естествено отпаднали (без обвивка) или се отнася само за части от косменото стъбло, намерени на местопрестъплението или местопроизшествието (напр. при ПТП) (Снимка 95).



Снимка 95. Изтръгнат космен корен. На по-горния се вижда (посочено със стрелка) наличие на епителна коренова обвивка. На по-долния такава обвивка липсва (Nagamori H., 1978)

Когато се предоставят за изследване насилствено отстранени косми с прикрепена към корена им част от обвивка, могат да се извършат редица изследвания, включително и анализ за различни генетични маркери, осигуряващо допълнителни данни за индивидуализиране на косъма. При човека половите хромозоми (X и Y) се съдържат в една от 23-те двойки хромозоми, които присъстват в ядрата на соматичните клетки. От 46 различни хромозоми (23 двойки), половината са от майчин произход, а другата половината са от бащин произход. Всяка от различните двойки хромозоми може да бъде идентифицирана въз основа на нейния размер, форма и оцветяване. Тъй като мъжкият генотип е XY, а женският е XX, идентифицирането на тези хромозоми във фоликуларните клетки на корена на косъма може да се използва за определяне на половия произход на косъма (Mudd J.L., 1984).

В соматичните клетки при женските организми се съдържат две X хромозоми. По време на ранното ембрионално развитие една от двете X хромозоми е случайно инактивирана и се появява като хроматинова маса по периферията на ядрото. Това настъпва тъй като когато има повече от една X хромозома, всички, освен една от тях, ще бъдат нефункционални. В клетките на мъжките индивиди хромозомите са X и Y, т.е. Y хромозомата е определяща мъжкия пол хромозома и липсва при женските индивиди. Размерът ѝ е постоянен при мъжките потомци, но варира между несвързани генетично мъже. Това се дължи на разликите в дължините на дългите рамена на хромозомите (Mudd J.L., 1984; McKenzie W.H. et al. 1972).

Процедурите, използвани за идентифициране на X и Y хромозомите, са добре установени. Инактивираната X-хромозома е открита за първи път от Barr и Bertrum (Barr M.L., Bertram E.G., 1949;

Mittwoch U., 1964), и определена като „секс хроматин“ или полов хроматин. Различни проучвания разкриха, че всяко ядро на соматична клетка на женски организъм съдържа един полов хроматин, а тези на мъжките индивиди – не. Това е използвано като полезен маркер за полова идентификация в областта на съдебната медицина (Nagamori H., Takeda K., 1980; Barr M.L., Bertram E.G., 1949). Y-хромозомата за първи път е оцветена с хинакринова горчица (QM) от Caspersson et al. (Caspersson T. et al., 1969), а Zech (Singh H. et al., 1984) демонстрира, че дисталната част на Y-хромозомата показва изразена флуоресценция след оцветяване с хинакринова горчица.

През годините са използвани различни оцветявания и техники за доказване на половите хромозоми. При някои от процедурите се разчита почти изключително на наличието или отсъствието на Y-хромозомата като основа за определяне на половия произход на тъканта. При онези екземпляри, на които липсва Y-хромозома, се счита, че тъканта произхожда от женски организъм. Доказано е обаче, че в някои случаи Y-хромозомата може да не показва оцветяване с хинакриновото багрило (Richards B.W., Stewart A., 1978; Magenis E., Dolan T., 1982). Следователно може да се стигне до невярно заключение относно пола на индивида в случаите, когато соматичните клетки от нормален мъжки индивид имат слабо флуоресцентна или нефлуоресцентна Y-хромозома. За да се заобиколи този потенциален проблем при определяне на пола от насилствено отстранени косми, е приет подход, който разчита на идентифицирането и на двете полови хромозоми. Разработена е техника, при която клетките на кореновите обвивки на космите се оцветяват първо за Y, а след това за X хромозома, използвайки хинакринова горчица. Тази техника (Mudd J.L., 1984) се основава на диференциацията на X и Y-хромозомната флуоресценция съответно при рН 3.0 и рН 5.5 след оцветяване с хинакрин на всеки образец. При разпределението на честотата на поява на флуоресцентните петна в материалите от двата пола са получават два отделни пика. Тази разлика в честотите може да се използва като критерий за определяне на пола.

През 1968 и 1969 Casperson et al. (Casperson et al., 1968, 1969) откриват, че хромозомите на делящите се клетки в различни организми излъчват флуоресценция, когато се оцветяват с хинакрин, флуоресцентен акридинов дериват. Zech (Zech L., 1969), както и

Nagamori и Takeuchi (Nagamori H., 1978, Singh H., 2004) съобщават, че Y-хромозомите на дялящите се клетки в човешката кръвна култура отделят ярка флуоресценция при оцветяване с хинакрин.

Както вече бе посочено, докато Y-хромозомата трябва да бъде идентифицирана, за да се заключи, че образецът е произлязъл от мъжки пол, отсъствието на Y-хромозома само по себе си не е достатъчно, за да се заключи, че образецът произхожда от женски. За да се определи окончателно, че пробата е с женски произход, трябва да се идентифицират достатъчен брой инактивирани X-хромозоми. Наличието на Y-хроматин, дори в единични клетки, сочи, че косъмът произхожда от мъж. Този хроматин се намира само в човешките клетки и не се среща в клетките на различните животни, т.е. откриването му е допълнително доказателство и за видовата принадлежност на косъма. Y-хроматинът се проявява при луминесцентно микроскопиране на клетките от обвивката, като окръглена, ярко светеща в жълтозелено формация или като сърповидна такава, прикрепена за ядрената мембрана. X-хроматинът се наблюдава под формата на т.нар. телца на Бар („барабанни палки“) в 20-80% от клетките на жените, при оцветяването им по метода на Романовски-Гимза (Kringsholm B. et al., 1977).

Montanari et al. (Montanari G.D. et al., 1967) предлагат следната техника за изследване телцата на Бар: Получаване на скалпови косми чрез издърпване. Използване само на растящи космени фоликули. Фиксиране на космените проби за между пет и десет часа в следния разтвор: наситен живачен хлорид 90 ml 40%; формалин 10 ml; ледена оцетна киселина 2 ml. След това прекарване на пробите през следните разтвори: 1. алкохол 80% – 3 часа, 2. алкохол 95% – 45 минути, 3. абсолютен алкохол 1 – 20 минути, 4. абсолютен алкохол 2 – 20 мин, 5. разтвор от 5% целоидин в метил бензоат 1 – 30 мин, 6. разтвор на 5% целоидин в метил бензоат 2 – 30 мин, 7. бензол – 5-10 мин, 8. бензол и парафинов восък – 30 мин, 9. парафинов восък 56-58°C – 1 час, 10. парафинов восък 56-58°C – 1 час, 11. парафинов восък 56-58°C – 1 час.

Блоковете се охлаждат с въглероден диоксид и се нарязват при 3 fi. Парафинът се отстранява и срезове преминават през алкохолите, след това през разтвор на Lugol – 5 мин, и се промиват в хипосулфит и вода. Накрая срезове се прекарват бързо през целоидинов филм и се оцветяват с хематоксилин и еозин. За да се

получи по-добра диференциация на ядрената мембрана и на половия хроматин от другите хроматинни тела в ядрото, срезове се оцветяват с наситен разтвор на индиго кармин в пикринова киселина (0,25 g индиго кармин в 100 ml пикринова киселина). Степента на диференциация трябва да се контролира чрез директно наблюдение под микроскоп. След това секциите се измиват във вода, дехидратират, избистрят и монтират по обичайната техника. При пониски увеличения на микроскопа се избират участъците от луковицата, които съдържат епителни клетки с големи, добре запазени везикуларни, ясни и непикнотични ядра. След това ядрата на тези епителни клетки се изследват под обектив, при потапяне в олеозна субстанция, за наличие на полов хроматин (Montanari G.D. et al., 1967).

Космите от женските индивиди може да бъдат оцветени и с крезил-виолет, съгласно модификация на техниката от Schmid, т.е. с ацето-орцеин (Francois J. et al., 1971), а мъжките косми с 0,5% хинакринова горчица (Culbertson J.C. et al., 1969). Космите се оцветяват с прясно филтриран ацето-орцеин за приблизително 30 секунди при 65°C и се инспектират под лупа или светлинен микроскоп, за да се огледат структурите. С острието на скалпела луковицата се отстранява и кореновата обвивка (цилиндър от клетки) се изплъзва от стъблото. Външната коренова обвивка се оцветява с ацето-орцеин, за да се придаде яснота на ядрените структури (Singh N. et al., 2004).

За приготвяне на оцветителя: 0,5 g синтетичен орцеин се разтваря в 22 ml гореща (80°-85°C) оцетна киселина. След охлаждане се добавят 27 ml дестилирана вода и разтворът се филтрира в добре запушена колба (Bassett W.A.G, 1978).

Полученият космен материал се компресираща под покривно стъкло, за да се получи монослой от клетки. След това в подходящите изгледи се изследва за телца на Barr при увеличение 40x и 100x на микроскопа. При човека половият хроматин е класически разположен в ядрената мембрана и по този начин е в маргинална позиция (Culbertson J.C. et al., 1969). След това клетките от кореновата обвивка се отстраняват върху предметното стъкло, фиксират се и се оцветяват с 0,5% хинакрин дихидрохлорид за 5 минути, след което се третират с цитрат фосфатен буфер (pH 5,5) за 15 минути, за кондициониране на цвета и се монтират с фосфатен буфер (pH 7.4). Те се изследват под

40x и 100x флуоресцентен микроскоп (Singh H. et al., 2004; Francois J. et al., 1971). Предимство на флуоресцентната микроскопия е, че и двата пола могат да бъдат диагностицирани положително; позволява не само наблюдение на мъжко флуоресцентно Y петно, но и визуализиране на женско телце на Бар (Francois J. et al., 1971).

Установено е, че половият хроматин споделя с останалата част от хроматина афинитет към основни багрила и следователно реагира положително на тестове за дезоксирибонуклеинова киселина, оцветява се лесно с техниката на Фойлген (Feulgen), крезил виолетово и с метиленово зелено (Nagamori H., 1978, Patanelli D.J., Nelson W.O., 1961).

Nagamori (Nagamori H., 1978) предлага следния метод за определяне на полови хроматин: Към всеки корен на взетите за изследване косми се прибавят 2 или 3 капки 25% ледена оцетна киселина и се оставят за 15 минути. Това третиране причинява набъбване на клетките на обвивката, което прави лесно отстраняването ѝ от косменото стъбло. Клетките се смачкват и разпростираат върху предметно стъкло. Смачканите клетки се изсушават чрез поставяне на предметното стъкло в инкубатор при 37°C за 30 минути. След това се оцветяват на стайна температура с 1% воден хинакрин хидрохлорид в продължение на 15 минути и се промиват обилно с дестилирана вода (King L.A., Wigmore R., 1980). След оцветяването пробата се поставя в буфер за диференциация с pH 5.5 и след това се изследва за флуоресценция на Y-хромозома (Nagamori H., 1978). След завършване на изследването слайдът се поставя в буфер за диференциация с pH 3.0 и след това се изследва за наличие на флуоресцентното тяло на Barr. Трябва да се отбележи, че когато се изследва корен от косъм на мъжки индивид, Y-хромозомата понякога може да бъде слабо видима в клетките, когато слайдът се изследва за X-хроматин при pH 3.0. Тъй като морфологията на Y-хромозомата е различна от тази на инактивираната X, нейното присъствие не пречи при броенето на X-хроматините. Използването на буфер за диференциация с pH 3.0 предизвиква гасене на фоновата флуоресценция, при което X-хроматинът става по-очевиден и лесно разпознаваем. Т.е. след съответното оцветяване Y и X-хромозомната флуоресценция се наблюдава съответно при pH 5.5 и 3.0 чрез епифлуоресценция ((Mudd J.L., 1984, Francois J. et al., 1971).

В ядрата от мъжки косъм Y-хромозомата обикновено се появява като едно ярко петно (Снимка 96). В някои случаи Y-хромозомата може да се появи в дуплексна форма, резултат от механичното третиране на корена на косъма при подготовката на фоликуларната клетка. В ядрата от женската обвивка една от двете X-хромозоми е неактивна и кондензирана и обикновено се появява в края на ядрото като голямо, флуоресцентно яйцевидно (овоидно) тяло (Mudd J.L., 1984) (Снимка 97).



Снимка 96. Ядра на кортикални клетки на мъжки косъм: ярко флуоресцентно петно (посочено със стрелка) се наблюдава във всяко ядро (Nagamori H., 1978)



Снимка 97. Ядра на кортикални клетки на женски косъм: не се наблюдава флуоресцентно петно (Nagamori H., 1978)

За да се получи верен резултат, се преброяват 100 клетки при изследване за флуоресценция на X и Y-хромозома. След приключване на броенето на X и Y-хромозомите (броенето на хромозомите на 100 клетки) за всеки един космен образец, се отчита като резултат Y-X (Y минус X) чрез изваждане на броя на хромозомите X от съответния брой на хромозомите Y. Резултатът от Y-X се използва за определяне пола на индивида от фоликуларните клетки на космения корен. Y-X оценките, получени за проби от жени, са с отрицателни стойности, докато Y-X оценките, получени за проби от мъже, са с положителни стойности (Mudd J.L., 1984; Nagamori H., 1978).

Според резултатите от проведен от Nagamori (Nagamori H., 1978) експеримент при изсушените мъжки косми честотата на флуоресцентните петна постепенно намалява с течение на времето. Въпреки това честотата все още е 20-40% 4 седмици след отскубването. От друга страна, при изсушените женски косми честотата на флуоресцентните петна показва малка промяна във времето и остава в границите 0-12%. Флуоресцентните петна трудно се откриват в мъжки косми, потопени във вода само за 6 часа, което предполага, че нуклеиновата киселина или протеинът в Y-хромозомата се денатурира по някакъв начин във водата. Следователно определянето на пола изглежда трудно за космите, поставени във влажно състояние за определен период от време. Същата тенденция се наблюдава при женските косми, потопени във вода.

При своите изследвания Kringsholm et al. (Kringsholm B. et al., 1977) установяват, че в клетките на мъжката епителна коренова обвивка изследването може да се извърши до 27 седмици, след съхранение в сухи условия (Kringsholm B. et al., 1977, Singh H. et al., 2004). Може да се предположи обаче, че вероятно в резултат на разлагане на Y-хроматина честотата на флуоресцентните петна при мъжките косми ще намалее, докато честотата стане толкова ниска, колкото е тази при женските косми. Nagamori (Nagamori H., 1978) е успял да разпознае пола при изследване на космите за период до четири седмици от съхранението им. Nagamori и Takeda (Nagamori H., Takeda K., 1980) съобщават за разграничаване на мъжкия и женския пол от космите до 32 седмици.

При всички посочени техники за определяне на пола обаче е необходимо наличие на епителни коренови обвивки, но космите открити на местопрестъпленията често нямат такива обвивки (Nagamori H., Takeda K., 1980). Затова са провеждани експерименти с цел намиране на възможност за определяне на пола от космите чрез наблюдение на честотата на Y-хроматина в ядрата на кортикалните клетки на човешки косми, лишени от епителни коренови обвивки (Nagamori H., 1978; Graham E.A., 2007).

За определяне на пола при липсваща епителна коренова обвивка може да се използва предложеният от Nagamori (Nagamori H., 1978) метод: Отскубват се скалпови косми. Получават се космени корени с

дължина около 0,5 см, отстраняват се епителните коренови обвивки и корените се фиксират с разтвор на Carnoy за 12 часа.

Montanari et al. (Montanari G.D. et al., 1967) предлагат следната техника за изследване телцата на Бар: Получаване на скалпови косми чрез издърпване. Използване само на растящи космени фоликули. Фиксиране на космените проби за между пет и десет часа в следния разтвор: наситен живачен хлорид 90 ml 40%; формалин 10 ml; ледена оцетна киселина 2 ml. След това прекарване на пробите през следните разтвори: 1. алкохол 80% – 3 часа, 2. алкохол 95% – 45 минути, 3. абсолютен алкохол 1 – 20 минути, 4. абсолютен алкохол 2 – 20 мин, 5. разтвор от 5% целоидин в метил бензоат 1 – 30 мин, 6. разтвор на 5% целоидин в метил бензоат 2 – 30 мин, 7. бензол – 5-10 мин, 8. бензол и парафинов восък – 30 мин, 9. парафинов восък 56-58°C – 1 час, 10. парафинов восък 56-58°C – 1 час, 11. парафинов восък 56-58°C – 1 час.

Образците се вграждат в парафин и нарязват надлъжно при дебелина 8 μ m. Следва оцветяване с 0,5% хинакрин дихидрохлорид в продължение на 5 минути. След измиване в чешмяна вода пробите се кондиционират с цитратно-фосфатен буфер (pH 5,5) за 10-20 минути и след това се монтират с фосфатен буфер (pH 7,4) върху предметни стъкла. Честотата на поява на ядра с флуоресцентно петно се определя чрез наблюдение на 100 ядра от кортикални клетки на косъма във всяка проба под флуоресцентен микроскоп.

При екземплярите и от двата пола ядрата на кортикалните клетки имат дългоелиптична форма. Мъжкият косъм съдържа ядро, в което се разпознава ярко флуоресцентно петно. Честотата на флуоресцентното петно в ядрата на кортикалните клетки, според неговото наблюдение, е 59,4% средно, максималната честота е 74%, а минималната 37%. От друга страна, флуоресцентните петна рядко се откриват в ядрата на тези клетки при женски косми. Честотата е средно 5,3%, като максималната честота е 12%, минималната 0% (Nagamori H., 1978).

Понякога изследването на честотата на половите хроматини в ядрото на космения кортекс е затруднено поради отлагане на меланинови гранули, пречещи на наблюдението, особено при силно пигментирани косми. Затова са направени проучвания с цел да се намери възможност за депигментация, без да се засяга последващата реакция на Feulgen.

По принцип окислителите, включително водороден пероксид, калиев перманганат, железен хлорид и натриев хидросулфит, са използвани за депигментиране на меланин с адекватни резултати. При депигментирането на космите обаче окисляването с високи концентрации на окислителни оказва значително влияние върху реакцията на Feulgen. Нужна е депигментация, която да не пречи на тази реакция.

Nagamori и Takeda (Nagamori H., Takeda K., 1980) предлагат следното: Отскубват се три косъма от скалпа. След отстраняване на епителните коренови обвивки космите се нарязват на парчета с дължина около 5 mm, фиксират се с разтвор на Carnoy за 6-12 часа и се заливат в парафин (52-54°C). След това пробите се нарязват с ротационен микротом надлъжно на секции с дебелина 5 μ m. Секциите се монтират върху предметни стъкла с албумин-глицерин (1:1) и изсушават на въздух, за да се осигури адхезия.

За депигментирането на космите след депарафиниране пробите се обработват с 0,25% калиев перманганат за 1 час, 0,3% водороден пероксид за 1 минута и 5% оксалова киселина в продължение на 5 минути. След това пробите се промиват два пъти с дестилирана вода и се сушат на въздух.

Следва флуоресцентна реакция на Feulgen: след депарафиниране пробите от косата се хидролизират. След това те се третират с флуоресцентни реагенти от типа на реагента на Шиф (акрифлавин хидрохлорид 1 g, калиев метабисулфит 2 g, солна киселина 20 ml, дестилирана вода 200 ml) в продължение на 20 минути, промиват се два пъти в кисел алкохол (солна киселина 1 ml, 70% етилов алкохол 100 ml) за 5 минути всеки. След това се дехидратират, изчистват и вграждат в монтажна среда.

Под флуоресцентен микроскоп при ниско увеличение (100 x) ядрата на космения кортекс се разпознават като структури, светещи в оранжево, в рамките на 2 mm от края на корена на косъма. При голямо увеличение (800x) се наблюдава ярко жълто флуоресцентно петно във всяко ядро на кортекса на женския косъм, директно вътре в ядрената мембрана. При изследването си Nagamori и Takeda (Nagamori H., Takeda K., 1980; Nagamori H., Takeda K., 1981) установяват, че честотата на това петно е средно 45,8%, като максималната честота е 70%, а минималната 27%. При мъжките проби се наблюдават няколко или никакви петна. Честотата е средно 2,9%, като максималната е 8%,

а минималната 0% (Nagamori H., Takeda K., 1980; Nagamori H., Takeda K., 1981).

През 1986г. Nagamori et al. (Nagamori H. et al, 1986) съобщават и за експеримент, при който е направен опит за определяне на пола с помощта на единична проба (една букална намазка или един надлъжен участък от корен на косъм), като отново е използвано комбинираното третиране с хинакринно оцветяване и флуоресцентна реакция на Feulgen за откриване на Y- или X-хроматин.

Според Nakahori et al. (Nakahori Y. et al, 1991) идентификация на пола може да се извърши и чрез полимеразна верижна реакция с помощта на хомоложен праймер X-Y. Те описват метод, при който се използват двойка нуклеотидни праймери от X-Y хомоложен регион. Както X, така и Y последователностите могат да бъдат амплифицирани едновременно и което е по-важно, получават се фрагменти с различна дължина. Успехът на процедурата се следи по наличието на X-специфична лента, докато полът се идентифицира чрез наличието или отсъствието на Y-специфична лента.

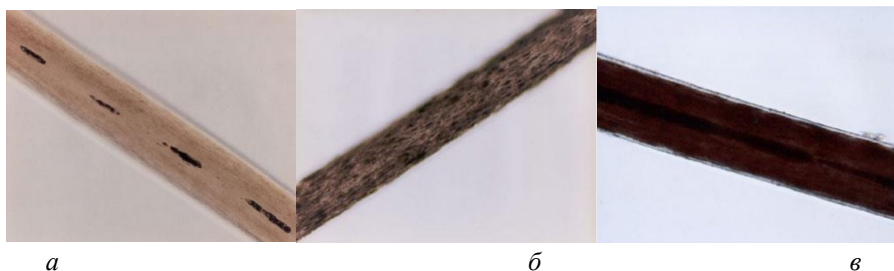
През годините са предлагани и други методи за полова идентификация на космите. Петросян и съавтори напр. са предложили метод за инфрачервена спектроскопия на космите за установяване половата им принадлежност. Петросян и Туманов са разработили метод за атомно-абсорбционен анализ. Установено е, че в мъжките косми се съдържа средно 2-4 пъти по-малко калций, магнезий и 1½ пъти по-малко натрий. Тези методи обаче не са се наложили и не са намерили широко приложение в практиката (Туманов А.К., 1975).

Към настоящия момент най-точен метод за определяне на половата принадлежност на изследваните косми е генетичният анализ и аз смятам, че той трябва да бъде метод на избор при това определяне. Независимо че изследването е по-скъпо, провеждането му спестява времето необходимо за извършване на другите проби за определяне на пола, а точността на ДНК изследването – ядрено или митохондриално, в зависимост от това дали е налична или не коренова обвивка, е значително по-висока от на останалите представени методи.

4.1.4. Етническа принадлежност

Доказано е, че редица морфологични показатели на космите, като цвят, форма, степен на къдрене и др., могат да дадат индикация за географския (етническият) произход на индивида, от който произлизат изследваните косми. Така при съдебномедицинска експертиза по установените характеристики на космите може да се получи информация за този произход на лицето, източник на намерените на местопрестъплението косми, а от там и да се стесни кръгът на подлаганите на изследване лица, за които се предполага, че са замесени в даденото престъпление.

Днес при определяне на географския произход на индивидите по-старите термини „монголоид“, „кавказоид“ и „негроид“, използвани за описване на основните групи от населението на човечеството, са заменени с по-модерните термини, съответно азиатски, европейски и африкански (Снимка 98). Към азиатските, въз основа на микроморфологичните им характеристики, се включват и космите на местните популации от Северна, Централна и Южна Америка (Ogle R.R. et al., 1999; Koch S.L. et al., 2013).



а б в
Снимка 98. а) европейски, б) африкански, в) азиатски скалпов косъм
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

Това разделяне е относително, като е възможно определеният според космените характеристики етнически произход да не корелира с това как човек се идентифицира етнически. Определянето на този произход на индивида, източник на изследваните косми, може да бъде много ориентировъчно и несигурно, което налага да бъдем изключително внимателни при оформяне на изводите в тази насока. Всъщност много експерти днес почти са се отказали от определяне на

етническата принадлежност на индивида при съдебното изследване на косми (Caspari R., 2003; Koch S.L. et al., 2013; Oien C.T., 2009).

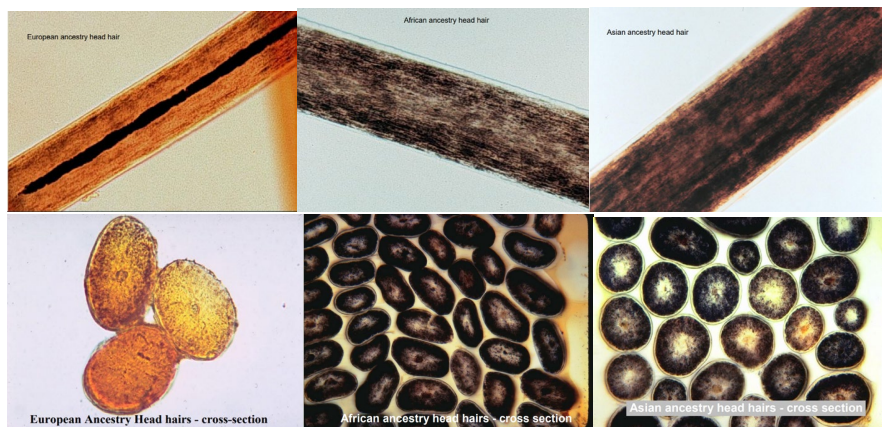
Ако отделен косъм или космен кичур не могат лесно да бъдат свързани с определено етническо означение, тези косми могат да бъдат описани като проявяващи смесени етнически характеристики или като неклассифицирани към една от трите групи. Дори косъмът или кичурът да не могат да бъдат класифицирани като етническа принадлежност на индивида, то все пак определянето може да бъде от полза за целите на микроскопското сравнение. Невъзможността да се класифицира косъмът само в една от тези три групи може да послужи като допълнителна характеристика при сравняването (Oien C.T., 2009).

В Таблица 25 са посочени някои от основните морфологични космени характеристики, даващи възможност да се определи етническият произход на индивида (Houck M.M., 2003).

- Диаметър на стъблото: Косменият диаметър показва връзка с етническата принадлежност, като диаметърът при индивиди с азиатски етнически произход е по-голям от този на другите две регионални групи (Robertson J., 1999; Ogle, R.R. et al., 1999). Диаметърът на стъблото на индивидите с европейски произход е междинен между тези с африканска и азиатска принадлежност, като се установява значително припокриване и с двете други групи (Brues A.M., 1977). Диаметърът на космите при индивиди с африкански етнически произход е по-малък от този за другите две групи (Bisbing R.E., 1982), но трябва да се има предвид, че при наблюдение при надлъжно монтиране тези силно навити косми ще лежат настрани, ориентирани с по-малкия диаметър на сплеснатото напречно сечение на косъма, обърнат нагоре. Допълнителни проучвания, включващи последователно измерване на максималния диаметър на стъблото и формата на напречното му сечение могат да бъдат полезни за установяване с точност на етническата принадлежност, определена по този показател (Снимка 99) (По-подробно представено в раздел 2.2. Микроскопски характеристики).

- Форма на косъма: Формата на косъма е с диагностично значение основно за космите при африканската принадлежност, тъй като високата степен на къдрене, наблюдавана при тях, е рядка в космите на европейската и до голяма степен непозната при популациите с азиатски произход. Формата на скалповите косми при

популациите с азиатска принадлежност е еднакво права, при европейската варира в широки граници – от ситно къдрава, близо до африканската, до правите коси, наблюдавани в азиатската група (По-подробно представено в раздел 2.2. Микроскопски характеристики).



Снимка 99. Надлъжен и напречен вид на космите при европейски, африкански и азиатски етнически произход (Houck M.M., 2003)

Таблица 25. Основни космени характеристики от значение за определяне на етническата принадлежност (Houck M.M., 2003)

Характеристика	Етнически произход		
	Азиатски	Европейски	Африкански
Диаметър на стъблото	Голям с малки или никакви вариации	Среден с минимални вариации	Фин до среден, със значителни вариации
Форма на напречното сечение	Кръгла	Овална	Сплескана
Пигментни гранули	Гъсто разпределени и подредени в големи струпвания или ивици	Слабо до умерено плътни, с равномерно разпределение	Гъсто разпределени и подредени в ивици /струпвания/
Медула	Видима медула (широка и непрекъсната)	Всички варианти	Липсва, тънка или прекъсната
Кутикула	Дебела	От тънка до дебела	Тънка

При своите изследвания Hayashi et al. (Hayashi S. et al., 1976) са доказали, че степента на къдравост на скалповите косми е свързана с формата на напречния срез и съответно е етнически-свързана. По-елипсоидното сечение определя по-голяма степен на къдравост. Така азиатските косми са прави (и груби поради големия си диаметър), докато европейският тип косми са прави до вълнисти с

много вариации, а африканската коса е много къдрава. Menkart et al. (Menkart J. et al., 1966) описват геометрията на влакното като приблизително цилиндрично – за европейския косъм, и усукан овален стълб – за африканския, т.е. освен къдравостта, характерна за африканските косми, те показват и тенденция към неравномерно (на неравни интервали) усукване по надлъжната си ос. При изследване на тези косми това усукване може да изглежда като флукутация в диаметъра, но правилното приготвяне на препарата и внимателната микроскопия ще избегнат объркването с истинска промяна в диаметъра на космите (Robertson J., 1999).

- Форма на напречното сечение: Формата на напречното сечение на космите при африканския произход е плоска/сплескана или с вид на лента – плоска елипса с голяма ос, два пъти по-дълга от малката; почти кръгла е формата при индивидите с азиатски произход и варира значително при космите на тези с европейски – от сплесната до почти кръгла форма (Dawber R.P.R. et al., 2004; Ogle R.R. et al., 1999; Vernall D.G., 1961; Robertson J., 1999) (Снимка 100).



Снимка 100. Напречно сечение на (от ляво надясно): азиатски, европейски, африкански косъм (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008)

- Пигментация: Моделът на пигментация на космите при африкански произход е плътен и със струпване, докато моделът за азиатските е гъст, но обикновено не показва струпването, наблюдавано в африканските косми. Моделът при европейските косми се припокрива значително с този на другите две етнически групи. Агрегацията на пигменти в космите при европейски произход обикновено е ограничена до ивичести агрегати, без наблюдаваните при африканския тип коса струпвания (Ogle R.R. et al., 1999) (По-подробно представено в раздел 2.2. Микроскопски характеристики).

- Характеристики на медулата: Наличие на медула и нейният вид – прекъсната, непрекъсната, фрагментирана и др. При индивидите с азиатски етнически произход медулата винаги е

видима, широка и непрекъсната. Обратно е при африканските косми, където медулата може да липсва, а ако присъства, тя е тънка и прекъсната. При европейските косми са възможни всички варианти (Ogle R.R. et al., 1999).

- Дебелина на кутикулата: Космите при африкански произход обикновено имат тънка кутикула, докато азиатските косми обикновено имат дебела, видна кутикула. Европейските косми варират значително и изцяло припокриват дебелината на кутикулата на космите от другите две етнически групи. Кутикулата на европейските косми може да варира от невидима (изключително тънка) до дебелината, наблюдавана в космите при азиатски произход (Ogle R.R. et al., 1999) (По-подробно представено в раздел 2.2. Микроскопски характеристики).

McMichael и Hordinsky (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008) изследват и сравняват някои показатели на космите (брой на слоевете кутикулни клетки, ширина на клетките на кутикулата, степен на техния наклон и интервал между свободните ръбове на кутикулните клетки) при индивиди от европейски и азиатски произход и установяват статистически значими разлики между тези качества за двата типа косми.

Азиатските косми имат повече кутикулни слоеве и по-широки клетки на кутикулата от европейските косми, а кутикулният наклон на азиатските косми е по-стръмен и интервалът на свободните ръбове е по-тесен от този на европейските. Освен това е установено, че има различия във вида на увреждане на клетките на кутикулата. При стресово удължаване (дърпане) азиатските кутикули отпадат (разпадат се) като големи парчета, като запазват първоначалната си форма. От друга страна, кутикулите на европейските косми са склонни да се разпадат, образувайки малки фрагменти. Измервания разкриват, че европейските кутикули са по-крехки от азиатските (McMichael A.J., Hordinsky M.K., 2008).

- Регионални характеристики на пубисните косми: Формата на пубисните косми, подобно на скалповите, също е свързана с етническия произход на индивида. Хората с африкански произход имат силно накъдрени пубисни косми, с форма близка до тази на скалповите. Пубисното окосмяване на индивидите от африкански произход обикновено е черно на цвят, но може да има и други цветове, поради примеси с индивиди от европейски произход. Хората

с азиатски произход имат пубисни косми, които обикновено са черни и вълнообразни. Хората с европейски етнически произход имат пубисни косми с голяма вариация във формата, която може да е къдрава и усукана, но липсва вълнообразната форма, наблюдавана в азиатското пубисно окосмяване, или високата степен на къдрене, наблюдавана в африканското. Цветът на пубисните косми на индивидите с европейска етническа принадлежност варира широко и е в зависимост от цвета на космите на скалпа (Ogle R.R. et al, 1999) (По-подробно представено в раздел 2.2. Микроскопски характеристики).

Въпреки че определянето на този космен показател може да е ориентировъчно и несигурно, лично аз смятам, че все пак той има своя принос в идентифицирането на космената проба и определянето му не бива да се пренебрегва с цел спестяване на време, средства и др.

4.1.5. Регионален произход

Космите по различните части на човешкото тяло показват редица различия във външния си вид и специфични морфологични особености, което позволява определяне на регионалния произход на изследвания косъм, т.е. от коя част на тялото е отпаднал или отскубнат той.

Установяването на този произход на предадените за изследване косми има голямо съдебномедицинско значение. Процесът на сравняване и съответно определяне на сходство може да става само между косми от еднакви области на тялото. Затова първо се установява от коя област на тялото произхождат космите, предоставени като ВД, и чак след това те се сравняват с предоставените образци. При полови престъпления напр., когато по тялото и дрехите на заподозрения се намерят косми, е много важно да се установи дали те са пубисни и имат ли сходство с такива косми от жертвата (Туманов А.К., 1975).

Най-общо човешките косми може да бъдат класифицирани като: андроген-независими (вежди и мигли) и окосмяване в хормонално зависими области на тялото (скалп, брада, гърди, аксилы и пубис). Това са терминални косми, с дължина > 2 cm, дебелина > 60

mm в диаметър, пигментирани и медулирани. Тези косми обикновено достигат на повече от 3 mm в хиподермата. Останалата част от тялото при възрастни е покрита с велус косми (андрогенно-независими косми) – къси (< 2 cm), тънки (< 30 mm в диаметър), често непигментирани и простиращи се само на 1 mm в дермата. Някои форми, определяни като междинни косми, може да съществуват в преходна фаза между терминални и велусни форми (Buffoli B. et al., 2014).

Въпреки че изглежда сравнително лесно, надеждното определяне на областта на тялото, от която са произлезли космите, може да се усложни от редица обстоятелства като: специфичните регионални признаци невинаги са достатъчно проявени; някои от характерните черти могат да бъдат открити в космите не на един регион, а на няколко, тъй като има признаци, общи за редица региони (Зимина Ю.В., 2008).

Правилната преценка на регионалния произход на космите се основава на това, че за космите от всяка област са характерни не отделни морфологични признаци, а тяхно определено съчетание, микроморфокомплекс от признаци. Затова целият този комплекс трябва да се изследва при всяка една експертиза (Зимина Ю.В., 2008).

При проведени изследвания установихме, че дължината на космите зависи от областта им на растеж. Най-дълги са космите на главата, понякога на лицето. В редки случаи в някои участъци на тялото може да се открият косми, имащи дължина значително превишаваща обичайната.

В зависимост от регионалния произход различна е също и формата на космите. Космите на главата може да бъдат прави, вълнисти, къдрави. Космите на брадата, а също и дългите косми на тялото обичайно са повече или по-малко къдрави. Космите на веждите и миглите са дъговидно извити.

Дебелината (диаметърът) на космите е показател, демонстриращ значително колебание в стойностите си, зависещо в голяма степен от регионалния им произход. В Таблица 26 е показана ориентировъчна дебелина на космите в различни части на тялото.

От нея е видно, че действително дебелината на космите в една и съща област се колебае в широки граници. Според Минаков (Минаков ПА., 1894) за по-точно определяне на произхода е необходимо да се определи диаметърът на повече косми от

съответната област, но понякога и по диаметъра на един косъм е възможно да се направи вероятно заключение.

**Таблица 26. Дебелина на космите в различни участъци на тялото (mm)
по данни на Туманов (Туманов А.К., 1975)**

Участък от тялото	П.А.Минаков (1894)	Е.С.Лондон (1900)	С.М.Сидоров (1944)
Мустаци		до 0,210	0,098-0,120
Брада	0,143-0,166	0,056-0,160	0,105-0,128
Полови органи	0,126-0,153	0,051-0,127	0,089-0,143
Гърди	0,122-0,125		0,118-0,129
Мигли		0,029-0,120	0,082-0,129
Вежди	0,110-0,125	0,054-0,110	0,099-0,123
Ноздри		0,081-0,117	0,107-0,121
Подмишнични ямки	0,101-0,119	0,038-0,078	0,85-0,122
Крайници	0,094-0,101	0,018-0,091	0,069-0,111
Глава	0,064-0,096	0,038-0,091	0,048-0,072
Тяло (мъховидни)	0,020		

Ако косъмът има дебелина повече от 0,140 mm, то може да се предположи, че произхожда не от главата. Космите от главата много рядко са с дебелина 0,120 mm или повече (Туманов А.К., 1975).

По данни на Кишиневский и съавт. (Кишиневский А.Н. и съавт., 1966) по площта и формата на напречното сечение на косъма също може в определена степен да се предположи регионалният произход. Техните стойности обаче може да се променят по протежение на стъблото. Това е особено добре изразено при къдравите косми. Във връзка с това, формата на напречното сечение няма решаващо значение при определяне на регионалния произход.

Все пак е добре да отбележим, че при космите от главата преобладава кръгла или овална форма; при брада, мустаци, бакенбарди и ноздри – рядко има триъгълна или многоъгълна форма; пубисни и аксиларни косми, косми по гърди и по крайници – често са с издължена елипсовидна форма, като пубисните освен това може да са и с бъбрековидна форма.

Отчита се и разположението на пигмента. Преимуществовно централно е разположението на пигмента при космите на мустациите и веждите. При космите на брадата той се разполага по-равномерно, а в тези от гърдите, корема, гърба и крайниците пигментът е основно по периферията на кортекса (Сидоров С. М., 1944).

Важна информация се получава и при изследване на космената медулация, показващо значително по-висок процент на отсъствие на такава в скалповото в сравнение с аксиларното и пубисното окосмяване. Значително по-високи диаметри на пубисните косми в сравнение с тези на аксиларните и скалповите. Диаметърът на медулата също е установено, че е значително по-голям при пубисното окосмяване в сравнение с този на скалпа и аксиларните косми. Медуларният индекс е със значително по-висока стойност в пубисното окосмяване, отколкото при космите в аксилите и скалпа (Mistry S. et al., 2011). Освен това медулата при дебелия косъм от брадата, мустаците, веждите и ноздрите по част от протежението на стъблото им понякога е разположена в няколко отделни слоя.

Видът и формата на върховия край на косъма също може да имат значение при определяне на регионалния произход. Върховете краища на неподстриганите косми на главата обичайно са разцепени, а на подстриганите – загладени в различна степен според продължителността на периода от момента на подстригването. Свободните краища на космите на лицето и тялото постоянно са подложени на различни видове механични въздействия, имат по-често загладен край и по-рядко разцепен.

За решаване на въпроса за регионалния произход може в известна степен да се използва и броят на линиите на кутикулата. Установено е, че при скалповите косми средният брой на тези линии винаги е по-малък от при космите от други области на тялото. При проведено от Туманов (Туманов А.К., 1956) изследване са определени средни стойности за броя на линиите при космите от: глава – 36,6 на 0,3 mm дължина на косъма; аксиларии – 39,9; пубис – 41,4; вежди – 44,9.

При изследването експертът изброява линиите на рисунка на кутикулата от косми ВД, явяващи се образци от различни части на тялото и така се получават данни, характеризиращи космите от всички области на съответния индивид. След това се изброяват тези линии по известния/те косъм/ми и стойностите се съпоставят.

Трябва да се отбележи, че рисункът на кутикулата на космите на веждите и пубиса обичайно е значително по-сложен от този на скалповите косми. Линиите на рисунка при вежди и пубисни косми са по-близо разположени и нерядко са силно вълнообразни или наъбени.

Микроморфологично космите от главата и от другите области на тялото значително се различават както по признаците, посочени в Таблица 27, така и по (Зими́на Ю.В., 2008):

- следите от протриване/охлузване – характерни увреждания на кутикулата, възникнали в резултат на триене на космите в дрехите или кожата. Дефекти на кутикулата поради триене винаги присъстват при космите на крайниците, понякога при тези на веждите, миглите, по-рядко по космите на тялото. Тези увреждания на косъма имат вид на корона (назъбени лезии на кутикулата, обкръжаващи косменото стъбло под формата на „корона“), поставени една в друга чаши или насочени едни срещу други зъби или рога.

Таблица 27. *Blume-Peytavi et al.* определят следните характеристики за разграничаване регионалния произход на изследваните косми (*Blume-Peytavi U. et al, 2008*)

Тип косъм	Дължина (обичайна, от-до, в mm)	Описание
Скалп	100-1000	Медулирани, със заострен връх при неподстригани косми.
Вежди и мигли	5-10	Медулирани и извити, със задебелен връх.
Брада и мустаци	50-300	Сложни медуларни варианти, по-неправилна структура, тъп връх.
Телесни	5-60	Неправилно медулирани, фин връх.
Пубисни	10-60	Груби, извити, неправилно и асиметрично напречно сечение.
Аксиларни	10-50	Груби, по-малко извити от пубисните косми, тъп връх, често абразирана повърхност поради триене.

- космите от подмишничните ямки и перинеума постоянно са подложени на въздействие на пот и придобиват червеникав оттенък; често на повърхността на космите от различни райони се установяват колонии от сапрофитни микроорганизми, като особено добре това се установява по кутикулата на космите, подложени на въздействието на пот или урина. При аксиларните и пубисни косми тези струпвания на микроорганизми са забележимо изпъкнали, така че стъблото на

косъма наподобява клон с пъпки с жълтеникавосив и червеникавожълто-сив цвят. Колониите от микроби се разполагат между отслояващите се клетки на кутикулата и кортекса. При космите на тялото и крайниците има отделни слабо надигнати такива сгрупвания, които съвсем леко променят релефа на кутикулата. Рисунок с фестонирани ръбове, като дребни възелчета, се наблюдава главно при космите на аксиларните ямки.

Според Robertson (Robertson J., 1999) се различават 6 морфологични типа косми, определени въз основа на макроскопски и микроскопски разлики, при използване като критерии дължината, диаметъра, размерите на корена и върха, както и структурни вариации (Таблица 28). Няма разлика във формата на косъма между мъже и жени в рамките на индивидите с еднаква етническа принадлежност или при еднаква локация по тялото (Rook A., Dawber R., 1982).

При нас е прието следното разделение на космите, според произхода им от различна телесна област, базирано на основни техни характеристики:

Косми на скалпа

Космите на скалпа могат да имат огромна разлика в дължината (неподстригани) както при отделния индивид, така и между различните индивиди. Според различни автори тази дължина е от сантиметър до няколко метра.

Диаметърът им също може да е различен. Randebrock (Randebrock R., 1964), както и (Buffoli B. et al, 2014) приемат, че диаметърът на космите на скалпа варира от 40 до 120 μm . Други определят малко по-голям диапазон, вариращ от около 20 до 125 μm . За косата при възрастни средният диаметър (от теменната област) обикновено варира от около 45 до около 110 μm , като диаметърът показва големи разлики между съседни косми на един и същи скалп, вариращи от коефициент по-малък от 1,4 до повече от 2,0 за възрастни европейски представители на женски пол (Yin N.E. et al., 1977; Robbins C.R., 2012).

Таблица 28. Признаци за регионален произход на космите (по А. К. Туманов, 1975) (Концевич И. А., 1988)

Признак	Област	Форма на напречното сечение на косъма	Вид на периферия край на косъма	Отношение на дебелината на медулата към дебелината на целия косъм	Дебелина на космите	Форма и дължина на космите
Регионален произход	Глава	Кръгла или овална	При жени с дълги коси обикновено е разцепен, а при мъже – в една или друга степен загладен	1-1,5:10	0,064-0,096 мм	Прави, вълнообразни, къдрави, различна дължина
	Вежди	Под формата на леко издължен овал	По-често изгладен отколзко метлообразно разцепен	1-3,7:10	0,110-0,125 мм	Дъговидни, 0,5-2,5 cm дължина
	Мигли	Под формата на леко издължен овал и понякога триъгълна форма	Изгледен, понякога изгладен или разцепен	1-1,5:10	0,110-0,125 мм	Дъговидни, 0,5-2,5 cm дължина
	Ноздри	Триъгълна или многоъгълна форма	По-често е изгладен, понякога разцепен като метличка	1-3,7:10	0,110-0,125 мм	Дъговидни, 0,5-2,5 cm дължина
	Мусташи	Триъгълна или многоъгълна форма	По-често е изгладен, понякога разцепен като метличка	1-1,5:10	0,143-0,166 мм	Дъговидни
	Брада	Триъгълна или многоъгълна форма	По-често е изгладен, понякога разцепен като метличка	1-1,5:10	0,143-0,166 мм	Повече или по-малко къдрави
	Подмишнични ямки	Под формата на издължен овал	По-често е изгладен, понякога разцепен като метличка	1-1,5:10	0,101-0,119 мм	Повече или по-малко къдрави Дължина не повече от 8 cm
	Срамна област	Под формата на издължен овал или форма на бобрек	По-често е изгладен, понякога разцепен като метличка	1-1,5:10	0,126-0,153 мм	Повече или по-малко къдрави. Дължина не повече от 8 cm.
	Тяло и крайниши	Под формата на издължен овал	По-често е изгладен, понякога разцепен като метличка	1-1,5:10	На гърби 0,122-0,125 mm Крайници 0,094-0,101 mm Мъховидни 0,020 mm	Дългите коси на тялото са повече или по-малко къдрави, късите – дъгообразно извити или къдрави. Най-дългите коси на тялото имат дължина до 8cm, късите – до 1-4 cm, мъховидните – 0,2-1,5cm

Формата на дългите косми на скалпа може да бъде права, вълниста и къдрава. Оптичният им ръб е с фина назъбеност, като зъбците са неравномерно разположени един спрямо друг, по-рядко

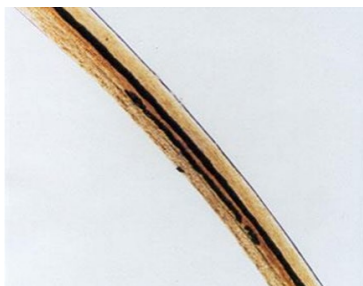
равномерно. Кутикулата им има вид на сивкава ивица, която при някои косми е едва различима, а при други добре изразена и доста широка. Рисунокът ѝ е с голяма или средна сложност, вариращ по протежение на косъма. В кореновия отдел той е по-прост, по-сложен в стъблото и отново опростен във върховата част на косъма. Кортексът съставлява по-голямата част от косъма, а пигментът в него, ако има такъв, е разположен дифузно или във вид на зърна с различни размери, разпръснат равномерно или преимуществено по периферията. Той може да се групира в тънки или по-широки надлъжни ивици или вериги, както и в отделни сгъстявания. Дифузият пигмент най-често е разположен централно. В горната част на неподстриганите косми количеството на пигмента може да е намалено. При остаряващите и остарели косми в кореновия отдел често има намалено количество пигмент и голям брой пукнатини и кухини, изпълнени с въздух (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Дълги косми на лицето (брада, мустаци, бакенбарди)

Тези косми са също по-груби и растат на дължина до 300 mm. Tolgyesi et al. (Tolgyesi E. et al, 1983) установяват, че брадата съдържа по-голям брой или по-висок процент косми с медула – широка, непрекъсната, често двойна (Снимка 101). Тези косми са по-елипсоидни и имат по-неправилни или триъгълни форми на напречно сечение и по-ниско съдържание на дисулфидни връзки (плътност на кръстосаните връзки) от скалповите косми.

Формата им е права, вълнообразна или къдрава, с леко стеснение в корена. Периферният край на небръснатите косми е изтънен, загладен или разцепен, а в зависимост от давността на подстригването той може да е повече или по-малко изгладен. Оптичният ръб е плосък или назъбен. Медулата най-често е представена под формата на непрекъснат неравномерен сноп, разположен централно или по-близо до едната страна на косъма. Често медулата има вид на двойна или тройна нишка. Кортексът представлява по-голямата част от косъма и съдържа фин, средно или едрозърнест пигмент, разположен равномерно, рядко централно. Понякога има повече пигмент в едната половина на косъма, отколкото в другата. Нерядко в кортекса се установяват голям брой пукнатини и кухини, съдържащи въздух. Рисунокът на кутикулата в корена е опростен и се усложнява по хода на стъблото, като този на

космите на бакенбардите е по-малко сложен от на брадата и мустаците (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).



Снимка 101. Косъм от брада – двойна медула (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

Къси косми на лицето (вежди, мигли, ноздри)

За космите на веждите е характерно, че са с дъговидна форма и по-тъмен цвят от космите на скалпа, обикновено изтъняващи до корена и особено до върха, т.е. са с формата на вретено. Върховият край на косъма е загладен или разцепен. Оптичният ръб е гладък, равен или фино назъбен, като зъбците са неравномерно отдалечени един от друг. Към върховия край на косъма те са по-добре изразени и отдалечени от стъблото. Медулата е представена като прекъсната или непрекъсната нишка, неравномерна, с неравни контури, централно разположена. Кортексът съдържа средно и едрозърнест (по-рядко финозърнест) пигмент, групиран в надлъжни нишки, вериги или струпвания. Във върховия и в кореновия отдел количеството на пигмента може да е намалено. Кутикулата е ясно видима, под формата на тясна сива ивица. Рисунокът ѝ в кореновия отдел е по-прост, след това се усложнява и към свободния край отново е опростен (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Космите на миглите също са с дъговидна и вретеновидна форма. Те имат средна дължина от около 1 cm, което съответства на анагенна фаза от около 30 дни (Montagna W., Parakkal P.F., 1974). Както те, така и космите на веждите, са плоски и извити и техните стъбла варират между 20 и 120 μm в диаметър. Те са сред най-тъмните косми по тялото (Montagna W., Parakkal P.F., 1974; Robertson J., 1999). Оптичният им ръб е фино назъбен. Кутикулата е под формата на тясна сива ивица. Рисунокът ѝ е със средна сложност, леко опростен в корена и върха. Свободните краища на клетките на кутикулата към върха отстоят от стъблото на косъма (отделени са от него). В кортекса

фин, средно или едрозърнест пигмент се групира в надлъжни тънки или по-широки вериги, нишки или струпвания. По дебелината на косъма пигментът е разположен или равномерно, или преимуществено по периферията. По дължината на косъма той се разполага неравномерно, намаляващ в кореновата част и особено към върха. Медулата има формата на непрекъснат или прекъснат сноп, неравномерен по дебелина, с неравни контури (Барсегианц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Космите на ноздрите са с права, по-рядко с дъговидно извита форма, леко стеснени в областта на корена и по-значително в областта на върха. Върхът на косъма е или заоблен, или раздвоен. Оптичният ръб е равен. Медулата има вид на неравномерно, непрекъснато или прекъсващо снопче. В кортекса надлъжната стрираност е добре изразена. Пигментът е фино и среднозърнест, равномерно разпределен, като при червеникавата коса основно е централно представен. Пигментните зърна нямат ясни контури. Кутикулата е под формата на тясна сивкава трудно различима ивица, със сложен или със средна сложност рисунък (Барсегианц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Къси дебели косми на тялото (гръб, крайници)

Формата на космите на гърба обикновено е права или леко извита. Те са неравномерни по дебелина, с места на значително стеснение, но без нарушаване на структурата. Оптичният ръб е плосък или фино назъбен. Кутикулата е под формата на тясна сива ивица, като моделът ѝ най-често е със средна сложност, а в кореновия и върховия край е донякъде опростен. Кортексът съдържа пигмент в малко, средно и грубо зърнеста форма, разположен равномерно или предимно периферно, групиран в надлъжни нишки или вериги, а в някои случаи под формата на струпвания. Нерядко пигментът в едната половина на косъма е повече от в другата. Медулата има формата на неравномерен, непрекъснат или прекъснат сноп с неравни контури (Снимка 102). На места е разположена повече в едната половина (Барсегианц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Космите по крайниците са прави или леко извити, като върховият им край е изтънен, изгладен или разцепен (Снимка 103). Оптичният ръб е плосък или назъбен. Кутикулата има вид на тясна сивкава ивица, с модел със средна сложност – на космите на ръцете е

по-сложен от тези на краката. В кортекса фино, средно или едрозърнест пигмент е разположен равномерно или главно по периферията, групиран в надлъжни тънки вериги, нишки или струпвания. Често пигментът в едната половина на косъма е повече, отколкото в другата. Медулата е под формата на неравномерен непрекъснат или прекъснат сноп (по-рядко под формата на острови) с неравни контури (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).



Снимка 102. Косъм от крайник – медула (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)



Снимка 103. Косъм от крайник – дистален край (Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

Дълги косми на тялото (пубисни, аксиларни, гърди, корем)

Космите от аксилите могат да наподобяват пубисни косми по отношение на грубост, медуляция и усукване около оста. Те растат на дължина от 10 до 50 mm (Robertson J., 1999). Аксиларните косми са прави, вълнообразни или къдрави, често неравномерни по дебелина – имат места на значително стеснение, но без нарушаване на структурата. Свободният им край е изтънен, загладен или разцепен. Кутикулата е като тесен сив сноп, често разрежавана, с дефекти и жълтеникави хомогенни наслагвания по нея. Моделът на кутикулата е със средна сложност. Кортексът съдържа фино, средно или едрозърнест пигмент, разположен равномерно или по периферията и групиран в надлъжни снопове и вериги. Понякога контурите на пигментните зърна са размити (влияние на потта) и тогава кортикалното вещество има жълтеникав цвят. Медулата има формата на неравномерен или непрекъснат сноп с неравни контури, а понякога е изградена под формата на единични острови (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Космите на гърдите и корема са с права или извита форма, с изтънен, заравнен или разцепен върхов край. Оптичният ръб е фино назъбен, като зъбците са неравномерно отдалечени един от друг. Кутикулата е добре изразена като тесен сив сноп. Моделът ѝ е със

средна сложност, малко по-опростен в кореновия отдел. Кортексът съдържа фино, средно или едрозърнест пигмент, разположен основно по периферията. Понякога в едната половина е повече от другата, групиран в надлъжни вериги, снопове или отделни струпвания във вид на бучки. В проксималната и дисталната област пигментът е по-малко, отколкото в останалата част на стъблото. В кортикалното вещество на върха често се виждат множество пукнатини и кухини, пълни с въздух. Медулата е във вид на прекъсваща неравномерна нишка с неравни контури или под формата на острови (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Пубисно окосмяване

Разположено е върху и около половите органи, перинеума и понякога в горната част на вътрешната страна на бедрата. Въпреки че в детството в тази област присъства фино окосмяване, като пубисно окосмяване се приемат по-тежките, по-дългите и по-груби косми, които се развиват по време на пубертета като ефект от повишаването на нивата на андрогените. Пубисното окосмяване се променя при хормонални заболявания и намалява с възрастта (обикновено след менопаузата при жените) (Buffoli B. et al., 2014). Пубисните косми често са вълнообразни или къдрави, понякога прави, с различна дебелина. Те са по-груби от космите на скалпа и не показват разлика във формата в болшинството от индивидите от една етническа група. Дължината варира от 10 mm до около 60 mm. Напречното сечение е неправилно и асиметрично, което води до къдрави, усукани косми (Robertson J., 1999). Върхът им е леко изтънен, загладен или разцепен. Оптичният им ръб е гладък или фино назъбен, зъбците са неравномерно разпределени по хода му. Моделът на кутикулата е със средна сложност, малко по-сложен в средната част на стъблото. Във върховия край кутикулата е разрежавена, свободните краища на клетките ѝ често са огънати навън. В кортекса винаги има малко, средно или едрозърнест пигмент, разположен равномерно или периферно, групиран в надлъжни нишки, вериги или струпвания. От действието на потта зрънцата на пигмента на места нямат ясни очертания, от което кортексът придобива жълтеникав оттенък. Нерядко пигментът в едната $\frac{1}{2}$ е повече от в другата. В кореновия край често има пукнатини и кухини, изпълнени с въздух (Снимка 105). Медулата е като прекъснат или непрекъснат неравномерен сноп

с неравни контури, а на върха – като острови (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982) (Снимка 104).



Снимка 104. Пубисен косъм – медула Снимка 105. Пубисен косъм – корен
(Deedrick D.W., Koch S.L., 2004)

При изследване честотата на медулация се установява значително по-висока липса на медулация в космите на скалпа в сравнение с аксиларното и пубисното окосмяване. Установява се също, че диаметърът на медулата е значително по-голям при пубисното окосмяване, в сравнение с този на скалпа и аксиларните косми. При пубисното окосмяване има и значително по-голям диаметър на стъблото в сравнение с този на космите в аксилите и скалпа, а диаметърът на скалповите косми е с по-висока стойност от тази на аксиларното окосмяване. (Buffoli B. et al., 2014).

Къси косми на тялото (мъховидни косми)

Тези косми са тънки, леки, с права или извита форма и покриват цялото тяло. Варират на дължина от 3 mm до около 60 mm. Върхът им е изтънен, загладен или разцепен. Оптичният ръб е плосък. Рисунокът на линиите на кутикулата е прост, на места леко усложнен. В кортекса пигментът е фино зърнест, равномерно разпределен, понякога групиран под формата на тънки нишки или вериги. Медулацията е неправилна, като обичайно медула липсва (Барсегянц Л.О., Верещака М.Ф., 1982).

Косми на фалангите – те са концентрирани в определен регион на фалангата и се различават значително от космите на другите части на тялото. Тяхното разпространение може да бъде повлияно от някои фактори, като гени и околна среда. Проксималните фаланги имат най-висок процент, докато по средните не са чести, а по дисталните фаланги рядко се установяват косми (Buffoli B. et al., 2014).

4.1.6. Групова принадлежност

Част от идентификационното проучване на подложените на изследване косми е изясняване на кръвнотруповата им принадлежност. Това става чрез изследване наличието на А, В и Н антиген в космите.

Първи опити за определяне антигените на АВО системата са направени от Yoschida още през 1928 г. (Yoschida K., 1928). При тях обаче бил получен отрицателен резултат и до началото на 50-те години на XX век такива опити не са провеждани. През 50-те се появяват много изследвания за определяне на А, В и Н антигените в косми. За целта са прилагани различни методи – абсорбция на аглутинините (Томилин В.В., Пашинян Г.А., 2001), абсорбция-елуция (Wynbrandt F., Chisum W.J., 1971; Раданов Ст., 1999; Yada, S. et al., 1966; Kitahama M. et al, 1968), смесена аглутинация (Lincoln P.J., Dodd B.E., 1968), изоензимен метод, имунохистохимичен метод (Miyasaka S. et al., 1987; Nakagami C., 1967) и др.

Прейсман (Прейсман Г.А., 1957) и други изследователи, чрез количествен метод на абсорбция, са определили антигените на АВО системата в човешките косми. Ачеркан (Ачеркан Н.Н., 1968) е доказал, че резултатът на реакцията абсорбция зависи от предварителната обработка на космите, позволяваща проникване до вътрешните слоеве на косъма. Неговата методика не е намерила широко приложение, защото за реакцията абсорбция е необходимо по-голямо количество косми, с каквото обикновено експертите не разполагат. Също така невинаги се проявяват слабо изразените антигени. Затова много изследователи – Akaischi (Akaishi S., 1965), Yada (Yada S. et al, 1966), Lincoln и Dodd (Lincoln P., Dodd B., 1966) са започнали да прилагат метода абсорбция-елуция и смесена аглутинация, обезпечаващи проявяването на А, В и Н антигените в единични косми.

Такова изследване може да бъде проведено както с луковиците на космите, така и със стъблата им. То започва с изследване на образци от косми от пострадал и заподозрян. След това се извършва изследване на антигените по АВО в космите, предоставени в качеството на веществени доказателства. Космите се измиват с хладка вода със сапун, а след това се изплакват трикратно с дестилирана вода. Трябва да е сигурно, че по тях не са останали следи

от кръв, тъй като те може да повлияят резултата. Присъствието по косъма на пот или мазнина не възпрепятства изследването (Song S.J., 1988).

В човешките косми антигените се съдържат в медулата и кортекса, които са плътно покрити отвън от кутикулата. Това създава препятствие за определянето на съдържащите се антигени. Така че, когато е необходимо да се направи изследване на кръвната група, кутикулата на косъма трябва да се разгради, позволяващо в достатъчна степен излагане на кортекса и медулата на въздействие. Само когато контактното пространство между косменото вещество и анти тялото е надлежно увеличено, можем да постигнем финия резултат от теста. Методът, който ние прилагаме, е плоско смачкване на човешките косми. Без такова смачкване на космите не се наблюдава феномен на абсорбция. Най-добрата степен на плоско смачкване е да се направи широчината на диаметъра на косъма 5-6 пъти по-голяма от тази на оригиналния косъм. Ако това се получи, кутикулата на косъма може напълно да бъде унищожена и съответно изложени подлежащите слоеве.

За антигенното определяне на човешките косми се прилагат следните методи:

Абсорбция на аглутинините в количествена модификация – при този метод се търсят и определят неизвестни антигени чрез известни тест-серуми. Необходими са по 50 mg косми за всяка епруветка.

За осъществяване на по-голям достъп до аглутиногените на космите, същите се стриват прахообразно, с фина шкурка се отстранява кутикулата им или се обработват с литиеви соли или с ултразвук (Раданов Ст., 1999; Туманов А.К., 1975). Както химическата предварителна обработка (Acheizan W., 1963; Sumka J., Kobilinsky L., 1984), така и ултразвуковата обработка на космите (McWright C.G., 1961) се използват, за да се изложи повече АВО антиген, за който се предполага, че присъства в интракортикалната област. Нито един от двата метода обаче не дава постоянни задоволителни резултати (Wynbrandt F., Chisum W.J., 1971).

При това изследване космите се заливат с известни диагностични реактиви в определен титър, като последните са в контакт с изследваните обекти за определено време. По време на

контакта става свързване на антигените на космите със съответните антитела на серума и в резултат на това първоначалният титър на реагентите намалява.

В съдебномедицинската практика в България (Раданов Ст., 1999), включително и в нашата клиника, се прилага методът на Холцер – абсорбция на аглутинините в количествена модификация по М. А. Бронникова. В две епруветки се поставят по 50 mg косми. В едната се залива с 0,30 ml тестсерум анти-А, а в другата – тест-серум анти-В с титър 1:32. Епруветките се поставят за 24 ч. при 4-8°C, при което настъпва специфична абсорбция на аглутинините на тест-серума от аглутиногените на косъма. След това антисерумите се извличат и отново се титруват в падащи кратни разреждания с 1% суспензия от тест-еритроцити А за тест-серум анти-А и с тест-еритроцити В за тест-серум анти-В. Ако титърът на съответния антисерум е спаднал с повече от три степени, се приема, че е настъпила специфична абсорбция на аглутинините на антисерума от аглутиногените на косъма. При спадане на титъра на серум анти-А се доказва наличие в изследвания косъм на аглутиногени А, а при спадане титъра на серум анти-В – наличие на аглутиногени В (Раданов Ст., 1999; Lincoln P.J., Dodd B.E., 1968; Томилин В.В., Пашинян Г.А., 2001).

Абсорбция-елуция – прилага се при наличен единичен косъм или фрагмент от косъм.

Като практичен метод за АВ0 кръвнотипово определяне на косми широко използвана в японските полицейски лаборатории е техниката за абсорбция-елуиране, разработена от Yada et al. (Yada et al., 1966). Като рутинна практика тази техника е приложима за кръвнотипово определяне, ако е наличен един косъм с дължина поне 3 cm (Mukoyama H., Seta S., 1986).

Howard и Martin (Howard H.D., Martin P.D., 1969) предлагат метод за АВ0 групиране на петна от кръв по метода на абсорбция-елуция, използвайки листове целулозен ацетат. Според тях космите с непокътнат корен се третират по същия начин като петната кръв, чрез използване на високотитърни анти-А и анти-В серуми (Song S.J., 1988). Клетъчна суспензия от 0,2%, приготвена във физиологичен разтвор, се използва за откриване на елуираните антитела.

Установено е, че е възможно правилно да се определи кръвната група по АВО от отпаднали или отскубнати косми, съдържащи клетки от космената обвивка. По принцип космите без корен не проявяват антигенна реакция и не се включват при това изследване.

Определено е, че най-ефективната температура за елуиране чрез вдлъбната стъклена плоча е при 50°C, за период от 10 минути (Song S.J., 1988).

Предимствата на този метод са: удобна работа, лесно овладяване, кратко време, висока чувствителност, надеждна точност и малко количество нужен тестови материал (Song S.J., 1988) – достатъчен е 1 cm от косъма (Туманов А.К., 1975).

Космите или предварително са разцепени по дължина (Раданов Ст., 1999; Sumka J., Kobilinsky L., 1984), или се размачкват между две стоманени пластинки и с тях се извършва реакция абсорбция-елуция с високотитърни серуми анти-А и анти-В. Елуиращата течност от препарата залят със серум анти-А предизвиква аглутинация на суспензията от стандартни антигени А, която се наблюдава под микроскоп. Елуиращата течност от препарата със серум анти-В не предизвиква аглутинация от стандартни антигени А.

Определянето се извършва по следния начин (Wynbrandt F., Chisum W.J., 1971): Започва се с измиване на космите първо с шампоан, а след това в метанол, за предотвратяване на действието на замърсители, като телесни мазнини или други вещества, които пречат на получаване на резултатите.

Взема се участък от косъма с дължина от 1,5 cm до 3 cm. Измива се в шампоан за 1 минута с разбъркване и след това се изплаква. Промива се в метанол за 1 минута, изсушава се. Смачка се косъмът между 2 полирани стоманени плочи при 12 000 psi за 30 секунди. След това се вари в буфера на McElvaine с рН 7,4 за 30 секунди. Изсушава се върху салфетка. Нарязва се на 3 равни сегмента, които се поставят в хлътнал съд и се добавя 1 капка антисерум. Остава се да се абсорбира за 24 часа при 4°C във влажна камера. Измива се с ледена дестилирана вода, добавена на капки. Изсушава се върху салфетка. Поставя се върху предметно стъкло за микроскоп и се покрива с покривно стъкло. Добавя се подходяща (А, В, О) клетъчна суспензия 0,25% във физиологичен разтвор. Поставя се във влажна камера с нагряване при 55°C за 10 минути. Проверява се за аглутинация на всеки 10 минути, за 1 час (Wynbrandt F., Chisum W.J., 1971).

Метод на Сиракузи (прилаган при нас) – абсорбция на аглутинините с последваща елуция. Този метод е приложим при минимални участъци от косми. Материалът се фиксира с метанол или чрез варене при 100°C и в две отделни епруветки се залива с високотитърни антисеруми анти-А и анти-В (титър не по-нисък от 1:256). Престояват в продължение на 16-24 ч. при 4-8°C. Това време е достатъчно, за да настъпи специфична абсорбция на аглутинините на антисерумите от аглутиногените в косъма. За отстраняване на останалите несвързани аглутинини материалът от всяка епруетка се промива 5-6 пъти с ледено студен физиологичен разтвор, след което се добавят по 2 капки физиологичен разтвор и се инкубират за 15-20 мин при 52-54 °C. При това настъпва освобождаване (елуиране) на свързаните аглутинини на антисерумите. Елуираната течност от материала, зялът със серум анти-А, се поставя в контакт с 0,2-0,3% суспензия от тест-еритроцити А, а тази от материала, зялът с анти-В – с тест-еритроцити В. Реакцията се отчита с невъоръжено око и под микроскоп. При аглутинация на тест-еритроцити А се доказва наличие в косъма на аглутиногени А, а при аглутинация на тест-еритроцити В – наличие на аглутиногени В (Раданов Ст., 1999).

За мен това е методът на избор при кръвнотруповото определяне на космените проби, тъй като може да се получи верен резултат и при предоставено оскъдно количество космен материал.

Cortivo et al. (Cortivo et al., 2004) съобщават, че модифицираната техника за абсорбция-елуция, използваща разтвор с ниска йонна сила и третирани с папаин червени кръвни клетки, е ефективна и при АВО кръвнотрупово определяне на малка космена проба. Според техните проучвания е възможно да се получат положителни резултати и с фрагмент от косъм с дължина 0,2 cm.

Абсорбция-елуция чрез използване на моноклонални антитела (РИО ФГУ РЦСМЭ, 2009)

Усъвършенстваната медицинска технология за определяне на груповата принадлежност на космени микрофрагменти с помощта на реакция абсорбция-елуция чрез използване на моноклонални антитела позволява да се определят А, В, Н антигените във фрагменти от стъблото на косъма с дължина не повече от 10-15 mm.

Космите се измиват с топла сапунена вода и се изплакват с дестилирана вода. Реже се парче от косъма. При определяне на

необходимата дължина на фрагмента се взема предвид, че са необходими поне 4 mm за появата на антиген А и най-малко 2 mm за откриване на антигени В и Н. Космите се поставят в микроцентрофужна тръба с дейонизирана вода и се държат на кипяща водна баня за 20 мин. Тази процедура спомага за проникване на антителата в дълбочина на стъблото на косъма и възпрепятства възникването на неспецифична реакция. Изследването трябва да се проведе веднага, защото, ако се отложи за следващия ден или по-късно, може да възникне такава неспецифична реакция.

Косъмът се притиска със стъклена пръчка към предметно стъкло до състояние на „бяла пластинка“ (косъмът става по-светъл при натискане), което е добре забележимо при черен фон и се нарязва на необходимите фрагменти. В клетките на борда за имунологични реакции се внася по 50 μ l разтвор на антитела и фрагмент от косъма. Абсорбцията се провежда в течение на 18-24 часа при температура 4-6°C. Космените фрагменти се поставят в охладен до 4 °C фосфатно-солеви буфер 0,1 M, pH 7,4. Неговият състав е: NaCl – 8,0 g, KH_2PO_4 – 0,2 g, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 12 \text{ H}_2\text{O}$ – 2.8 g, KCl – 0.2 g, дейонизирана вода до 1 l. Фрагментите от косъма, престояли в разтвора с анти-А антитела, последователно се промиват в три ямки за общо 10-20 мин. Фрагментите, престояли в разтвора с анти-В и анти-Н антитела, последователно се промиват в шест ямки за общо 60 мин. Космените фрагменти се изсушават на филтърна хартия.

Парчета биологично инертна залепваща лента с размери 10 x 10 mm се поставят върху предметно стъкло и капка дестилирана вода за залепване отгоре. Поставя се косменият фрагмент. Прибавят се 30 μ l съответни тест-еритроцити и стъклата се оставят във влажна камера. Елуцията се провежда за 30 мин при 48-50°C (РИО ФГУ РЦСМЭ, 2009).

ABO кръвно групиране на човешки косми чрез използване на радиоактивно белязани антитела

Техниките за тази цел, описани в литературата, обикновено включват елуция на антитела (Kimura W., Yokoyama M., 1969; Yada S. et al., 1966; Yada S. et al., 1968) или смесена аглутинация (Kimura W., Yokoyama M., Lincoln P.J., Dodd B.E., 1968) и дори аглутинация инхибиране.

Техниката с радио-белязани антитела се основава на имунологична реакция от първи ред (т.е. проста комбинация от анти тяло с антиген), за разлика от смесените техники на аглутинация и елуция. Установено е, че това е подходяща техника, толерантна към широк спектър от експериментални условия.

Boettcher и Kay (Boettcher B., Kay D.J., 1973) предлагат следната техника: Космите се измиват първоначално за около 10 минути в обилна топла вода, съдържаща детергент (DECON 75). Изплакват се старателно с топла дестилирана вода и се изсушават между хартиени кърпи. След това космите се накисват в етер за 1 час, за да се обезмаслят и отново се изсушават с хартиени кърпи.

Космите се натрошават между сгънат лист стъклена хартия. Всеки косъм се закрепя към хартията от двата края с лепяща лента. Частта от косъма, която трябва да се смачка, е оставена без тази лента. Раздробяването се извършва в хидравлична преса, която обикновено се използва за пресоване на силициев прах в дискове за инфрачервена спектроскопия.

Анти-А и анти-В антисерумите са кръвнотрупови реактиви, използвани в лабораториите (125 I-маркирани антисеруми).

Кръвнотруповите радиоактивно белязани реагенти се разреждат до етап, при който те дават слаба, но ясно изразена аглутинация с червени кръвни клетки от съответната група. Космите с подобна дължина се инкубират в епруветки, напълно потопени в реагентите, в продължение на 30 минути при стайна температура. В края на този период се отстранява възможно най-много реагент с пипета Пастър. Епруветките се пълнят три четвърти с физиологичен разтвор, затварят се и се обръщат едновременно, така че всички косми да останат еднакво третирани. Космите, утаени към дъното на епруветките и с възможно най-много разтвор, се отстраняват. Тази процедура на измиване се повтаря четири пъти. Космите се полагат един до друг върху микроскопска лента и се задържат на място чрез целулоидна лента. След това препаратът се поставя в контакт с рентгенов филм за продължителен период (обикновено за една нощ), преди филмът да бъде проявен.

Всички косми произвеждат тъмен образ на рентгеновия филм, което показва, че някакъв радиоактивен материал се е свързал с всеки косъм. Контролите обаче показват, че космите от индивиди от кръвната група, подходящи за използвания реагент, свързват повече

радиоактивен материал, отколкото тези от индивиди от други групи. Сравнявайки изображенията, получени от косми от индивиди от неизвестни групи, с тези, получени от контролите, е възможно да се определи дали неизвестните косми притежават или не антигена, който се тества (Boettcher B., Kay D.J., 1973).

Имунохистохимичен метод – за определяне на кръвна група по АВО от малка проба от косъм се използва техниката на имунопероксидаза с немаркирани антители (РАР) – техника за демонстриране на локализацията на следи от антигенни вещества в космите на човешки скалп (Miyasaka S. et al., 1987).

Първоначално космените проби се подлагат на надлъжно или напречно сечение преди имунооцветяването за кръвна група АВО. Надлъжните разрези се изготвят по метода на ръчно сечение. Проба от косъм с дължина около 3 mm се разрязва на половина и всяка проба се фиксира върху предметно стъкло чрез хирургическо лепило. След това косъмът на предметното стъкло се нарязва надлъжно и медулата на косъма се разкрива чрез ръчно срязване с бръснач под стереомикроскоп, като по този начин се получават две части от един и същи косъм. Едната секция се подлага на имунооцветяване с анти-А, а другата с анти-В. Оптималните разреждания са 1:2000 за анти-А и 1:1500 за анти-В, като положителното оцветяване е постоянно ясно, възпроизводимо и различимо от контролните участъци. Определянето на кръвните групи се извършва и с помощта на напречни срези на космите с дебелина 10 μ m. Срезове и тук се фиксират върху предметно стъкло с помощта на лепило, като по този начин се получава подходяща проба за последващо имунооцветяване.

Преди имунооцветяването всяка секция се третира с 2,0% говежди серумен албумин в разтвор на фосфатен буфер, за блокиране на неблагоприятни неспецифични реакции. След реакция с първичните антители срезове се поставят в реакция с кози антизаешки IgG като вторично анти тяло и накрая с разтворим имуно комплекс на пероксидаза-заешка антипероксидаза. След тройната имунна реакция космените срезове се изплакват в студен разтвор на фосфатен буфер и се инкубират с разтвор на 3-3' диаминобензидин тетраhydroхлорид. Така крайните продукти на имунната реакция се визуализират като кафяви утайки, т.е. при светлинна микроскопия специфичните за групата оцветявания се разкриват като тъмнокафяви

преципитати. В корена на косъма това специфично оцветяване се наблюдава не само в медуларните клетки, но и в някои кортикални клетки. Върху проби от тъмна коса (черна и кафява) преди имунооцветяването се извършва лека избелваща обработка с 10% разтвор на водороден пероксид (pH 9,5) за около 20 минути (Miyasaka S. et al., 1987).

4.1.7. Индивидуална принадлежност

Въпреки прилагането на широк комплекс от макроскопски и микроскопски методи за изследване на космените ВД, получените резултати могат да служат само за извод относно възможността или невъзможността дадени косми да произхождат от определено лице. Въвеждането през 80-те години на XX век на техниката за идентифициране на човешка ядрена ДНК (nDNA) променя коренно съдебномедицинското изследване на космите. Способността на ядрената ДНК да характеризира до индивидуално ниво е без съмнение едно от най-значимите криминалистични постижения на 20-и век. Всеки материал, който съдържа ядреносни клетки, може потенциално да бъде типизиран за ДНК полиморфизми, позволяващи определяне на индивидуалния източник на биологичните доказателства (Preedy V.R., 2012). Достиженията на молекулярната биология и генното инженерство разкриха нови възможности при изследване на следите от биологични продукти. Генетичната информация, кодирана в около 3 милиарда нуклеотида, практически изключва наличието на двама души с еднаква по структура ДНК, с изключение на монозиготните близнаци (Раданов Ст. и съавт., 2006).

Много малка част от човешкия геном – по-малко от 3% – са гени, които инструктират клетките да произвеждат специфични протеини, докато по-голямата част от последователността на ДНК се означава като не кодираща, чиито функции не са известни. Интересно е, че от строго генотипна гледна точка човешките същества са забележително сходни, като 99,7% от нашите ДНК последователности са идентични, оставяйки само 0,3% от генома (по-малко от 1 милион нуклеотиди) използваем за разграничаване на индивидите. Въпреки това тези един милион последователности, включително много повтарящи се региони, могат да дадат

астрономически висока вероятност за разграничаване, съответно асоцииране, на индивидите (Tobin D.J., 2005).

За такова идентифициране някои изследователи (Gazi Nurun N.S., Mohammad Z.S., 2018) предлагат използване на протеиновата последователност в косъма, но се очертават няколко основни предимства на ДНК полиморфизмите пред белтъчните полиморфни системи (използвани по-рано за идентификация на биологичните следи по веществени доказателства), изразяващи се в: отчетливо по-високата им полиморфност, а оттам и информативност; значително по-голямата стабилност на ДНК, в сравнение с протеините; наличие на ДНК във всяка ядреносна клетка, респективно тъкан; разработка на бързи и прецизни методи за изследване на ДНК (Апостолов А.М., 2010).

През последните десетилетия се отчита огромен напредък в анализа на последователността на ядрената ДНК (nDNA), а вече и на митохондриалната ДНК (mtDNA) и това даде възможност да се характеризират както минималните количества ДНК, така и деградиралата ДНК (Tobin D.J., 2005; Andréasson H. et al., 2002). За наблюдаваното бързо развитие неминуемо има значение и въведеното от Кари Мълис използване на полимеразна верижна реакция (PCR), при която специфичен и високоинформативен сегмент от ДНК от минимално количество клетки (сегмент от косъм) се усилва почти без ограничения и след това може да бъде секвениран за идентифициране.

Това позволява да бъдат изследвани както цели косми, така и фрагменти от тях. Отскубнатите косми обикновено имат живи фоликулни клетки в областта на кореновите влагалищни обвивки, които могат да бъдат използвани за анализ на последователността на ядрена ДНК, докато отрязаните или естествено отпадналите по време на телогенната фаза (в покой) косми вероятно няма да имат живи клетки (Oien C.T., 2009; McNevin D. Et al., 2005; Bourguignon et al., 2008). Обикновено космите трябва да съдържат материал от обвивка, за да бъде успешно типизирането на ядрената ДНК (Oien C.T., 2009; McNevin D. Et al., 2005). Предприетите проучвания от Bourguignon et al. (Bourguignon et al., 2008) и Boonen et al. (Boonen et al., 2008) обаче показват, че специфично ядрено оцветяване на телогенните корени на космите позволява определяне чрез флуоресцентна микроскопия (синьо флуоресцентно петно при UV дължина на вълната) на броя на

ядрата, които все още присъстват в телогенния корен (McNevin D. Et al., 2005).

Още при макроскопското изследване на космите един бърз оглед е достатъчен, за да се установи дали коренът е подходящ за анализ на nDNA, включително и да се определи етапът на растеж на корена, при който към корена все още има прикрепен материал от обвивка (Preedy V.R., 2012). Със сигурност е възможно да се получи nDNA профил от косми, ако косата расте активно (анагенна фаза) или когато има обвивен материал, закрепен към кореновия край на косъма (анагенна или евентуално катагенна фаза)(Robertson J., 2017; Mazzarelli D. et al., 2015).

Ако при оглеждане на космите се установи, че има запазени видими корен и коренова обвивка или части от нея, тогава тази крайна част на косъма (приблизително 3 mm) трябва да бъде отрязана в стерилна епруетка (Butler J., 2012; Buckleton J. et al, 2005). За подстригана или нарязана коса, без посочените корен и обвивка, за свързване или разграничаване на проби от косми от различни индивиди, могат да се използват методи за секвениране на митохондриална ДНК (Tobin D.J., 2005).

Използваните в съдебната медицина и криминалистиката ДНК техники се насочват към високоспецифични полиморфни маркери в човешкия геном, които при мултиплициране (чрез PCR) позволяват типизиране на ДНК на индивида до статистически значими нива (Preedy V.R., 2012; Butler J.M., Levin B.C., 1998).

Годна за анализ ДНК може да се получи както от клетки от свежи тъкани и отделения, така и от засъхнали биопродукти с давност от няколко години до десетилетия и столетия, поради по-голямата стабилност на ДНК молекулата. Това дава възможност за получаване на резултати и при деградиран биологичен материал, голяма давност на следите, влияние на различни фактори от околната среда, включително и при опити за заличаване. Методът е високочувствителен, като необходимото количество биологичен материал е един или няколко корена от косми (Butler J., 2012), като е възможен анализ и на смесени, насложени следи.

Развитието на ДНК анализа в съдебномедицинската практика започва с приложението на еднолокусните микросателитни маркери (STR) с обща дължина, достигаща до около 350-400 нуклеотида,

определящо и тяхната относителна стабилност към деградация (Procopio N. et al., 2018).

Въвеждането на фрагментния анализ на STR маркерите (Andréasson H. et al., 2002; Suenaga E., Nakamura H., 2005; Butler, J., 2012) с визуализиране и определяне на вариабилните нуклеотидни последователности чрез автоматичните ДНК секвенатори с лазерно възбудена флуоресценция за регистриране на бандовете (алели в даден локус), прилагането на мощни софтуерни програми с отчитане на базовата дължина на фрагментите и представяне на дигитален комбиниран ДНК профил за всяка проба позволява точна сравнителна и статистическа оценка на резултатите. В световната практика се е наложило използването на ДНК идентификационен модел, включващ извеждането на комбиниран ДНК профил по 10-13 генетични маркера с достатъчно по брой и сравнително равномерно алелно представяне.

Затруднението за успешно STR типизиране при отпадналите косми се дължи основно на процеса на кератинизация, при който се разграждат клетъчните органели и нуклеиновите киселини (McNevin D. et al., 2005; Brandhagen M.D. et al., 2018). От значение са не толкова общите ензимни дейности, свързани с кератинизацията, с резултат разграждането на ДНК, колкото прицелното унищожаване на ядрената ДНК (Opel K.L. et al., 2008). Въпреки това е известно, че част от ядрената ДНК се задържа в телогенните косми, макар и в ниски количества и със силно променливи качества (McNevin D. et al., 2005). Макар че редица проучвания описват наличието и успешното PCR усилване на автозомни STR маркери от телогенни косми (Berger C., Parson W., 2009; Ottens R. et al, 2013), STR типизирането не се прилага рутинно в съдебномедицинските лаборатории по редица причини. Получените STR профили често са непълни, а използваните количествени PCR анализи рядко дават достатъчно информация за адекватно провеждане на анализа надолу по веригата; рутинно прилаганите PCR анализи не са достатъчно чувствителни за ниските нива на ядрена ДНК, присъстващи в телогенните косми (Berger C., Parson W., 2009).

В съдебномедицинските лаборатории като носители на биологични следи попадат различни предмети – дрехи и други лични вещи на пострадали и заподозрени, предмети, за които има предположение, че с тях са причинени определени увреждания, както и такива от обстановката на престъплението. За изолиране на ДНК се

използват различни методики (Melton T. et al., 2012), като основни са органичната фенол-хлороформ екстракция при първоначална обработка на материала с подходящ екстракционен буфер, екстракционни и пречистващи китове от различни световни фирми производители, сертифицирани за производство на реактиви, използвани при ДНК анализите. Един от специфичните проблеми при изолиране на ДНК от предметите носители представлява отстраняване на инхибиторите на PCR – различни микробни ензими, метали, бои и др., което се постига с подбор на оптимална екстракционна методика, етанолна преципитация на ДНК или диализа през микроконцентратори. При около 25-30% от изследваните проби още с въвеждане на фрагментния анализ се установява, че не може да се изолира от биологичния материал ДНК, годна за амплификационната процедура, поради минимално количество на пробите или настъпили процеси на деградация на двойно верижната структура на ДНК молекулата. Колкото пробата е по-стара или по-дълго време е стояла на атмосферни условия с влияние на УВ-светлина, влага, висока температура и др., толкова по-бързо се развиват процесите на деградиране, поради което възможността за изолиране на ДНК е ограничена, а понякога невъзможна. Поради това обстоятелство, биологичният материал (следи от кръв, сперма, слюнка, тъкани, косми и др.) след неговото откриване и изземване следва да се съхранява при най-добри условия чрез изсушаване на стайна температура, без пряка слънчева светлина или в условията на дълбоко замразяване.

При провеждане на изследването космената проба трябва да бъде измита и обработена с ултразвук за половин час, за да се отстранят прах, микроби и всякакви други фини частици. При изследване за mtDNA с помощта на щипци и скалпел се отрязва 2-3 cm участък от косъма или космите. Ако пробата трябва да бъде тествана и за ядрена ДНК, изрязването на участък за изследване на митохондриална ДНК трябва да бъде далеч от корена. Задължително неизползваната част от косъма/ите се връща в опаковката, за евентуални бъдещи анализи (Gazi Nurun N.S., Mohammad Z.S., 2018).

При изследването се извеждат комбиниранияте ДНК профили на съответното лице – жертва/заподозрян, и на ВД – биологичната следа, и се провежда сравнителен анализ между тях. При несъвпадение се отхвърля произходът на медико-биологичния продукт по

вещественото доказателство от съответното лице. При съвпадение на ДНК профил, установен за дадена биологична следа с този на лицето, се изчислява комбинираната генотипна честота на срещаемост на профила (SF), т.е. вероятността друг случайно избран индивид от популацията да има същия генетичен профил. Тя е произведение от генотипните честоти за всеки съответен локус и при достатъчен брой маркери предлага много високи нива на разграничаване на два индивида от популацията (Раданов. Ст. и съавт., 2006).

Комбинираната генотипна честота се определя по формулата $SF = SF_1 \times SF_2 \times \dots \times SF_n$, където SF_1 е генотипната честота за съответния локус и тя е $SF_1 = 2pq$ за хетерозиготен генотип и $SF_1 = p^2$ за хомозиготен генотип, където p и q са алелните честоти за популацията. Широко възприетият начин за представяне на доказателството е изчисленото съотношение на алтернативните вероятности дали инкриминираната проба произлиза от заподозрения или от друга случайна личност. Разделителната способност (PD) или вероятността две случайно избрани от популацията лица да имат различни генотипове по набора изследвани маркери се определя по формулата $PD = (1-SF).100\%$, като изчислението на същата дава стойности в порядъка на 99,9999999999...% (Раданов. Ст. и съавт., 2006).

Някои биологични материи, отложени по веществените доказателства, нямат достатъчно интактна ядрена ДНК (Adhikari R. et al., 2014). Използването на фрагментния анализ в някои случаи се оказва неприложимо при изследване на разложени трупове, костни останки с голяма давност (Berger C., Parson W., 2009; Gazi Nurun N.S., Mohammad Z.S., 2018), фрагменти от косми (без луковица) (Linacre A., Ottens R., 2016) и др., т.е. биологични обекти без ядреноосни клетки. Това е наложило приложение в практиката на анализ на митохондриалната ДНК (mtDNA) (Раданов. Ст. и съавт., 2006; Allen, M. et al., 1998; Bengtsson C.F. et al., 2012; Almeida, M. et al., 2011).

Въпреки че анализът на митохондриалната ДНК е значително по-чувствителен от профилирането на ядрената ДНК (mtDNA се възстановява в 92,5% от случаите на телогенни косми (Brandhagen M.D. et al., 2018; Almeida M. et al., 2011; Desmyter S. et al., 2016), анализът е по-строг, отнема много време, по-скъп е в сравнение с профилирането на nDNA и поради наследените само от майката

черти, mtDNA е с по-ограничена доказателствена стойност (Preedy V.R., 2012).

За разлика от нуклеарната ДНК, митохондриалната ДНК се представя под формата на множество (500 до 1000) копия във всяка човешка клетка, което определя по-висока чувствителност на изследването (Melton T. et al., 2012) и резултати могат да бъдат получени от следи със силно увредена ДНК (Апостолов А.М., 2010). Разработен е ефективен метод за извличане на митохондриална ДНК от косми с дължина до 2 cm (Catlin L.A. et al., 2019).

Също така митохондриалната ДНК е екстрахромозомен тип ДНК. Митохондриите са изобилни във всички клетки и следователно mtDNA присъства в множество копия във всяка клетка в човешкото тяло (стотици и дори хиляди митохондрии, всяка с 2-5 копия на митохондриална ДНК, се намират в клетката в сравнение само с две копия на ядрена ДНК, разпределени между 46 хромозоми (Preedy V.R., 2012; Tobin D.J., 2005; Oien C.T., 2009; Baker L.E. et al., 2017; Gazi Nurun N.S., Mohammad Z.S., 2018). За разлика от nDNA обаче, която съдържа елементи от двамата родители, предаването на митохондриалната наследствена информация става само от майката на поколението ѝ чрез митохондриите, съдържащи се в цитоплазмата на яйцеклетката (Раданов. Ст. и съавт., 2006; Baker L.E. et al., 2001; Butler J.M., Levin B.C., 1998).

Митохондриалната ДНК е хаплоиден геном, който прави полесно интерпретирането на получената последователност. Поради това че тя се предава само по майчин път, индивидите разделят последователността на митохондриалната ДНК със своите роднини по майчина линия – братя, сестри, лели, баби и т.н. (Раданов. Ст. и съавт., 2006), т.е. митохондриалната ДНК не е уникална за даден индивид и подобно на микроскопския анализ на космите не може да се използва за положително идентифициране на индивида, но може да се използва за изключване на потенциално голяма част от населението като възможен донор на космите (Brandhagen M.D. et al., 2018; Oien C.T., 2009).

Спермалните клетки съдържат митохондрии, макар и в много по-ограничен брой, отколкото в клетките на тялото (около 50 сравнено с 1000 или повече). Тази част от спермата не прониква в яйцеклетката, така че единствено майчините митохондрии нормално се предават на децата. Възможно е чрез съществуващите техники да

се анализира митохондриална ДНК от сперма, което вече е направено в някои лаборатории. За съжаление, описаният метод е много скъп и по тази причина трудно приложим в нашата практика (Апостолов А.М., 2010).

Може би от най-голямо притеснение при използването на mtDNA резултати при човешката идентификация е възможността за хетероплазма в пробите – наличието на разлика в единична база в mtDNA в различни тъкани при един индивид или при сравняване на последователности в роднините по майчина линия. Тези хетероплазмени различия обаче могат да бъдат управлявани и анализът на mtDNA последователността може да се използва надеждно и ефективно за криминалистични асоциации и дискриминации (Bar W. et al., 2000; Tobin D.J., 2005).

Необходими са по-големи бази данни, за да се оцени честотата на конкретен тип mtDNA, да се подобри статистиката, с която се решава значимостта на съвпадението и да се определи колко разпространена е хетероплазмата. Има четири възможности: (1) не е открита хетероплазмия нито в пробите, нито в заподозрения – хетероплазмата не играе роля при определяне на съвпадение или изключване; (2) една и съща хетероплазмия се вижда и в пробите, и в заподозрения – ако останалата проба съвпада с тази на заподозрения, наличието на хетероплазмата помага да се потвърди съвпадението; (3) хетероплазмията не се вижда в пробите, но се вижда в заподозрения – ще са необходими допълнителни доказателства, за да се приеме или съвпадение, или изключване; (4) хетероплазмията се вижда в пробите, но не се вижда в заподозрения – отново ще са необходими повече доказателства, за да се приеме или съвпадение, или изключване (Butler J.M., Levin B.C., 1998).

Различните типове косми съдържат различни диапазони от копия на mtDNA: 2-3066 копия в скалповите косми; 250-20 104 копия в пубисните косми; 11-508 копия в космите по крайниците. Пубисните косми са най-дебели, докато космите по ръцете най-често изглеждат много тънки и фини. Трябва да се има предвид, че разликата в дебелината на косъма може да допринесе за по-голям брой налични пептиди и копия на mtDNA (Catlin L.A. et al., 2019).

Анализът на митохондриалната ДНК се основава главно на стратегията на амплификации с полимеразна верижна реакция (PCR), която се фокусира върху контролни хипер променливи региони HVR-

I и HVR-II (Gazi Nurun N.S., Mohammad Z.S., 2018; Ottens R., 2016; Adhikari R. et al, 2014; Melton T. et al., 2012). Различните стъпки на анализа на mtDNA включват първичен визуален анализ, подготовка на пробата, екстракция на ДНК, PCR амплификация, постамплификация, количествено определяне, пречистване и автоматизирано ДНК секвениране, анализ на данните (Gazi Nurun N.S., Mohammad Z.S., 2018).

При анализиране на получените резултати се приема, че ако изведената от биологичната следа митохондриална ДНК секвенция се различава в повече от една нуклеотидна замяна от съответната секвенция при дадено лице, то биологичният материал не произхожда от него (Раданов. Ст. и съавт., 2006).

При установяване на пълно съвпадение между секвенциите на изследваната проба и сравнителния материал от лицето не се изключва следата да произхожда от него, както и от всички лица по майчина линия поради това, че те имат еднаква митохондриална ДНК секвенция (Раданов. Ст. и съавт., 2006).

Все пак аз смятам, че макар определянето на ядрената или митохондриална ДНК да дава много ценна информация при съдебномедицинското изследване на космите, иззети като веществено доказателство от местопрестъплението, то разходите за едно такова изследване са прекалено високи за рутинното му извършване при всички случаи. Икономически по-обосновано е космените проби от местопроизшествието и тези от евентуалния извършител или жертва първо да се подлагат на морфологичен анализ, за да се установи дали изобщо са необходими молекулните техники. Ако един или повече обекта могат да бъдат изключени от анализ чрез микроскопско изследване, спестяването на разходи е значително. Например може бързо да се реши въпросът за произхода на съответното влакно – човешки, животински, растителен или текстилно влакно, и едва след това да се премине към ДНК изследване само на подбрани обекти (Oien C.T., 2009; Tridico S.R. et al., 2014). Поради разрушителния характер на двете ДНК техники първо трябва да се извърши микроскопският анализ, последван от ДНК изследване, тъй като тази част от космите, използвана при ДНК анализа, ще бъде унищожена, което прави невъзможно последващо микроскопско изследване (Oien C.T., 2009).

В заключение, за пълна идентификация на иззетите като ВД косми е най-добре да се комбинират различните методи на изследване: макроскопско и микроскопско определяне на морфологичните им характеристики, последвано от химичен анализ и след това ДНК изследване (ядрено или митохондриално) (Tobin D.J., 2005; Melton T. et al., 2012; Catlin L.A. et al., 2019; Linacre A., Ottens R., 2016; Adhikari R. et al, 2014). Само така може да се постигне персонализация на изследваните косми с точност, приближаваща 100%, и да се увеличи вероятността правилното лице или лица да бъдат обвинени и осъдени за извършеното престъпление.

4.2. Сравнително изследване на косми

Както вече бе посочено, при съдебномедицинското изследване на космите първо се изследват тези, иззети от местопроизшествието, а след това и дадените за сравнение. После се преминава към сравнително изследване на двете групи косми, с определяне наличие на сходство или различие между тях. Това може да бъде извършено чрез различни методи в зависимост от наличното оборудване (техника). Първоначално се определят и сравняват макроскопските характеристики на двете групи косми, а след това и микроскопските. Прави се сравнително изследване, т.е. в едно зрително поле на микроскопа, при еднакви условия, се сравняват двата косъма.

Сравнителният окуляр позволява да се видят в едно зрително поле обекти, поставени на предметни стъкла на два микроскопа или може да се използва сравнителен микроскоп – два микроскопа, които са оптически свързани – изглед на разделен екран, при което двете проби се разглеждат едновременно (Oien C.T., 2009) (Снимка 106).

Друг възможен метод е да се поставят сравняваните обекти в един препарат – в зрителното поле на микроскопа ще са едновременно и двата изучавани обекта. Може би този метод е най-точен, тъй като при него най-добре се получава еднакво осветяване на препарата, имащо първостепенно значение при това изследване. Препоръчително е сравнителното изследване да става на естествена светлина (Туманов А.К., 1975).



Снимка 106. Сравнителен микроскоп, позволяващ предметното стъкло с неизвестния косъм и това с известния да се изследват едно до друго, като космите бъдат сравнявани детайлно в едно и също зрително поле
(Preedy V.R., 2012)

Подлежащите на сравняване косми трябва да се поставят така върху предметното стъкло, че краищата им (коренови или върхови) да са обърнати в една посока. Сравняването трябва да се извършва между еднакви части на косъма – напр. коренов край на единия косъм с коренов край на другия косъм и т.н.

Процесът на сравняване на космите често е труден и отнема много време, но при изследването не трябва да се бърза или то да се провежда небрежно. Поради субективността и трудността на процеса на сравняване експертите непрекъснато подобряват използваните методи с цел да сведат до минимум възможните грешки, особено от типа на неправилно приемане на съвпадение. При този тип грешки се прави неправилно свързване на космите с дадено лице или място. Последиците от подобна грешка са много по-сериозни от обратния вариант, при който косми, които всъщност произлизат от дадено лице, не се свързват с този индивид (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

Човешките косми се различават в много отношения от другите видове биологични веществени доказателства, тъй като растат и се променят с времето. Скалповите косми например растат със скорост около 1 cm на месец. Това определя едновременното присъствие на косми с различна възраст в различните части на един и същи скалп. Върховите краища на тези косми може да се различават значително по микроскопските си характеристики, поради въздействието на фактори на околната среда или козметично повлияване. Микроскопските характеристики на човешките косми често варират по дължината им, факт, който е много полезен за специалиста,

изследващ космите. Там, където съществува такава разновидност, те имат много повече характеристики, с които да се работи и на базата на които да се извършва сравнението (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

Космите притежават някои уникални особености, които правят сравняването им по-трудно от сравняването на други видове доказателства. Често значителна променливост в обхвата на микроскопските характеристики се проявява от различни косми от определена област на тялото на един човек. От друга страна, различията, които съществуват между космите от два отделни индивида, често са трудни за откриване. Тъй като всички косми обикновено имат едни и същи структурни части, процесът на скрининг за откриване на тези разлики не е елементарен. Необходима е значителна микроскопска работа, поради което процесът на сравняване често отнема много време. Все пак човешките косми са полезни като асоциативно доказателство поради разнообразието, което съществува в микроскопските характеристики на космите, взети от различни индивиди. Въпреки че често има значителна вариация в рамките на конкретен организъм, все пак има много по-малка вариация от междуличностната разлика, която съществува в цялата популация (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

Микроскопските характеристики на човешките косми могат да бъдат класифицирани, като се вземе предвид честотата или необичайността на съответната характеристика. Тези характеристики, които не са необичайни, се определят като общи характеристики. Всички косми имат голям брой общи характеристики и въпреки че не е възможно да се каже, че някоя от тези характеристики е рядкост, възможно е изобилното разнообразие в подреждането им в рамките на един косъм да придава на космите някаква уникалност. За разлика от общите характеристики, други характеристики не се наблюдават редовно и са достатъчно отличителни, за да бъдат разпознати от опитния експерт като необичайни. Те се приемат като индивидуални характеристики. Индивидуалните характеристики включват напр. тези, които съществуват в космите, подложени на козметично третиране. Косата може да бъде химически модифицирана по много начини, за да промени външния си вид. Експертът разполага както с

непроменените, така и с променените части на третираната коса за сравнение. Тъй като, както казахме, космите на главата растат със скорост приблизително 1 cm на месец, често е възможно да се прецени продължителността на времето, откакто косата е била подложена на изкуствено третиране. Други индивидуални характеристики включват тези, проявени от косми от индивиди с определени заболявания, които причиняват съпътстващи структурни промени в косата на засегнатите индивиди. В други случаи по космите могат да се установят структурни особености, които са по-редки. Например косми, които имат по-голяма ширина, двойна медула или множество пукнатини в кутикулата, биха се вписали в тази категория (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

При космите е възможно се установи и необичайна стойност на определена обща характеристика, т.е. когато подобна характеристика присъства в космите по такъв начин, че полученото състояние изглежда необичайно за опитния експерт. Например, докато кортикалните фузии не са рядко срещани структурни особености в космите, разпределението им в голям брой по цялата дължина на косъма би се считало за необичайно. Наличието на някакви вещества или чужди тела по повърхността на човешките косми също може да доведе до точна асоциация, когато тези артефакти не се срещат често по космите. Наличието на индивидуална характеристика в изследваните косми придава значителна сила на асоциацията, защото шансът да се намери същата характеристика в косми, взети от някой случаен индивид, би бил много малък. Индивидуалните характеристики се разпознават лесно и са по-лесни за описание от определена стойност на обща характеристика (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

При съдебномедицинското космено сравнение се работи с косми с неизвестен произход, така наречените неизвестни косми. Тези косми обичайно са с пълна дължина, естествено отделили се от тялото. Много често при извършени престъпления обаче се наблюдават насилствено отстранени и увредени косми. За да се направят сравнения на неизвестните косми и опит да се свържат те с конкретен индивид, е необходимо да се изследва и космена проба от този индивид – известни косми (Forensic Science Reform. Microscopic Hair Comparison, 2017).

Поради, както вече бе уточнено, наличието все пак на лека разлика в микроскопските характеристики на различните косми от една и съща област на тялото на един човек е важно да се получи достатъчен брой косми, за да се представят адекватно диапазоните на всички налични характеристики (Forensic Science Reform. Microscopic Hair Comparison, 2017). Пробата от неизвестни косми може да се състои от един или повече косми. Известната проба трябва да се състои от 20 или повече косъма от въпросната област и трябва да обхваща вариацията за съответния регион, т.е. трябва да бъде представителна за въпросната област на тялото. Напр. космите на слепоочията могат да побелеят, боядисаната коса може да бъде на ивици или дължините на боядисаната и небоядисана част могат да варират. Също така космените проби трябва да бъдат взети колкото е възможно по-скоро след съответното престъпление, тъй като характеристиките на космите могат да се променят във времето (Forensic Science Reform. Microscopic Hair Comparison, 2017).

За да могат да се изградят правилни изводи, е необходимо проучване на косми с пълни дължини на стъблото, с коренова и върхова част, за адекватно изследване и сравняване на вариантите по дължината на единичните косми и определяне на етапа на растеж. Тъй като по-голямата част от отскубнатите косми са в активен растежен стадий, е желателно косата да се среше и да се получат косми в телогенен стадий. Препоръчва се известната проба косми от главата да се състои от най-малко 20 косъма от всяка от петте различни области на скалпа (челна, теменна, тилна и двете слепоочни), като тези косми да бъдат получени както чрез издърпване, така и с разресване. От тези взети 100 косъма, няколко (обикновено 6 до 20, в зависимост от хомогенността на пробата) трябва да бъдат избрани като представителна част за цялата известна проба. Изборът трябва да се основава главно на груби характеристики, като дължина, неравност, цвят, наблюдавани при макроскопско и стереомикроскопско изследване. Ако се отнася за пубисни косми, известната проба трябва да се състои от най-малко 30 косъма, получени чрез издърпване и сресване, от различни части на слабинната област (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

За прецизно извършване на микроскопското сравняване на космите е необходимо те да бъдат правилно подготвени за

изследването. За адекватно наблюдение на микроскопските характеристики в рамките на отделния косъм той трябва да се постави (монтира) в среда с показател на пречупване, подобен на тази на самия косъм (изотропният или средният показател на пречупване на космите е приблизително 1,55). Използването на монтажна среда с показател на пречупване много различен от този на косъма ще доведе до прекомерни сенки и контраст, които може да маскират вътрешните характеристики на космите (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

При сравняването на космите е необходимо извършване на микроскопско изследване с ниска и висока мощност. Стереомикроскопските изследвания при увеличения около 10х, както на немонтирани, така и на монтирани косми, са важни за скрининг. Така се преценява кои косми трябва да бъдат избрани за подробна и отнемаща време сравнителна микроскопия. При скрининга на космите преди подробни сравнения изследването на кореновите и върховите краища на космите може да бъде от полза по няколко причини. Тези области са лесни за намиране. Те съдържат по същество всички характеристики, присъстващи в косъма и тези характеристики отразяват промените от околната среда и козметичното третиране (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

Наблюденията на монтираните косми със сравнителен микроскоп трябва да обхващат различни увеличения, обикновено около 40х, 100х, 250х и 400х. Използването на голяма мощност (голяма числена бленда) позволява изследването и сравнението на фините детайли, присъстващи в такива характеристики като пигментация и кутикуларни люспи. Известните и неизвестните косми трябва да се сравняват по отношение на възможно най-много характеристики (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

За да се определи, че е налице съответствие в макроскопските и микроскопските характеристики на известните косми (от конкретно лице) и неизвестните косми, трябва да се установи, че няма значителни разлики в тези характеристики. Тъй като никога два косъма не са абсолютно еднакви във всички детайли, е важно да се определи кои разлики са значителни. Първо трябва да се определи дали характеристиките, проявени от неизвестните косми, се вписват

в обхвата на характеристиките, присъстващи в известната проба. След това идеалната ситуация за изследващия е да намери един или повече косми в известната проба, които съответстват във всички отношения (без значителни различия) с неизвестните косми (Proceeding of the International Symposium on Forensic Hair Comparison, 1985).

Няма приет брой характеристики, които трябва да са сходни между двете космени проби. По-скоро е общоприето, че всички характеристики, показани от неизвестните косми, трябва да бъдат представени в космите от известната проба, за да се подкрепи заключението за асоциация (Owen G.W., 1977).

Преди започване на процеса на сравняване експертът трябва да прецени дали съответният косъм е подходящ за сравнение. Неподходящи се явяват увредените, прекалено късите, прекалено светлите или екстремно козметично третиран косми.

Подходящите косми могат да бъдат сравнени с подходящи известни проби от същия тип – скалпови със скалпови; пубисни с пубисни (Owen G.W., 1977). Космите от други части на тялото обикновено не се считат за подходящи за сравнение, тъй като те обичайно не съдържат достатъчно вариации в техните микроскопски характеристики, за да се разграничат надеждно космите от различни индивиди.

Проучва се:

Коренов край: растежен стадий (Linch C.A., Prahlow J., 2001, Petraco N. et al., 1988, Koch S.L. et al., 2013). Ако космените корени са в подходящ цикъл на растеж (анаген или катаген) или с прикрепен материал от коренова обвивка, то сравнението може да се допълни и от ДНК профилиране (Linch C. Et al., 1998).

Върхов край: естествен, отрязан, счупен, гладък, разцепен, опърлен и др.

Стъбло: размер, контур, изпъкналост/неравност, увреждане и др.

Медула: присъствие или отсъствие, дебелина, фрагментирана, прекъсната, непрекъсната, ясна или непрозрачна, клетъчна или гладка (Houck M.M., 2003).

Кортекс: видима или не структура, клетки на кортекса; пигмент – подреждане, разпределение, плътност, размер на гранули, празнини (Houck M.M., 2003).

При сравняването задължително се определя цветът на пигмента. Проверява се еднакъв ли е цветът на космите, има ли разлика в оттенъка на цвета. Тъй като цветът на космите може да се колебае и при един и същи човек, по-добре е да се изследват колкото може повече косми. Избират се най-тъмните от включените като ВД и се сравняват с най-светлите от предоставените за сравнение. Ако най-тъмните от веществените са по-светли от най-светлите за сравнение, то сходството по цвят може да се изключи. След това се сравняват най-светлите от веществените и най-тъмните от сравнителните косми. Ако изследваните косми в този случай са по-тъмни от дадените за сравнение, то резултатът е същият, тъй като изследваните косми са по-тъмни от предоставените за сравнение. Ако двата вида косми имат почти еднакъв цвят, то се подбират косми, които имат по-близък цвят и се сравнява не преобладават ли при едните и при другите по-тъмните или по-светлите косми (Носк М.М., 2003).

Освен вида на пигмента, в хода на проучването се изследват и характеристиките на пигментните зърна – форма (пръчка, овал, издължен овал и др.), размери, съотношение форма/размери и др., както и особеностите на пигментните агрегати. От значение е и разположението на пигмента, като то може да се променя по дължината на косъма (Носк М.М., 2003).

Кутикула: цвят, дебелина, брой и разположение на линиите на рисунка на кутикулата, увреждане и др.

Сравнението се извършва само между еднакви части на косъма (корен, средна част, връх).

Освен основните структурни компоненти, за определяне на сходство имат значение и показатели като дебелина (диаметър) на космите, площ и форма на напречното им сечение. Според Кишиневский и съавт. (Кишиневский АН, Кузнецов ЛЕ, Шарандина ОП., 1966) колебанието в площта на напречното сечение на космите от различни области на главата на един и същи човек е $30-70 \mu\text{m}^2$.

За разграничаване на морфологично сходни косми Александров (Александров Н.Г., 1956) предлага да се въздейства върху напречните им срези с различни химични вещества (киселини, основи, соли на различни метали, органични и неорганични оцветители, окислители). След такова въздействие могат да се проявят някои особености, на базата на които при сравнително изследване на срезове да се

установят признаци, позволяващи различаването на един образец от друг. Описаните химически въздействия могат да помогнат за решаване и на видовата принадлежност на проучваните косми.

Ейдлин (Эйдлин Л.М., 1962), с такава цел, предлага първо космите да се подложат на термично въздействие, защото следи от това въздействие при различните хора се появяват при различна температура и степента на увреждането им може да е различна. Ако термичното въздействие не доведе до поява на различия при морфологично сходни косми, то Ейдлин предлага от космите, подложени на термично въздействие, да се изготвят напречни срези и те да се подложат на химично въздействие.

Освен сравняване на микроскопските характеристики, за решаване на сходство могат да се използват и други методи, напр. устойчивост на косъма на опъване – космите на различните хора може да имат различна устойчивост на опъване. Това може да е полезно както при определяне на сходство, така и при диагностициране на някои изменения по космите, които ги правят по-малко устойчиви на опъване (Туманов А.К., 1975).

За установяване на сходство или различие на космите може да се изследва и химичният им състав. Известно е, че в състава на косъма са включени голямо количество различни аминокиселини – аланин, аргинин, цистин, тирозин, хистидин, серин, теонин, триптофан, пролин, валин и др. Публикувани са данни за промяна в съдържанието на редица аминокиселини в процеса на растеж на косъма (Туманов А.К., 1975).

Много автори отбелязват също така значителното различие в съдържанието на отделни микроелементи в космите на различните хора и отсъствието на голямо колебание в космите от различни области на тялото на един и същи човек. За количествено и качествено определяне на макро- и микроелементите се използва емисионно-спектрален анализ (Туманов А.К., 1975).

При косменото сравняване всеки материал, който съдържа ядрено-активни клетки, може да бъде типизиран за ДНК полиморфизми, позволяващи биологични доказателства да бъдат характеризирани до индивидуално ниво, т.е. при наличие на корен на косъма и части от коренова обвивка по него да се извърши персонализация на изследвания косъм с точност в порядъка на 99,9999999999...%.

При липса на ядроносни клетки би могло да се извърши изследване на митохондриалната ДНК (mtDNA) на пробата (Melton T. et al., 2005). Около 93% от космите осигуряват mtDNA информация – 1,0 cm косъм обикновено е достатъчен за изследване.

Най-важното, което трябва да се има предвид при сравнителното изследване на двете групи косми (известни и неизвестни), е, че се търси и определя сходство между тях, а не тъждество.

Експертът изследва сравнително ограничен брой признаци на космите. Тези признаци могат значително да се колебаят при космите на един човек и могат да съвпадат при космите на двама и повече. Затова експертът не може да говори за тъждество на космите.

След изучаване на образците и отбелязване на сумарни данни по области и общи данни за всички косми (от областта) се пристъпва към сравняване на тези данни с данните от изучаваните ВД.

Според мен при предоставяне в качеството на ВД на единичен косъм въпросът за сходството не може да се реши. Тогава е по-правилно в заключението експертът да направи само предположение. Въпреки че има някои случаи с редки особености по космите, позволяващи при наличие само на единични косми да се направи обосновано предположение за сходство.

Всъщност при изследване на единични косми експертът може да се изкаже категорично само за несходство на космите, ако изследваните и сравняваните косми се различават.

Понякога съвпадението на много признаци при двете групи косми още не говори, че те са сходни. Проведени са редица изследвания за оценка на разделителната способност и ограниченията на космените сравнения (Gaudette B., 1999; Bisbing R., 2002; Houck M.M., Budowle B., 2002; Houck M.M., 2003; Tridico S.R., 2014). Изводите, които могат да се направят, са:

Положителни – космите от едната група имат същите микроскопски характеристики като космите от другата група, съответно биха могли да произхождат от същия източник.

Неубедителни – има сходства и разлики между двете космени проби и съответно не може да се направи заключение дали те биха могли да имат общ източник.

Отрицателни – неизвестната космена проба е микроскопски различна от известната и съответно не би могла да от същия източник

(Tridico S.R., 2014; Houck M.M., 2003).

Въпреки че при косменото сравняване не се определя тъждество, т.е. не може да се каже, че неизвестните косми принадлежат на конкретен индивид, поне може да се твърди, че космите не са дошли от определени други лица. Не е възможно да се направи положителна идентификация или да се даде силно положително заключение въз основа на сравнения на космите, но елиминациите се получават често и може лесно да бъдат изведени силни отрицателни заключения (Gaudette B.D., 1985).

Има някои фактори, които засилват вероятността за позитивен извод от сравняването (Gaudette B.D., 2000):

1. Два и повече различни косъма, установени като подобни на известната проба.
2. Косми с необичайни характеристики.
3. Косми, открити на неочаквани места.
4. Двупосочен трансфер – например косми на жертвата, намерена върху облеклото на обвиняемия, и косми на обвиняемия, намерена върху дрехите на жертвата.
5. Допълнителни изследвания като определяне на пола, доказване на метали, наркотични вещества и др.

Има също така фактори, които намаляват вероятността за позитивен извод (Gaudette B.D., 2000):

1. Наличие не на цели косми, а на части от такива.
2. Неизвестни косми, които са често срещани, без характерни особености.
3. Косми от неевропейски етнически произход.
4. Неизвестни косми, намерени във връзка с други несвързани косми.
5. Известни проби с голяма вариация в рамките на пробата (Gaudette B.D., 2000; Lee H.C., DeForest P.R., 1984).

Категоричен отрицателен отговор при сравнението, т.е. да се изключат категорично изследваните косми като произхождащи от съответния източник, може да се даде само в случаи като следните:

1. Неизвестните косми са с различен цвят, форма или много по-голяма дължина от тези в известната проба.
2. Космите от двете групи (известни и неизвестни) са от различен пол или тип ензим.

3. Известните и ВД космите са от индивиди с различен етнически произход (Oien C.T., 2009).

4. Неизвестните косми са били изкуствено обработени, а тези от известната проба не.

5. Голям брой от неизвестните косми са много различни от тези в известната проба.

Експертите не са единодушни по отношение на доказателствената тежест на косменото сравняване. Някои застъпват тезата, че това е метод за изследване, на който напълно могат да се доверят (Gaudette B.D., Keeping E.S., 1974; Gaudette B.D., 1976, 1978), докато други приемат, че е с ниска степен на асоциативна точност (Heindl R., 1957; Kind S.S., Owen G.W., 1977). Според мен това изследване, въпреки някои свои несъвършенства, се характеризира със значителна точност. То има своето значение в общия процес на съдебномедицинско и криминалистично изследване наред с другите веществени доказателства и данни по конкретния казус.

За правилно представяне на космените доказателства и висока достоверност на сравнителното им изследване, експертът трябва да използва следния спектър от заключения (Gaudette B.D., 2000):

Силно положително: Неизвестните косми произхождат от същото лице като известната проба.

Положително: Неизвестните косми са подобни и може да са с произход от едно и също лице с известната проба.

Неубедително: Не може да се направи заключение дали неизвестните и известни косми имат общ произход.

Отрицателно: Неизвестните косми не са подобни и не може да са с произход от едно и също лице с известна проба.

Силно отрицателно: Неизвестните косми не могат произхождат от същото лице с известната проба.

Както вече бе посочено, общоприето е, че космите не са средство за положителна идентификация, т.е. не е възможно само на базата на тяхното изследване да се определи, че те произхождат единствено от дадено конкретно лице. В по-голямата част от случаите може само да се твърди, че неизвестните косми съответстват или не съответстват на произхождащите от това лице. Затова косменото сравнение обикновено има доказателствена стойност единствено при използването му заедно с другите доказателства по случая.

5. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1

Протокол за изследване на човешки косми

структура (Клиника/Отделение Съдебна медицина при.....)		стр. ...				
Данни от изследване случай						
Изследване на косъм лист 1						
Номер на косъма		1	2	3	4	5
Макроскопски характеристики						
Дължина (cm)						
Дебелина (диаметър)	фин					
	среден					
	груб					
Форма - степен на къдрене	диаметър на кривата					
	индекс на къдрене					
	брой усуквания/извивки					
	брой вълни					
Цвят ¹	бял					
	сив					
	жълт					
	светлокафяв					
	кафяв					
	тъмнокафяв					
	червен					
	черен					
Връх	естествен конус					
	отрязан					
	заоблен					
	изтрит					

	разцепен					
	смачкан или откъснат					
	овъглен					
Особености	наслагвания					
	задебеляване					
	развлакняване					
	увреждания					

Общо описание и коментари:

А – оценен чрез стереомикроскоп, използващ стандартизирано осветяване

В – основният цвят да се квалифицира като светъл, среден, тъмен

С – да се отбележи изкуствено оцветяване

Изследвано от :

Бележки от:

Ден:

Дата:

Час:

Структура						
(Клиника/Отделение Съдебна медицина при.....) стр. ...						
Данни от изследване						случай
.....						
Изследване на косъм лист 2, 3, 4						
Номер на косъма		1	2	3	4	5
Микроскопски характеристики						
Цвят	безцветен					
	сив/бял					
	жълт					
	светлокафяв					
	кафяв					
	тъмнокафяв					
	червен					
	черен					
	друг (специфичен) цвят					
Пигментна плътност	липсва пигмент					
	ниска					
	средна					
	висока					
	непрозрачен					
Пигментно разпределение (напречен срез)	отсъства					
	равномерно					
	периферно					
	едностранно					

	централно					
	случайно					
	друго					
Форма на пигментните агрегати	липсват					
	на ивици					
	на струпвания					
	друго					
Размер на пигментните агрегати	липсват					
	малки ивици или струпвания					
	средни ивици или струпвания					
	големи ивици или струпвания					
	друго					
Форма на пигментните гранули	кръгла					
	овална/ продълговата					
	друга					
Размер на пигментните гранули	липсват/засенчени					
	малки					
	големи					
Структура на кортекса	липсва					
	видима					
	неясна					
Кортикални фузии	липсват					
	само в корена					
	редки					
Овоидни тела	липсват					

	малко					
	много					
Непрекъснатост на медулата	липсва/затъмнена					
	непрекъсната					
	прекъсната					
	фрагментирана					
	непрекъсната/прекъсната					
	непрекъсната/фрагментирана					
	прекъсната/фрагментирана					
	непрекъсната/прекъсната/фрагментирана					
Прозрачност на медулата	отсъства/затъмнена					
	матова					
	прозрачна					
	матова/прозрачна					
Медула други	ширина (МИ)					
	аморфност или наличие на модел					
Дебелина на кутикулата	тънка					
	дебела					
	променлива					
	неясна					
Вътрешен контур на кутикулата	неясен					
	отчетлив					
	варира					

Профил на люспите на кутикулата	гладък					
	назъбен					
	примковиден					
	неравен, разръфан					
	друго					
Повърхност на кутикулата	нормална					
	увредена					
Пигмент в кутикулата	липсва					
	наличен					
Коренов край	липсва					
	наличен					
	фаза на растеж					
	пречупен					
	отрязан					
	разложен					
Върхов край	естествен конус					
	заоблен конус					
	напречно срязан/прав ръб					
	срязан под ъгъл/прав ръб					
	напречно срязан/заоблен ръб					
	срязан под ъгъл/заоблен ръб					
	разцепен					

	изтрит					
	смачкан					
	овъглен					
	разрушен					
	друго					
Максимален диаметър на стъблото (µm)	фин					
	среден					
	груб					
Отклонения в стъблото	нормално					
	огънато					
	под прав ъгъл/образуващо рамо					
	разцепено					
	вълнообразно					
	усукано, спираловидно					
Форма на напречното сечение	кръгла					
	овална					
	триъгълна					
	плоска					
	бъбрековидна					
	с форма на сълза					
	ексцентричност (степен на отклонение от кръглата форма)					
Обработка на косата	отсъства/не личи					
	боядисана					

	изрусена					
	накъдрена					
	комбинация					
	друго					
Болестни увреждания	вродени					
	придобити					
Разни характеристики	двойна медула					
	пропуски в пигмента					
	наличие на отломки					
	друго					
Наличие и увреда от насекоми, паяци, гъби	въшки/яйца					
	гъбична увреда					
	увреда от насекоми/паяци					
	друго					
Изследвано от : Бележки от: Час: Ден: Дата:						

структура (Клиника/Отделение Съдебна медицина при...)		стр. ...	
Данни от изследване		случай	
Изследване на косъм		лист 5	
СРАВНИТЕЛНА МИКРОСКОПИЯ			
Известен косъм Реф. номер	Неизвестен косъм Реф. номер	Коментари	Резултат Позитивен (+) или негативен (-)
Изследвано от : Бележки от: Час: Ден: Дата:			

6. БИБЛИОГРАФИЯ

1. Александров НГ. Особенности поперечных срезов волос человека и некоторых видов животных. Программа, рефераты и тезисы 4-й научн. конференции аспирантов и клинических ординаторов Самаркандск. мед. ин-та. Самарканд, 1956:11-12
2. Анатомия на косъма. Българска асоциация „Трихология“. <https://trichology.bg/>
3. Апостолов АМ. 2010. Фрагментен ДНК анализ на съдебномедицински биологични следи по веществени доказателства и идентификация на личността. Горекс Прес, София
4. Армеев ДА. 1961. К вопросу об отличии волос человека от волос животных. В кн.: Сб. трудов Казах. отделения Всесоюз. научн. об. судебных медиков и криминалистов. Вып. 4. Алма-Ата:125-7.
5. Асадчих НП, Локтев ВЕ. 1969. Гистохимический метод выявления цистина в волосах человека и животных. В кн.: Материалы 5-й Всесоюз. научн. конференции судебных медиков. Т. 2. Л.:264-5.
6. Ачеркан НН. 1969. Определение групповой принадлежности волос при различных способах предварительной обработки их. В кн.: Вопросы судебной медицины. Москва:280-5.
7. Ашурбеков ТР. 1969. Материалы к применению эмиссионного спектрального анализа при судебно-медицинском исследовании волос и синтетических волокон (определение природы объекта и видовой принадлежности; экспериментальное исследование). Москва.
8. Ашурбеков ТР. 1968. Дифференциация и диагностика волос некоторых животных по соотношению ряда макро- и микроэлементов. — В кн.: Современные лабораторные методы судебно-медицинской экспертизы. Выш. 1. М.:30-6
9. Ашурбеков ТР. 1968. Материалы к применению эмиссионного спектрального анализа при судебно-медицинском исследовании волос и синтетических волокон. Дис. канд., М.:10.
10. Барсегянц ЛО, Верещака МФ. 1982. Морфологические особенности волос человека в аспекте судебно-медицинской экспертизы. Медицина, Москва.
11. Бронникова МА. 1947. Судебно-медицинское исследование вещественных доказательств. Москва:205.
12. Волков ВН, Датий АВ. 2000. Судебная медицина. Закон и право, Москва.
13. Дурмишев А. и съавт. 1993. Дерматология и венерология. Медицина и физкультур, София.
14. Зими́на ЮВ. 2008. Дифференциальная диагностика волос анатомических областей тело человека по микроморфологическим признакам. Издательство СПбМАП, Санкт-Петербург.
15. Златков Н., Янкова Р., Савов Й. 1998. Дерматология и венерология. Медицинско издателство „Райков“, София: 17-19; 95-98.

16. Кишиневский АН, Кузнецов ЛЕ, Шарандина ОП. 1966. Измерение площади поперечного сечения волос человека в судебно-медицинской практике. В кн.: Актуальные вопросы судебн. медицины и криминалистики. Л:152-3.
17. Кисин М В, Булышева ЛК, Мамотюк МЛ, Разоренова ОИ. 1984. Волосы животных как объект судебно-биологической экспертизы. Всесоюзный научно-исследовательский институт МВД СССР, Москва.
18. Кисин МВ, Паршиков ЮИ, Вртанесьян ЭВ, Габор И, Булышева ЛК, Матэ И. 1983. Исследование деструктивных волос и искусственных волокон методом растовой электронной микроскопии. Москва-Будапешт.
19. Концевич И, Киев А. 1988. Руководство к практическим занятиям по судебной медицине. Издательского объединения Выща Школа, Киев.
20. Корнишева ВГ, Ежков ГА. 2012. Патология волос и кожи волосистой части головы. Фолиант, Санкт-Петербург.
21. Крюков ВН. 2009. Судебная медицина. Норма, Москва.
22. Кряжева СС. 1990. Кожа, волосы, ногти. Советы по уходу. НПО „Медицинская энциклопедия“, Москва.
23. Матышева АА, Пиголкин ЮИ. 1985. Судебная медицина. Медицина, Ленинград.
24. Минаков ПА. 1894. О волосах в судебно-медицинском отношении. Дис. докт. М.:136.
25. Мырзаханова М, Мырзаханов Е. Судебно-медицинская экспертиза волос. *Administratīvā un kriminālā justīcija*. 2017;2(79):24-7.
26. Определение групповой принадлежности микрофрагментов волос с помощью реакции абсорбции-элюции с использованием моноклональных антител. 2009. Федеральное государственное учреждение российский центр судебно-медицинской экспертизы. Москва. РИО ФГУ РЦСМЭ. Минздравсоцразвития России.
27. Петрачков М. 1939. Волосы лошади в судебно-медицинском отношении. Дис. канд. М
28. Пиголкин ЮИ. 2004. Учебное пособие для практических занятий по Судебной медицине. Гэотар-мед, Москва.
29. Прейсман ГА. 1957. Определение групповой принадлежности крови, волос, ногтей и мозга. В кн.: Материали 3-го Всесоюзн. совещания судебно-медицинских экспертов. Рига:119-20.
30. Раданов Ст. 1999. Ръководство за практически упражнения по съдебна медицина. Медицина и физкултура, София
31. Раданов Ст. и съавт. 1992. Съдебна медицина. Учебник за студенти по медицина, 1. изд. Медицина и физкултура, София.
32. Раданов Ст. и съавт. 2006. Съдебна медицина и медицинска деонтология. Сиела - Софт енд пабблишинг, София.
33. Сайковская АВ. 1966. Расположение поврежденных и неповрежденных волос по краям ран, В кн.: Сб. научно-практических работ судебных медиков и криминалистов. Петрозаводск:94-6.
34. Самищенко СС. 1996. Судебная медицина. Право и закон, Москва.

35. Сидоров СМ. 1944. Исследование волос человека и животных в судебно-медицинском отношении. Дис. канд. Алма-Ата.
36. Томилин ВВ, Пашиян ГА. 2001. Руководство по судебной медицине. Медицина, Москва.
37. Туманов АК. 1956. Количество линий рисунка кутикулы как признак при определений сходства волос. Сборник рефератов докл. расширенной конференции посвящ. 25-й годовщ. со дня смерти проф. Н. С Бокариуса. Харьков:101-2.
38. Туманов А.К. 1975. Основы судебно-медицинской экспертизы вещественных доказательств. Медицина, Москва.
39. Эйдлини ЛМ. 1955. Новый метод приготовления поперечных срезов волос. В кн.: Вопросы судебно-медицинской экспертизы. Вып. 2. М.:351-61.
40. Эйдлини ЛМ. 1963. Огнестрельные повреждения. Ташкент:331.
41. Эйдлини ЛМ. 1962. Термохимическая дифференциация волос. В кн.: Сб. Трудов 4-й Всесоюз. конференции судебных медиков. Рига:397-9.
42. Abdulina EV, Maltsev AE. Evaluation of hair injuries depending on properties of impact surface of a blunt object and impact conditions. *Sud. Med. Ekspert.* 2007;50(2):9-11.
43. Acheizan W. Determination of Agglutinogens of the ABO Blood Group System in Hair. *Sudebeno-Med Ekspertiza Zdrovookhr SSSR.* 1963;6:21.
44. Adhikari R, Kushwaha KPS, Goswami P. Importance of Extraction of DNA from Hair Roots in Forensic Science: A Study. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology.* 2014;8(1):23-25.
45. Ahmed YA, Ali S, Ghallab A. Hair histology as a tool for forensic identification of some domestic animal species. *EXCLI J.* 2018; 6(17):663-670. doi: 10.17179/excli2018-1478. PMID: 30108469; PMCID: PMC6088218.
46. Ahn HJ, Lee WS. An ultrastructural study of hair fiber damage and restoration following treatment with permanent hair dye. *Int. J. Dermatol.* 2002;41(2):88-92.
47. Airlie M, Robertson J, Brooks E. Forensic hair analysis – Worldwide survey results. *Forensic Science International* 327. 2021; 110966. doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110966.
48. Akaishi S. Studies on the group-specific double combination method. *Jap. J. leg. Med.* 1965;19:177-87.
49. Alaiti S, Meyers A, Talavera F, et al. Hair anatomy. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/835470>. Accessed December 13, 2017.
50. Allen M, Engstrom AS, Meyers S, Handt O, Saldeen T, von Haeseler A, Paabo S, Gyllensten U. Mitochondrial DNA sequencing of shed hairs and saliva on robbery caps: sensitivity and matching probabilities. *J. Forensic Sci.* 1998;43(3):453-64.
51. Allworden KZ. 1916. Die eigenschaften der schafwolle and eine neue untersuchungsmethode zum nachweiss Chem 29:77-geschadiger wolle auf chemischen wege. *Angew* 78.
52. Almeida M, Betancor E, Fregel R, Suarez NM, Pestano J. Efficient DNA extraction from hair shafts. *Forensic Sci. Int. Genet.* 2011; 3,319-20.

53. Alonso L, Fuchs E. The hair cycle. *Journal of Cell Science*. 2006;119(3):391-3. doi:10.1242/jcs02793.
54. Amit C, Navodita T. A Study on The Presence of Medulla Types of Hair Among the Young Jaat Residents of Western Uttar Pradesh. *J Forensic Sci & Criminal Inves*. 2018;10(4):555795. DOI: 10.19080/JFSCI.2018.10.555795.
55. Andréasson H, Asp A, Alderborn A, Gyllensten U, Allen M. Mitochondrial sequence analysis for forensic identification using pyrosequencing technology. *Biotechniques*. 2002;32(1):124-6, 128, 130-3. doi: 10.2144/02321rr01. PMID: 11808686.
56. Aparna R, Yadav SK. Role of hair as Evidence in Investigation: A Forensic Approach. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2013;11(4):1779-84.
57. Appenzeller BM, Agirman R, Neuberg P, Yegles M, Wennig R. Segmental determination of ethylglucuronide in hair: a pilot study. *Forensic Science International*. 2007a;173(2-3):87-92.
58. Appenzeller BM, Schuman M, Yegles M, Wennig R. Ethyl glucuronide concentration in hair is not influenced by pigmentation. *Alcohol and Alcoholism*. 2007b;42(4):326-327.
59. Arck PC, Handjiski B, Peters EM, Peter AS, Hagen E, Fischer A, Klapp BF, Paus R. Stress inhibits hair growth in mice by induction of premature catagen development and deleterious perifollicular inflammatory events via neuropeptide substance P-dependent pathways. *Am J Pathol*. 2003;162(3):803-14. doi: 10.1016/S0002-9440(10)63877-1. PMID: 12598315; PMCID: PMC1868104.
60. Arwert EN, Hoste E, Watt FM. Epithelial stem cells, wound healing and cancer. *Nat Rev Cancer*. 2012;12(3):170-180.
61. Auber L. The anatomy of follicles producing wool fibres, with special reference to keratinization. *Trans. R.Soc. Edinburgh*. 1952;62(1):191-254.
62. Audrey G, Cooper A. 2015. *Hair Analysis in Clinical and Forensic Toxicology*. Elsevier Inc.
63. Ayres LM. Misleading color changes in hair that has been heated but not exposed to flame. In: *Proceedings of the International Symposium on Forensic Hair Comparisons*. ; Quantico (VA). Washington, D.C.: U.S. Department of Justice. June 25-27, 1985:187.
64. Bailey J, Schliebe S. The precision of the average curvature measurement in human head hairs. *Proceedings of the International Symposium on Forensic Hair Comparisons*, FBI, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1985.
65. Baker LE, McCormick WF, Matteson KJ. A silica-based mitochondrial DNA extraction method applied to forensic hair shafts and teeth. *J Forensic Sci*. 2001;46(1):126-30. PMID: 11210897.
66. Barbarat P, Hadjur C, Fiat F et al. From the molecular structure to the macroscopic shape of hair curl patterns. In *Proceedings of the 11th International Wool Research Conference*, University of Leeds, 2005.
67. Barnicot NA, Birbeck SC, Cuckow W. The electron microscopy of human hair pigments. *Annals of human genetics*. 1955; 19(3):231-249

68. Bar W, Brinkmann B, Budowle B, Carracedo A, Gill P, Holland M, Lincoln PJ, Mayr W et al. DNA Commission of the International Society for Forensic Genetics: guidelines for mitochondrial DNA typing. *Int. J. Legal Med.* 2000;113:193-196.
69. Barr ML, Bertram EG. A morphological distinction between neurones of the male and female, and the behavior of the nucleolar satellite during accelerated nucleoprotein synthesis. *Nature.* 1949;163(4148):676-677. doi: 10.1038/163676a0.
70. Basmanav U et al. Mutations in Three Genes Encoding Proteins Involved in Hair Shaft Formation Cause Uncombable Hair Syndrome. *The American Journal of Human Genetics.* 2016;99(6):1292–1304. doi: 10.1016/j.ajhg.2016.10.004.
71. Bassett WAG. Sex Determination by Sex Chromatin Identification in the Hair Root Sheath. *Canadian Society of Forensic Science Journal.* 1978;11:221-22
72. Beeman J. The scale count of human hair, *J. Crim. Law Criminol.* 1942;32(5):572-4.
73. Bengtsson CF, Olsen ME, Brandt LO, Bertelsen MF, Willerslev E, Tobin DJ, Wilson AS, Gilbert MT. DNA from keratinous tissue. Part I: Hair and nail. *Ann. Anat.* 2012; 194(1):17-25. doi: 10.1016/j.aanat.2011.03.013.
74. Bentley-Phillips B, Bayles MA. A previously undescribed hereditary hair anomaly (pseudo-monilethrix). *Br J Dermatol.* 1973;89(2):159-67. doi: 10.1111/j.1365-2133.1973.tb02952.x. PMID: 4726892.
75. Berg, S. Der Identifizierungswert des menschlichen Haares. *Archiv für Kriminologie.* 1977;159:65-73.
76. Berger C, Parson W. Mini-midi-mito: Adapting the amplification and sequencing strategy of mtDNA to the degradation state of crime scene samples. *Forensic Sci. Int. Genet.* 2009; 3(3):149-53. doi: 10.1016/j.fsigen.2009.01.011.
77. Bertani R, Sgarbossa P, Pendolino F, Facchin G, Snenghi R. A case of chemical scalp burns after hair highlights: experimental evidence of oxidative injuries. *Cutan Ocul Toxicol.* 2016;35(4):332-6. doi: 10.3109/15569527.2015.1104328. Epub 2015 Nov 26. PMID: 26612003.
78. Bhushan, B. 2010. *Biophysics of Human Hair.* Springer.
79. Bisbing, R., 2002. Forensic hair comparisons. In: Saferstein, R. (Ed.), *Forensic Science Handbook*, vol. 1. second ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
80. Blach J, Loughlin W, Watson G, Myhra S. Surface characterization of human hair by atomic force microscopy in the imaging and F-d modes. *Int. J. Cosmet. Sci.* 2001; 23(3):165-74. doi: 10.1046/j.1467-2494.2001.00080.x.
81. Blume-Peytavi, U, Tosti, A, Whiting, DA, Trüeb, RM. 2008. *Hair Growth and Disorders.* Springer.
82. Blume-Peytavi U, Vogt A. Human hair follicle: reservoir function and selective targeting. *Br J Dermatol.* 2011;2:13-7. doi: 10.1111/j.1365-2133.2011.10572.x.
83. Boehme A, Brooks E, McNaught I, Robertson J. The persistence of animal hairs in a forensic context. *Australian Journal of Forensic Sciences.* 2009;41(2):99-112.
84. Boettcher B, Kay DJ. ABO blood grouping of human hair using radioactively-labelled antibodies. *Vox Sang.* 1973;25(5):420-5. doi: 10.1111/j.1423-0410.1973.tb03533.x. PMID: 4766037.
85. Bohnert M, Vogt S, Weinmann W. *Farbmetrische Untersuchungen der menschlichen Kopfhare.* *Rechtsmedizin* 1998;8:207-11.

86. Boonen T, Vits K, Hoste B, Hubrecht F. The visualisation and quantification of cell nuclei in telogen hair roots by fluorescence microscopy, as a pre-DNA analysis assessment. *Forens Sci Int: Genetics Suppl Series*. 2008;1:16-18.
87. Borgaonkar DS, Hollander DH. Quinacrine fluorescence of the human Y chromosome. *Am. Hum. Genet.* 1970;22:23a.
88. Bost RO. Hair analysis - perspectives and limits of a proposed forensic method of proof: a review. *Forensic Sci Int.* 1993;63(1-3):31-42. doi: 10.1016/0379-0738(93)90257-b. PMID: 8138232.
89. Bottoms E, Wyatt E, Comaish S. Progressive changes in cuticular pattern along the shafts of human hair as seen by scanning electron microscopy. *Br. J. Dermatol.* 1972; 86(4):379-84.
90. Boumba VA, Ziavrou KS, Vougiouklakis T. Hair as a biological indicator of drug use, drug abuse or chronic exposure to environmental toxicants. *Int J Toxicol.* 2006;25(3):143-63.
91. Bourguignon L, Hoste B, Boonen T, Vits K, Hubrecht F. A fluorescent microscopy–screening test for efficient STR–typing of telogen hair roots. *Forens Sci Int: Genetics*. 2008; 3(1):27-31. doi: 10.1016/j.fsigen.2008.08.006.
92. Brandhagen MD, Loreille O, Irwin JA. Fragmented Nuclear DNA is the Predominant Genetic Material in Human Hair Shafts. *Genes (Basel)*.2018;9(12):640. doi: 10.3390/genes9120640. PMID: 30567392; PMCID: PMC6316335.
93. Briischweiler W, Siitterlin H *Arch. Kriminol.* 1985;175:156.
94. Brooks EM , Cullen M, Szttydna T, Walsh SJ. Nuclear staining of telogen hair roots contributes to successful forensic nDNA analysis. *Australian Journal of Forensic Sciences*.2010;42(2):115-122. <https://doi.org/10.1080/00450610903258136>.
95. Brooks E, Comber B, McNaught I, Robertson J. Digital imaging and image analysis applied to numerical applications in forensic hair examination. *Sci. Justice*.2011;51:28-37. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2010.06.008>.
96. Brown VM, Crounse RG, Abele DC. An unusual new hair shaft abnormality, 'bubble hair'. *Journal of the American Academy of Dermatology.* 1986; 15(5-2):1113-7. doi: 10.1016/s0190-9622(86)70275-2.
97. Brues, A. M. 1977. *People and Races*. Macmillan Publishing, Co., New York.
98. Brunner H, Coman B. 1974. *The Identification of Mammalian Hair*. Inkata Press, Melbourne.
99. Buckleton, J, Triggs, MC, Walsh JS. 2005. *Forensic DNA Evidence Interpretation*. CRC Press Oxford.
100. Buffoli B, Rinaldi F, Labanca M, Sorbellini E, Trink A, Guanziroli E, Rezzani R, Rodella LF. The human hair: from anatomy to physiology. *Int J Dermatol.* 2014;53(3):331-41. doi: 10.1111/ijd.12362. Epub 2013 Dec 30. PMID: 24372228.
101. Butler, J. 2012. *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology*. Academic Press, San Diego, CA.
102. Butler JM, Levin BC. Forensic applications of mitochondrial DNA. *Trends Biotechnol.* 1998;16(4):158-62. doi: 10.1016/s0167-7799(98)01173-1. PMID: 9586238.

103. Caspari, R. From types to populations: a century of race, physical anthropology, and the American Anthropological Association. *American Anthropologist*. 2003;105(1):65-76.
104. Caspersson T, Zech L, Modest EJ, Foley G E, Wagh U, Simonsson E. DNA binding fluorochromes for the study of the organization of the metaphase nucleus. *Exp. Cell Res.* 1969;58(1):141-52. doi: 10.1016/0014-4827(69)90124-4.
105. Catlin LA, Chou RM, Goecker ZC, Mullins LA, Silva D, Spurbeck RR, Parker GJ, Bartling CM. Demonstration of a mitochondrial DNA-compatible workflow for genetically variant peptide identification from human hair samples. *Forensic Sci Int Genet.* 2019;43:102148. doi: 10.1016/j.fsigen.2019.102148. Epub 2019 Aug 15. PMID: 31446344.
106. Chang BS, Hong WS, Lee E, Yeo SM, Bang IS, Chung YH, Lim DS, Mun GH, Kim J, Park SO, Shin DH. Ultramicroscopic observations on morphological changes in hair during 25 years of weathering. *Forensic Sci Int.* 2005;151(2-3):193-200. doi: 10.1016/j.forsciint.2004.12.037. PMID: 15939152.
107. Chauhan A, Tyagi T, Shukla SK. A Study on The Presence of Medulla Types of Hair Among the Young Jaat Residents of Western Uttar Pradesh. *J Forensic Sci & Criminal Inves.*2018;10(4):55795.
108. Chowdhuri S, Bhattacharyya B. Paired medulla in human hair. *Curr. Sci.* 1964;33:748-49.
109. Cone EJ. Testing human hair for drugs of abuse. I. Individual dose and time profiles of morphine and codeine in plasma, saliva, urine, and beard compared to drug-induced effects on pupils and behavior. *J. Anal. Toxicol.* 1990;14(1):1-7. doi: 10.1093/jat/14.1.1.
110. Cooper, GAA. 2015. Anatomy and physiology of hair, and principles for its collection. In: Kintz, P., Salomone, A. and Vincenti, M. (eds.) *Hair Analysis in Clinical and Forensic Toxicology*. Elsevier:1-22. ISBN 9780128017005 (doi:10.1016/B978-0-12-801700-5.00001-7).
111. Cortellini V, Carobbio A, Brescia G, Cerri N, Verzeletti A. A comparative study of human and animal hairs: Microscopic hair comparison and cytochrome c oxidase I species identification. *J Forensic Sci Med.* 2019;5(1):20-23.
112. Cortivo P, Biasiolo M, Scorretti C, Benciolini P. The detection of A and B antigens on human hair by the absorption-elution technique using LISS and papaintreated test cells. 2. *Rechtsmed.* 1984;91:195-9.
113. Cotsarelis G. Epithelial stem cells: a folliculocentric view. *J Invest Dermatol.* 2006;126(7):1459-68. doi: 10.1038/sj.jid.5700376.
114. Coulombe PA, Omary MB. 'Hard' and 'soft' principles defining the structure, function and regulation of keratin intermediate filaments. *Curr. Opin. Cell Biol.* 2002;14(1):110-22. doi: 10.1016/s0955-0674(01)00301-5.
115. Culbertson JC, Breslau NA, Moore MK, Engel E. Sex Chromatin Determination From Hair. *JAMA.* 1969;207(3):560-1.
116. Dahiya MS, Yadav SK. 2013. Elemental Composition of Hair and its Role in Forensic Identification. 2:721 doi: 10.4172/scientificreports.
117. Dawber, R. 1997. *Diseases of the Hair and Scalp*. Blackwell Science Ltd., Oxford.
118. Dawber R, Van Neste D, 2004. *Hair and Scalp Disorders*. Dunitz M.

119. Dawber R.P.R. 1980. Hair Trace Elements and Human Illness Brown AC, Crounse RG (eds), Praeger Publ., New York.
120. DeGaetano DH, Kempton JB, Rowe WF. Fungal tunneling of hair from a buried body. *J Forensic Sci.* 1992;37(4):1048-54.
121. De La Mettrie R, Saint-Léger D, Loussouarn G, Garcel A, Porter C, Langaney A. Shape Variability and Classification of Human Hair: A Worldwide Approach. *Human Biology.* 2007;79(3):265-281. doi: 10.1353/hub.2007.0045. PMID: 18078200.
122. Deedrick DV, Koch SL. Microscopy of Hair Part 1: A Practical Guide and Manual for Human Hairs. 2004;6(1).
123. Desmyter S, Bodner M, Huber G, Dognaux S, Berger C, Noel F, Parson W. Hairy matters: MtDNA quantity and sequence variation along and among human head hairs. *Forensic Sci. Int. Genet.* 2016;25:1-9. doi: 10.1016/j.fsigen.2016.07.012.
124. Detwiler SP, Carson JL, Woosley JT Bubble hair. Case caused by an overheating hair dryer and reproducibility in normal hair with heat. *Journal of the American Academy of Dermatology.* 1994;30(1):54-60. doi: 10.1016/s0190-9622(94)70008-7.
125. Dhurat RP, Deshpande DJ. Loose anagen hair syndrome. *Int J Trichology.* 2010;2(2):96-100. doi: 10.4103/0974-7753.77513. PMID: 21712911; PMCID: PMC3107966.
126. Duvivier WF, van Beek TA, Nielen MWF. 2016. Critical comparison of mass analyzers for forensic hair analysis by ambient ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry.* doi:10.1002/rcm.7722.
127. Ebling, FJG, Hale, PA, Randall VA. 1991. Hormones and hair growth. In: *Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology of the Skin*, Second edition, Volume I, edited by L.A.GOLDSMITH. New York and Oxford: Oxford University Press, 660-696.
128. Edson J, Brooks EM, McLaren C, Robertson J, McNevin D, Cooper A, Austin JJ. A quantitative assessment of a reliable screening technique for the STR analysis of telogen hair roots. *For Sci Int Genet.* 2013;7(1):180-8. doi: 10.1016/j.fsigen.2012.10.001.
129. Erdoğan B. Anatomy and Physiology of Hair. 2017. <http://dx.doi.org/10.5772/67269>
130. European Network of Forensic Science Institutes. Best practice manual for the microscopic examination and comparison of human and animal hair (ENFSI-BPM-THG-03, Version 01). ENFSI, 2015.
131. Evans, WE. 1954. in: *Legal Medicine* Gradwohl RBH (ed), The C. V. Mosby Company, St. Louis:479-495.
132. Ferguson, DJP. 1992 Electron microscopy of human hair – an insight into certain hereditary and metabolic disorders. *Microscopy and Analysis.* 1992;6:5-7.
133. Ferriman, D. 1971. *Human Hair Growth in Health and Disease*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
134. Feughelman M, Lyman DJ, Willis BK. The parallel helices of the intermediate filaments of alpha keratin. *Int J Biol Macromol.* 2002; 30(2):95-96.

135. Findlay GH. An optical study of human hair colour in normal and abnormal conditions. *Br. J. Dermatol.* 1982;107(5):517-527. PMID: 7126457 DOI: 10.1111/j.1365-2133.1982.tb00401.x.
136. First Department of Forensic Science. Forensic Hair Comparison. <https://www.npa.go.jp/nrips/en/first/section1.html>.
137. Fisher E. 1907. *Anthr. Korrespon. Blatt.* 38:141.
138. Fischer E., Saller K. Eine neue Haarfarbentafel. *Anthropologischer Anzeiger.* 1928;5:238-44.
139. Flinders B. Monitoring the Distribution of Drugs of Abuse and Medication in Hair by MALDI-FTICR-MS Imaging. *Application Note #51* | 12/2018. www.htximaging.com/htxan51.
140. Forensic Science Reform. Microscopic Hair Comparison. 2017:25-55. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802719-6.00002-9>.
141. Francois J, Mation-van Leuven MT, Acosta J. Male and female sex determination in hair roots. *Clin Genet.* 1971;2(2):73-7. doi: 10.1111/j.1399-0004.1971.tb00258.x. PMID: 4107305.
142. Fraser, RDB, Macrae, TP, Rogers, GE. 1972. *Keratins. Their Composition, Structure and Biosynthesis.* Springfield, IL: Charles C. Thomas.
143. Friederich HC, Frob G. Zur Pathogenese der Tri-choptilosis. *Dermatologische Wochenschrift.* 1949;120:674.
144. Fujii T, Ito Y, Watanabe T, Kawasoe T. Effects of oxidative treatments on human hair keratin films. *J Cosmet Sci.* 2012;63(1):15-25.
145. Gamez-Garcia M. Cuticle decementation and cuticle buckling produced by Poisson contraction on the cuticular envelope of human hair. *J Cosmet Sci.* 1998;49(4):213-22.
146. Garcia S.A. Beiträge zur Kenntnis des Haarwechsels bei menschlichen Embryonen und Neugeborenen. *Morphol Arb.* 1891;1:137. Quoted by Pinkus F: *Die normale Anatomie der Haut*; in Jadassohn J (ed): *Handbuch der Haut und Geschlechts-Krankheiten.* Berlin, Springer, 1927; I:1–378.
147. Garcia ML, Epps JA, Tare RS. *J. Soc. Cosmet. Chern.* 1978;29:155.
148. Garn, SM. The examination of hair under the polarizing microscope. *Ann. NY Acad. Sci.*, 1951a;53:649-52.
149. Garrett BL, Neufeld PJ. Invalid forensic science testimony and wrongful convictions. *Law Rev.* 2009;95(1):1-97.
150. Gaudette BD, Keeping ES. An Attempt at Determining Probabilities in Human Scalp Hair Comparison. *Journal of Forensic Sciences.* 1974;19(3):599-606.
151. Gaudette, B.D. Comparison: Significance of Hair Evidence. *Hair Comparison*: 1018-24. Doi:10.1006/rwfs.2000.0562.
152. Gaudette, B. 1999. Evidential value of hair examination. In: Robertson, J. (Ed.), *Forensic Examination of Hair.* Taylor and Francis, London, UK.
153. Gaudette BD. Probabilities and Human Pubic Hair Comparisons. *Journal of Forensic Sciences.* 1976;21(3):514-7.
154. Gaudette BD. Some further thoughts on probabilities and human hair comparisons. *Journal of Forensic Sciences.* 1978;23(4):758-63.

155. Gaudette B.D. Strong Negative Conclusions in Hair Comparison – A Rare Event. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. 1985;18(1):32-7.
156. Gazi Nurun NS, Mohammad ZS. Mitochondrial DNA and Methods for Forensic Identification. *J Forensic Sci & Criminal Invest*. 2018;9(1): 555755. DOI: 10.19080/JFSCI.2018.09.555755.
157. Gerhard M, Hermes M. Electrophoretic variability in human hair: comparative sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis of body and head hair proteins. *Electrophoresis*. 1987;8: 490-2. <https://doi.org/10.1002/elps.1150081007>.
158. Graham E.A. DNA reviews: Hair. *Forensic Sci. Med. Pathol*. 2007;3(2):133-7. doi: 10.1007/s12024-007-9005-9.
159. Gummer CL. Bubble hair: a cosmetic abnormality caused by brief focal heating of damp hair fibres. *British Journal of Dermatology*. 1994;131:901. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1994.tb08599.x>.
160. Gummer CL, Dawber RPR., Swift JA. Monilethrix: an electron histochemical study. *Br. J. Dermatol*. 1981;105:529-41.
161. Gummer CL, Dawber RPR, Preice VH. Trichothiodystrophy: an electron-histochemical study of the hair shaft. *Br. J. Dermatol*. 1984;110:439-49.
162. Gummer CL, Dawber RPR. Trichothiodystrophy: an ultrastructural study of the hair follicle *Br. J. Dermatol*. 1985;113:273-80.
163. Gurden SP, Monteiro VF, Longo E, Ferreira MM. Quantitative analysis and classification of AFM images of human hair. *J Microsc*. 2004;215(1):13-23. doi: 10.1111/j.0022-2720.2004.01350.x. PMID: 15230871.
164. Gyoten Y. *Shikoku Acta Med*. 1956;9:239.
165. Hadjur C, Daty G, Madry G, Corcuff P. Cosmetic assessment of the human hair by confocal microscopy. *Scanning*. 2002;24(2):59-64. doi: 10.1002/sca.4950240202.
166. Halloy J, Bernard BA, Loussouarn G et al. (2000) Modeling the dynamics of human hair cycles by a follicular automaton. *Proc Natl Acad Sci, USA* 97(15):8328-33. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.15.8328>
167. Hanna BL. Colorimetric estimation of the pigment concentration in hair of various color grades. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1956;14:153-73.
168. Harding HWJ, Rogers GE. Forensic hair comparison in South Australia. *J.Forens. Sci. Soc*. 1984;24:339-40.
169. Harkey MR. Anatomy and physiology of hair. *Forensic Sci Int*. 1993;63:9-18
170. Hartnett KM, Fulginiti LC, Di Modica F. The Effects of Corrosive Substances on Human Bone, Teeth, Hair, Nails, and Soft Tissue. *J Forensic Sci*. 2011;56(4),954-9.
171. Hausman LA. Structural Characteristics of the Hair of Mammals. *Am. Nat*. 1920;44:496.
172. Hausman LA. A comparative racial study of the structural elements of human head hair. *Am. Naturalist*. 1925;59:52-38.
173. Hausman LA. The cortical fusi of mammalian hair shafts. *Am. Naturalist*. 1932;66:461-70.
174. Hayashi S, Okumura T, Ishida A. 1976. Preliminary study on racial differences in scalp hair. In: *Biology and Disease of the Hair*, edited by T. Kobori and W. Montagna (Tokyo: University of Tokyo Press):555-61.

175. Heindl, R. as quoted in Martin, E. "Further Information on Hair as a Means of Identification", *International Criminal Police Review*. 195:303-5.
176. Henderson GH et al. Fractography of human hair. *J Soc Cosmet Chem*. 1978;29:449-67.
177. Hicks J, Metry DW, Barrish J, Levy M. Uncombable hair (cheveux incoiffables, pili trianguli et canaliculi) syndrome: brief review and role of scanning electron microscopy in diagnosis. *Ultrastruct Pathol*. 2001;25(2):99-103. PMID: 11407534.
178. Hicks, J. W. 1977. *Microscopy of Hairs: A Practical Guide and Manual*, FBI, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
179. Hofmann, E.R. 1909. *Lehrbuch der gerichtlichen Medizin*. Berlin.
180. Hordinsky MK, Ericson M. Hair innervation and vasculature. *Exp Dermatol*. 1999;8(4):314. PMID: 10439244.
181. Horvath AL. Solubility of structurally complicated materials: Hair. *The Scientific World J*. 2009;9:255-71. doi: 10.1100/tsw.2009.27.
182. Houck MM, Budowle B. Correlation of microscopic and mitochondrial DNA analysis of hairs. *Journal of Forensic Sciences*. 2002;45(5):1-4.
183. Houck MM. Forensic Hair Comparisons - National Academies https://sites.nationalacademies.org/pgs_049913.
184. Houck, MM. 2007. *Forensic Science: Modern Methods of Solving Crime*. Praeger, London.
185. Howard HD, Martin PD. An improved method for ABO and MN grouping of dried blood stains using cellulose acetate sheets. *J. Forensic Sci. Soc*. 1969;9(1-2):28-30.
186. Hrdy D. Quantitative hair form variation in seven populations. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1973;39(1):7-17. doi: 10.1002/ajpa.1330390103.
187. Hutchinson PE, Thompson JR. The size and form of the medulla of human scalp hair is regulated by the hair cycle and cross-sectional size of the hair shaft. *Br. J. Dermatol*. 1999;140(3):438-45. doi: 10.1046/j.1365-2133.1999.02706.x.
188. Igowsky K, Pangerl E. Changes Observed in Human Head Hairs Exposed to Heat. *JASTEE*. 2007;6(2):17-26.
189. Ikoma E, Tsumoto S, Maebo T. *J. Anthropol. Soc. Nippon*. 1967;75:224.
190. Iwamoto R. *Rep. Natl. Res. Inst. Police Sci*. 1983;36:6.
191. Jain S. 2012. *Dermatology – Illustrated Study Guide and Comprehensive Board Review*. Springer Science+Business Media.
192. Jasuja OP, Minakshi. A study of variations in some morphological features of human hair. *J Punjab Acad Forensic Med Tox*. 2002;2:1-6.
193. Jeong MS, Lee CM, Jeong WJ, Kim SJ, Lee KY. Significant damage of the skin and hair following hair bleaching. *J Dermatol*. 2010;37(10):882-7. doi: 10.1111/j.1346-8138.2010.00916.x. PMID: 20860738.
194. Kamath YK, Weigmann HD. Fractography of human hair. *J Appl Polym Sci*. 1982;27(10):3809-33. <https://doi.org/10.1002/app.1982.070271016>
195. Kassenbeck P. 1981 in: *Hair Research* Orfanos C E, Montagna W, Stüttgen G (eds), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York:52-72.

196. Kaur G, Kumar M. Medulla types of hair: a study of the Brahmin and Rajputs of the Punjab. *J Human Ecol.* 2000;11:483-86. <https://doi.org/10.1080/09709274.2000.11910425>
197. Khan A, Maryam J, Yaqub T, Nadeem A. Human hair analysis among four different castes having potential application in forensic investigation. *J Forensic Res.* 2014;5(2):1-4. DOI: 10.4172/2157-7145.1000215.
198. Khan S. 2017. Guide to hair. Dr. Sajjad Khan Publisher.
199. Kimura W, Yokoyama M: ABO blood groups in human hair. *Hawaii med. J.* 1969;28(5):384-6.
200. Kind SS, Owen GW. The Assessment of Information Content Gained from the Microscopical Comparison of Hair Samples. *Journal of the Forensic Science Society.* 1977;16:235-9.
201. King LA, Wigmore R, Twibell JM. The morphology and occurrence of human hair sheath cells. *J. Forens. Sci. Soc.* 1982;22(3):267-9. doi: 10.1016/s0015-7368(82)71488-4.
202. King LA, Wigmore R. Sexing of hair sheath cells using Y-chromosome fluorescence. *J Forensic Sci Soc.* 1980;20(4):263-5. doi: 10.1016/s0015-7368(80)71353-1. PMID: 7462998.
203. Kintz P. 2007a. Analytical and practical aspects of drug testing in hair. Boca Raton: CRC Press.
204. Kirk PL, Gamble LH. Further investigation of scale count of human hair. *J.Crim. Law Criminol.* 1942;33(3):276.
205. Kishimoto J, Burgeson RE, Morgan BA. Wnt signaling maintains the hair-inducing activity of the dermal papilla. *Genes Dev.* 2000;14(10):1181-5.
206. Kitahama M, Ikemoto S, Konpa R, Mukoyama H, Yoshiuchi Y, Hirano K, Watanabe M, Miyamoto N, Onishi E, Yoshima K, Fukuyama T. Reexamination of blood grouping on single human hairs by means of elution technique. *Rep. Nat. Inst. Police Sci.* 1968;21:106-15.
207. Kloepper JE, Sugawara K, Al-Nuaimi Y et al. Methods in hair research: how to objectively distinguish between anagen and catagen in human hair follicle organ culture. *Exp Dermatol* 2010;19(3):305-12. doi: 10.1111/j.1600-0625.2009.00939.x.
208. Koch SL, Liebowitz C, Shriver MD, Jablonski NJ. Microscopical discrimination of human head hairs sharing a mitochondrial haplogroup. *J Forensic Sci.* 2021;66(1):56-71. doi: 10.1111/1556-4029.14560.
209. Koch SL, Michaud AL, Mikell CE. Taphonomy of hair - a study of postmortem root banding. *Journal of Forensic Sciences* 2013;58(1): 52-9. doi: 10.1111/j.1556-4029.2012.02271.x.
210. Kolowski JC, Petraco N, Wallace MM, De Forest PR, Prinz M. A comparison study of hair examination methodologies. *J. Forensic Sci.* 2004;49(6):1253-5.
211. Koonz CH, Strandine EG. Rapid and simplified method for revealing the surface structure of hair. *Trans. Amer. Microscop. Soc.* 1945;64:63-4.
212. Krause K, Foitzik K. Biology of the Hair Follicle: The Basics. *Semin Cutan Med Surg.* 2006;25(1):2-10. doi: 10.1016/j.sder.2006.01.002.

213. Kringsholm B, Thomsen JL, Henningsen K. Fluorescent Y-chromosomes in hairs and blood stains. *Forensic Sci.* 1977;9(2):117-26. doi: 10.1016/0300-9432(77)90079-6. PMID: 852789.
214. Kshirsagar SV, Singh B, Fulari S. Comparative Study of Human and Animal Hair in Relation with Diameter and Medullary Index. *Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology.* 2009;2(3):105-8.
215. Kulkarni K. ABO Grouping And Hair Examination Used To Establish Brutal Murder Case-A Case Study. *NCFS.* 2012;94-100.
216. Laing DK, Hartshorne AW, Harword RJ. Colour measurements on single textile fibres. *Forens. Sci. Int.* 1986;30:65.
217. Langbein L, Schweizer J. Keratins of the human hair follicle. *Int. Rev. Cytol.* 2005;243:1-78. doi: 10.1016/S0074-7696(05)43001-6.
218. Langia HS. Increase in medullary index of human hair with the passage of time. *J.Crim. Law Criminal.* 1966;57(2):221-2.
219. Lanning KA, Michaud AL, Bisbing RE, Springer FA, Tridico SR. Scientific Working Group on Materials Analysis Position on Hair Evidence. *J Forensic Sci.* 2009;54(5):1198-202. doi: 10.1111/j.1556-4029.2009.01139.x.
220. Lavker RM, Miller S, Wilson C, Cotsarelis G, Wei Z-G, Yang J-S, Sun TT. Hair Follicle Stem Cells: Their Location, Role in Hair Cycle, and Involvement in Skin Tumor Formation. *The Journal of Investigative Dermatology.* 1993;101(1):16-26.
221. Lavker RM, Sun TT, Oshima H, Barrandon, Y Akiyama, M, Ferraris C, Chevalier G, Favier B, Jahoda CA, DhouaillyD. et al. Hair follicle stem cells. *J. Invest. Dermatol. Symp. Proc.* 2003;8(1):28-38. doi: 10.1046/j.1523-1747.2003.12169.x.
222. Lee HC, DeForest PR. 1984 in: *Forensic Science* Wecht C (ed), Matthew Blender, New York.
223. Lee HC, Pagliaro EM. Is hair reliable forensic evidence? *J. Forensic Pathol.* 2016;1(1):1.
224. Lee S, Han E, In S, Choi H, Chung H, Chung KH. Analysis of pubic hair as an alternative specimen to scalp hair: a contamination issue. *Forensic Sci Int.* 2011;206(1-3):19-21. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.06.009. Epub 2010 Sep 15. PMID: 20828950.
225. Lee SB, Shewale JG. 2017. DNA Extraction Methods in Forensic Analysis. *Encyclopedia of Analytical Chemistry.* John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002/9780470027318.a1104m.pub2.
226. Lee Y, Kim YD, Hyun HJ, Pi LQ, Jin X, Lee WS. Hair shaft damage from heat and drying time of hair dryer. *Ann Dermatol.* 2011;23(4):455-462. doi:10.5021/ad.2011.23.4.455.
227. Lenihan J. 1988. *The Crumbs of Creation.* Bristol and Philadelphia: Adam Hilger.
228. Leshin M, Wilson J. 1981. Mechanisms of androgen-mediated hair growth. In: Orfanos CE, Montagna M, Stuttgen G (eds.). *Hair Research, Status and Future Aspects.* Springer-Verlag, Berlin.
229. Linacre A, Ottens R. DNA: Hair Analysis. *Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine.* 2016;2:337-42. doi:10.1016/B978-0-12-800034-2.00157-9.

230. Lindel B, Forslind B, Hedblad MA, aveus U. Human Hair Form. *Arch Dermatol.* 1988;124(9):1359-63.
231. Linch C, Smith S, Prahlow J. Evaluation of the human hair root for DNA typing subsequent to microscopic comparison. *Journal of Forensic Sciences.* 1998;43(2):305-14.
232. Linch CA, Prahlow J. Postmortem microscopic changes observed at the human head hair proximal end. *Journal of Forensic Sciences.* 2001;46(1):15-20.
233. Lincoln PJ, Dodd BE. Mixed agglutination as a method for the determination of the A, B and H blood groups of hair. *Med. Sci. Law.* 1968;8(1):38-40. doi: 10.1177/002580246800800107.
234. Lincoln P, Dodd B. The detection of the Rh etc. *Med. Sci. Law.* 1969;8:288-302.
235. Lochte T, Brauckhoff H. Uber erhitzte Haare in gerichtsmedizinischer Beziehung. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* 1948-1949;39:1-10.
236. Ludwig E. Removal of intact hair papilla and connective tissue sheath by plucking anagen hairs. *J.Invest. Dermatol.*1967;48(6):595-7. doi: 10.1038/jid.1967.92.
237. Ludwig E. 1969. Separation of the hair from its papilla and connective tissue sheath in plucked anagen hairs. In: *Advances in Biology of Skin. Hair Growth, Volume 9*, edited by W.Montagna and R.L.Dobson (Oxford: Pergamon):177–182.
238. Luell E, Archer V.E. Hair medulla variation with age in human males. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1964;22(2):107-10. doi: 10.1002/ajpa.1330220121.
239. Lyon JB, Dawber RPR. A sporadic case of dystrophic pili torti . *Br. J. Dermatol.* 1977;96:197-8.
240. Magem's E, Dolan T. Nonfluorescent Y chromosomes. Cytologic evidence of origin. *Hum. Genet.* 1982;60(2):133-8. doi: 10.1007/BF00569699.
241. Maguina P, Shah-Khan M, An G, Hanumadass M. Chemical scalp burns after hair highlights. *J Burn Care Res.* 2007;28(2):361-3. doi: 10.1097/BCR.0B013E318031A1E9. PMID: 17351461.
242. Marsh JM, Gray J, Tosti A. 2015. *Healthy Hair.* Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-18386-2_5.
243. Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch. Dis. Child.* 1969;44(235):291-303. doi: 10.1136/ad.44.235.291.
244. Marshall WA Tanner, JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch. Dis. Child.* 1970;45(239):13-23. doi: 10.1136/ad.45.239.13.
245. Matoltsy AG. A study of the medullary cells of the hair. *Exp. Cell Res.* 1953;5(1):98–109. doi: 10.1016/0014-4827(53)90097-4.
246. Mazzarelli D, Vanin S, Gibelli D, Maistrello L, Porta D, Rizzi A, Cattaneo C. Splitting hairs: differentiating between entomological activity, taphonomy, and sharp force trauma on hair. *Forensic Sci Med Pathol.* 201511(1):104-10. doi: 10.1007/s12024-014-9636-6. Epub 2014 Dec 21. PMID: 25527308.
247. McCrone WC. The microscopical identification of artist's pigments. *The Microscope.* 1982;30:105-17.
248. McElwee KJ, Sinclair R. *Hair physiology and its disorders.* Elsevier. 2008;5,(2):163-171.

249. McKenzie WH, Hostetter TL, Lubs HA. Y family study: heritable variation in the length of the human Y chromosome. *Am. J. Hum. Genet.* 1972;4:686-93.
250. McMichael AJ, Hordinsky MK. 2008. *Hair and Scalp Diseases*. Informa Healthcare USA, Inc.
251. McMullen RL, Kelty SP. Investigation of human hair fibers using lateral force microscopy. *Scanning*. 2001;23(5):337-45. doi: 10.1002/sca.4950230507.
252. McNevin D, Wilson-Wilde L, Robertson J, Kyd J, Lennard C. Short tandem repeat (STR) genotyping of keratinized hair. Part I: Review of current status and knowledge gaps. *Forens Sci Int.* 2005;153(2-3):237-46. doi:10.1016/j.forsciint.2005.05.006
253. McNevin D, Wilson-Wilde L, Robertson J, Kyd J, Lennard C. Short tandem repeat (STR) genotyping of keratinized hair. Part II: An optimized genomic DNA extraction procedure. *Forens Sci Int.* 2005;153(2-3):247-59. doi: 10.1016/j.forsciint.2005.05.005.
254. McNevin D, Wilson-Wilde L, Robertson J, Kyd J, Lennard C. Short tandem repeat (STR) genotyping of keratinised hair. Part 1. Review of current status and knowledge gaps. *Forensic Sci. Int.* 2005;153:237-46.
255. McWright CG. The study of group Specific Substances in Keratinized Tissues. *J. For. Sci.* 1961;6:351-3.
256. Melton T, Dimick G, Higgins B, Lindstrom L, Nelson K. Forensic mitochondrial DNA analysis of 691 casework hairs. *J. Forensic Sci.* 2005;50(1);73-80.
257. Melton T, Holland C, Holland M. Forensic Mitochondrial DNA Analysis: Current Practice and Future Potential. *Forensic Science Review* . 2012;24(2):102-22.
258. Menkart J, Wolfram LJ, Mao I. Caucasian hair, Negro hair, and wool: similarities and differences. *J.Soc. Cosmet. Chem.* 1966;17:769-87.
259. Menkes JH, Alter M, Steigleder GK, Weakley D, Sang JH. *Pediatrics*. 1962;29:764-79.
260. Meyvish K, Song M, Dourov N. Review and new case reports on scanning electron microscopy of pili annulati, monilethrix and trichothiodystrophy. *Scanning Microscopy*. 1992;6(20):537-41.
261. Milner Y, Sudnik J, Filippi M, Kizoulis M, Kashgarian M, Stenn K. Exogen, shedding phase of the hair growth cycle: characterization of a mouse model. *J Invest Dermatol.* 2002;119(3):639-44. doi: 10.1046/j.1523-1747.2002.01842.x. Erratum in: *J Invest Dermatol.* 2003 Jun;120(6):1138-9. PMID: 12230507.
262. Mistry M, Chatterjee M, Ghosh JR, Chakrabarti NK, Bandyopadhyay AR. Variations of scalp, pubic and axillary hair. *Anthrop. Anz.* 2011;69(1):117-125. Article J. Biol. Clinic. *Anthrop.* published online October 2011. DOI: 10.1127/0003-5548/2011/0119
263. Mittwoch U. Sex chromatin. *J Med Genet.* 1964;1(1):50-76. doi:10.1136/jmg.1.1.50)
264. Miyasaka S, Yoshino M, Sato H, Miyake B, Seta S. The ABO blood grouping of a minute hair sample by the immunohistochemical technique. *Forensic Sci Int.* 1987;34(1-2):85-98. doi: 10.1016/0379-0738(87)90087-9. PMID: 3297953.
265. Moll R, Divo M, Langbein L. The human keratins: biology and pathology. *Histochem. Cell Biol.* 2008;129(6):705-33. doi: 10.1007/s00418-008-0435-6.

266. Montagna W. 1976. General review of the anatomy, growth, and development of hair in man. In: *Biology and Disease of the Hair*, edited by T.Kobori and W.Montagna, Tokyo: University of Tokyo Press.
267. Montagna W, Van Scott EJ. 1958. The anatomy of the hair follicle. In: *The Biology of Hair Growth*, edited by W.Montagna and R.A.Ellis, New York: Academic Press.
268. Montagna W, Parakkal PF. 1974. The pilary apparatus. In: *The Structure and Function of Skin*, Third edition, New York and London: Academic Press.
269. Montanari GD, Viterbo B, Montanari GR. Sex determination of human hair. *Med Sci Law*. 1967;7(4):208-10. doi: 10.1177/002580246700700409. PMID: 5586634.
270. Moorthy NT, Roy JM. Study on Hair Morphology to Distinguish the Dominant Races in Malaysia for Forensic Investigation. *J Forensic Sci Criminol*. 2015;3(4):403-9.
271. Morioka K. 2004. Hair Follicle Differentiation Under the Electron Microscope. *An Atlas*. Springer.
272. Mudd JL. The determination of sex from forcibly removed hairs. *J Forensic Sci*. 1984;29(4):1072-80. PMID: 6502106.
273. Mukoyama H, Seta S. The determination of blood groups of tissue samples. A technical review. *Forensic Sci. Prog.* 1986;1:37-90. doi:10.1007/978-3-642-69400-4_4
274. Mulinari-Brenner F, Neto FJ, Ross FMB et al. Morphometry of normal scalp hair follicles. *An Bras Dermatol*. 2006;81(1):46-52.
275. Murphy NE. 2013. Variation between laboratory procedures for the microscopic examination of human hair, A Thesis Submitted In Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Science, Boston University, Boston.
276. Muto H, Ozeki N, Yoshioka I. *Acta Dermatol*. 1981;76:101.
277. Nagamori H, Ohno Y, Uchima E, Kajiwarra M, Nakazato M, Une Y, Takeda K. Sex determination from buccal mucosa and hair root by the combined treatment of quinacrine staining and the fluorescent Feulgen reaction using a single specimen. *Forensic Sci Int*. 1986;31(2):119-28. doi: 10.1016/0379-0738(86)90195-7. PMID: 2427423.
278. Nagamori H, Takeda K. Sex determination from plucked human hairs without epithelial root sheath. II. Depigmentation of melanin in the hair cortex before Feulgen reaction. *Forensic Sci Int*. 1980;15(2):169-75. doi: 10.1016/0379-0738(80)90157-7. PMID: 7358327.
279. Nagamori H, Takeda K. Sex determination from plucked human hairs without epithelial root sheath. III. Fluorescent feulgen reaction using acriflavine. *Forensic Sci Int*. 1981;17(1):85-90. doi: 10.1016/0379-0738(81)90193-6. PMID: 7216084.
280. Nakagami C. A study on blood grouping with the fluorescent antibody technique. *Yokohama Zgaku*. 1967;18:1-16.
281. Nakahori Y, Hamano K, Iwaya M, Nakagome Y. Sex identification by polymerase chain reaction using X-Y homologous primer. *Am J Med Genet*. 1991; 39(4):472-3. doi: 10.1002/ajmg.1320390420. PMID: 1877627.
282. Netherton EW. A unique case of trichorrhexis nodosa: "Bamboo hairs ." *Arch. Dermatol*. 1958;78:483-7.

283. Noback CR. Morphology and phylogeny of hair. *Ann. NY Acad. Sci.* 1951;53(3):476-92. doi: 10.1111/j.1749-6632.1951.tb31950.x.
284. Ogle RR, Michelle JR, Fox J. 1999. *Atlas of Human Hair Microscopic Characteristics*. Boca Raton, FL: CRC Press.
285. Oien CT. Forensic Hair Comparison: Background Information for Interpretation. *Forensic Science Communications*. 2009;11(2).
286. Opel KL, Fleishaker EL, Nicklas JA, Buel E, McCord BR. Evaluation and quantification of nuclear DNA from human telogen hairs. *J. Forensic Sci.* 2008;53(4):853-7. doi: 10.1111/j.1556-4029.2008.00777.x.
287. Orfanos CE. 1991. Hair and hair growth. In: *Hair and Hair Diseases* (eds Orfanos C.E. & Happle R.). SpringerVerlag, Berlin
288. Orfanos CE, Ruska H. Die Feinstruktur des menschlichen Haares, III. Das Haarpigment. *Arch. klin. expo Dermatol.* 1968;231:279.
289. Ottens R, Taylor D, Abarno D, Linacre A. Successful direct amplification of nuclear markers from a single hair follicle. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2013;9(2):238-43. doi: 10.1007/s12024-012-9402-6.
290. Pacini P, Zecchi S, Orlandini GE. Further SEM observation of human scalp hair: statistical research. *Boll. Soc. Inti, Biol. Sper.* 1984;60:749.
291. Park AM, Khan S, Rawnsley J. Hair Biology: Growth and Pigmentation. *Facial Plast Surg Clin North Am.* 2018;26(4):415-24. doi: 10.1016/j.fsc.2018.06.003. Epub 2018 Aug 16. PMID: 30213423.
292. Parry DA, Smith TA, Rogers MA et al. Human hair keratin-associated proteins: sequence regularities and structural implications. *J Struct Biol.* 2006;155(2):361-9. doi: 10.1016/j.jsb.2006.03.018.
293. Patanelli DJ, Nelson WO. Sex chromatin and chromosomes in man. *Postgrad Med.* 1961;29:3-12. doi: 10.1080/00325481.1961.11692330. PMID: 13733231
294. Paus R. Principles of hair cycle control. *J Dermatol* 1998;25(12):793-80. doi: 10.1111/j.1346-8138.1998.tb02507.x.
295. Persaud D, Kamath YK. Torsional method for evaluating hair damage and performance of hair care ingredients. *J Cosmet Sci(Suppl).* 2004;55:65-77.
296. Peters W. The hair color-highlighting burn: a unique burn injury. *J Burn Care Rehabil.* 2000;21(2):96-8. doi: 10.1097/00004630-200021020-00003.
297. Petraco N, Fraas C, Callery FX and De Forest P. The morphology and evidential significance of human hair roots. *Journal of Forensic Science,s* 1988;33(1): 68-76.
298. Piérard-Franchimont C, Piérard GE: Teloptosis, a turning point in hair shedding biorhythms. *Dermatology.* 2001;203(2):115-17. doi: 10.1159/000051723.
299. Pilli E, Casamassima R, Vai S et al. Pet fur or fake fur? A forensic approach. *Investig Genet.* 2014;5,7. <https://doi.org/10.1186/2041-2223-5-7>.
300. Plikus MV, Chuong CM. Macroenvironmental regulation of hair cycling and collective regenerative behavior. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2014;4(1):a015198. doi: 10.1101/cshperspect.a015198. PMID: 24384813; PMCID: PMC3869280.
301. Porter J, Fouweather C. An appraisal of human head hair as forensic evidence. *J. Soc. Cosmet. Chern.* 1975;26(6):299.

302. Preedy VR. 2012. Handbook of hair in health and disease. Wageningen Academic Publishers, Netherlands.
303. President's Council of Advisors on Science and Technology. 2016. Forensic Science in the Criminal Courts.
304. Proceedings of the International Symposium on Forensic Hair Comparisons. Forensic Science Research and Training Center, FBI Academy, Quantico, Virginia. 1985.
305. Procopio N et al. Forensic proteomics for the evaluation of the post-mortem decay in bones. *J. Proteomics*. 2018;177:21-30. doi: 10.1016/j.jprot.2018.01.016.
306. Rakowska A, Slowinska M, Kowalska-Oledzka E, Rudnicka L. Trichoscopy in genetic hair shaft abnormalities. *J Dermatol Case Rep* 2008;2(2):14-20. doi: 10.3315/jdc.2008.1009.
307. Randall VA, Botchkareva NV. 2009. The biology of hair growth. In: Ahluwalia GS, ed. *Cosmetic Application of Laser and Light-Based System*. Norwich, NY: William Andrew Inc.:3-35.
308. Randall VA, Ebling FJ. Seasonal changes in human hair growth. *Br J Dermatol*. 1991;124(2):146-51. doi: 10.1111/j.1365-2133.1991.tb00423.x.
309. Randebrook RJ. Neue Erkenntnisse über den Morphologischen Aufbau des Menschlichen Haares. *J Soc Cosmet Chem*. 1964;15:691-706.
310. Rebora A, Guarrera M. Kenogen. A new phase of the hair cycle? *Dermatology*. 2002;205(2):108-10. doi: 10.1159/000063908. PMID: 12218222.
311. Reynolds EL. The appearance of adult patterns of body hair in man. *Ann. NY Acad. Sci.* 1951;53(3):576-84. doi: 10.1111/j.1749-6632.1951.tb31959.x
312. Rice RH, Wong VJ, Pinkerton KE. Ultrastructural visualization of cross-linked protein features in epidermal appendages. *J.Cell Sci.* 1994;107(7):1985-92. doi: 10.1242/jcs.107.7.1985
313. Riggott JM, Wyatt EH. *J. Forens. Sci.* 1984;24:328.
314. Rin C. J. Tokyo Medical College. 1960;18:423.
315. Robbins CR, Crawford R. A method to evaluate hair body, *J. Soc. Cosmet. Chern.* 1984;35:369-77.
316. Robbins, C. 1988. *Chemical and Physical Behaviour of Human Hair*, Second edition. Springer-Verlag, New York.
317. Robbins C.R. *Chemical and Physical Behavior of Human Hair..* Springer. 2012.
318. Robbins CR, Crawford R. Cuticle damage and the tensile properties of human hair. *J Soc Cosmet Chem*. 1991;42(1):59-67.
319. Robertson J, editor. 1999. *Forensic examination of hair*. Taylor and Francis, London.
320. Robertson J., 1995. The forensic examination of fibres and hairs. In: *Expert Evidence*, edited by I.Freckleton and H.Selby (Sydney: The Law Book Company).
321. Robertson J, Aitken CGG. The value of microscopic features in the examination of human head hairs. *J. Forens. Sci.* 1986;31:563-73.
322. Robertson J. Managing the forensic examination of human hairs in contemporary forensic practice. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 2017;49(3) <http://dx.doi.org/10.1080/00450618.2017.1279838>

323. Rogers GE. Hair follicle differentiation and regulation. *Int J Dev Biol.* 2004;48(2-3):163-70. doi: 10.1387/ijdb.15272381. PMID: 15272381.
324. Rogers G.E. Known and Unknown Features of Hair Cuticle Structure: A Brief Review. *Cosmetics.* 2019;6(2):32-9. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020032>.
325. Rogers, G.E. 1964. Structural and biochemical features of the hair follicle. In: *The Epidermis*, edited by W.Montagna and W.Lobitz (New York: Academic Press): 179–236.
326. Rogers MA, Langbein L, Praetzel-Wunder S, Winter H, Schweizer J. Human hair keratin-associated proteins (KAPs). *Int Rev Cytol.* 2006;251:209-63. doi: 10.1016/S0074-7696(06)51006-X. PMID: 16939781.
327. Rompolas P, Greco V. Stem cell dynamics in the hair follicle niche. *Semin Cell Dev Biol.* 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.semcdb.2013.12.005>
328. Rook A, Dawber R. 1982. *Diseases of the Hair and Scalp.* Blackwell Scientific Pub., Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne.
329. Rowe WF. 2006. Biodegradation of hairs and fibers in forensic taphonomy. In: Haglund WD, Sorg MH, editors. *The postmortem fate of human remains.* CRC Press, Florida.
330. Rugar D, Hansma P. Atomic force microscopy. *Phys. Today.* 1990;43:23-30.
331. Ruiz-Villaverde R, Galán-Gutierrez M. Hair casts (pseudonits). *CMAJ.* 2013;185(9). DOI:10.1503 /cmaj.120894.
332. Ryder ML. 1963. A survey of the gross structural features of protein fibres. In: *Fibre Structure*, edited by J.W.S.Hearle and R.H.Peters. London: Butterworths and The Textile Institute.
333. Saitoh M, Uzuka M, Sakamoto M, Kobori T. 1969. Rate of hair growth. In: *Advances in Biology of Skin. Hair Growth*, Volume 9, edited by W.Montagna and R.K.Dobson. Oxford: Pergamon, Oxford.
334. Sauermann G, Hoppe U, Lunderstädt R, Schubert B. Measurement of the surface profile of human hair by surface profilometry. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 1988;39:27-42.
335. Scanavez C, Silveira M, Joeques I. Human hair: color changes caused by daily care damages on ultra-structure. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* 2003;28(1):39-52.
336. Schmid W. Sex chromatin in hair roots. *Cytogenetics.* 1967;6(5):342-9. doi: 10.1159/000154938. PMID: 4172354.
337. Scott NJ, Roenigk HH. *J. Am. Acad. Dermatol.* 1983;8:27.
338. Sen J. Human hair in personal Identification and documenting drug and substance abuse. *Anthropologist.* 2010;12(1):47-58. doi:10.1080/09720073.2010.11891131
339. Seta S, Sato H, Yoshino M, Miyasaka S. Forensic Hair Investigation. *J. Forens. Sci. Soc.* 1984;24:338.
340. Seta S, Sato H, Miyake B. 1988. *Forensic Hair Investigation.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
341. Shaffer SA. Protocol for the Examination of Hair Evidence. *The Microscope.* 1982;30:151-61.

342. Shelley WB. Hair examination using double-stick tape. *Jam Acad Dermatol.* 1983;8:430-1.
343. Shimomura Y, Christiano AM. Biology and genetics of hair. *Annu Rev Genomics Hum Genet.* 2010;11:109-132. doi: 10.1146/annurev-genom-021610-131501. PMID: 20590427.
344. Shriver MD, Parra EJ. Comparison of narrow-band reflectance spectroscopy and tristimulus colorimetry for measurements of skin and hair color in persons of different biological ancestry. *Am J Phys Anthropol.* 20;112(1):17-27.
345. Sinclair RD, Banfield CC, Dawber RPR. 1999. *Handbook of diseases of the hair and scalp.* Blackwell Science Ltd.
346. Singh H, Gorea RK, Aggarwal OP, Jasuja OP. Determination of Sex From Hair. *JPAFMAT,* 2004;4:5.
347. Smith JR, Swift JA . Lamellar subcomponents of the cuticular cell membrane complex of mammalian keratin fibres show friction and hardness contrast by AFM. *J Microscopy.* 2002;206(3):182-93. doi: 10.1046/j.1365-2818.2002.01028.x.
348. Song SJ. Examinations of ABO bloodgroupings of human hair. *Forensic Sci Int.* 1988;36(3-4):173-7. doi: 10.1016/0379-0738(88)90140-5. PMID: 3350442.
349. Sperling LC. 2009. *An atlas of hair pathology with clinical correlations, the encyclopedia of visual medicine series.* Informa healthcare. New York, NY, USA.
350. Sperling LC, Cowper SE, Knopp EA. 2012. *An Atlas of Hair Pathology with Clinical Correlations, Second Edition.* Taylor & Francis.
351. Steggerda M, Seibert HC. Size and shape of head hair from six racial groups. *J. Hered.* 1941;32:315-8.
352. Stenn KS, Paus R. Controls of hair follicle cycling. *Physiol Rev.* 2001;81(1):449-94. doi: 10.1152/physrev.2001.81.1.449
353. Sterry W, Paus R, Burgdorf W. 2006. *Dermatology.* Georg Thieme Verlag KG.
354. Stoves JL. 1957. *Fibre Microscopy. Its Technique and Application.* London: National Trade Press:200-201.
355. Strauss M. Forensic characterization of human hair, I. *Microscope.* 1983;31:15-29.
356. Suenaga E, Nakamura H. Evaluation of Three Methods for Effective Extraction of DNA from Human Hair. *J. Chromatogr. Biol. Anal. Biomed. Life Sci.* 2005;820:137-41.
357. Suesse S, Pragst F, Mieczkowski T, Selavka CM, Elian A, Sachs H, Hastedt M, Rothe M, Campbell J. Practical experiences in application of hair fatty acid ethyl esters and ethyl glucuronide for detection of chronic alcohol abuse in forensic cases. *Forensic Sci Int.* 2012;218(1-3):82-91. doi: 10.1016/j.forsciint.2011.10.006. Epub 2011 Oct 27. PMID: 22036309.
358. Sumka J, Kobilinsky L. The Development of a Procedure for the Blood Grouping of Hair in the ABO System. *Annals New York Academy of Sciences.* 1984:499-500. doi: 10.1111/j.1749-6632.1984.tb13865.x
359. Sun TT, Cotsarelis G, Lavker RM. Hair follicular stem cells: the bulge-activation hypothesis. *J Invest Dermatol.* 1991;96(5):77-8. doi: 10.1111/1523-1747.ep12471959. PMID: 2022884.

360. Swift JA, Smith JR. Atomic force microscopy of human hair. *Scanning*. 2000;22(5):310-8. doi: 10.1002/sca.4950220506. PMID: 11023235.
361. Swift JA, Smith JR. Atomic force microscopy of human hair. *Scanning*. 2000;22(5):310-18. doi: 10.1002/sca.4950220506
362. Swift JA. Human hair cuticle: biologically conspired to the owners advantage. *J Cosmet Sci*. 1999;50(1):23-47.
363. Swift AJ. 1996. The detection of pores and holes in hair by electron microscopy. In: *Hair Research for the Next Millennium*, edited by D.J.J. Van Neste and V.A.Randall. Elsevier, Amsterdam.
364. Swift AJ. 1981. The hair surface. In: *Hair Research*, edited by C.E.Orfanos, W.Montagna and G.Stuttgen. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg.
365. Swift AJ. 1977. The histology of keratin fibres. In: *Chemistry of Natural Protein Fibres*, edited by R.S.Asquith. New York: Plenum Press: 81-146.
366. Swift JA. Mechanism of split end formation in human head hair. *J Soc Cosmet Chem*. 1997;48:123-6.
367. Szabo G. The regional anatomy of the human integument with special reference to the distribution of hair follicles, sweat glands and melanocytes. *Trans. R.Soc. Lond., Series B. Biological Sciences*. 1967;252(779):447-85.
368. Takagi Y, Matsuda S, Imai S, Ohmori Y, Masuda T, Vinson JA, Mehra MC, Puri BK, Kaniewski A. Trace elements in human hair: an international comparison. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1986;36(6):793-800. doi: 10.1007/BF01623585. PMID: 3719115.
369. Takahashi T, Hayashi R, Okamoto M, Inoue S. Morphology and properties of Asian and Caucasian hair. *J Cosmet Sci*. 2006;57(4):327-38.
370. Taupin JM. Forensic hair morphology comparison - a dying art or junk science? *Science&Justice*. 2004;44(2):95-100.
371. Tobin DJ. 2005. Hair in Toxicology. An Important Bio-monitor. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
372. Tobin DJ, Cohen SR, Bystryn JC. Isolation and long-term culture of human hair-follicle melanocytes. *J.Invest. Dermatol*. 1995;104(1):86-9. doi: 10.1111/1523-1747.ep12613573.
373. Tolgyesi E. et al. A comparative study of beard and scalp hair. *J Soc Cosmet Chem*. 1983;34:361-8.
374. Tosti A, Piraccini BM. 2006. *Diagnosis and Treatment of Hair Disorders*. Taylor & Francis, London.
375. Tridico SR, Houck MM, Kirkbride KP, Smith ME, Yates BC. Morphological identification of animal hairs: Myths and misconceptions, possibilities and pitfalls. *Forensic Sci Int*. 2014;238:101-7. doi: 10.1016/j.forsciint.2014.02.023.
376. Trotter M, Duggins OH. Age changes in head hair from birth to maturity. II. Medullation in hair of children. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1929;13:177.
377. Trotter M. A review of the classification of hair. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1939;24(1):105-26.
378. Trotter M. Classifications of hair colour. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1939; 25:237.

379. Ullah N, Yasin S, Abro Z, Liu L, Wei Q. Mechanically Robust and Antimicrobial Cotton Fibers Loaded with Silver Nanoparticles: Synthesized via Chinese Holly Plant Leaves. *International Journal of Textile Science* 2014;3(1A):1-5. DOI: 10.5923/s.textile.201401.01.
380. Usman M, Naseer A, Baig Y, Jamshaid T, Shahwar M, Khurshid S. Forensic toxicological analysis of hair: a review. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 2019;9:17 <https://doi.org/10.1186/s41935-019-0119-5>.
381. Vandiviere HM, Dale TA, Watson KA. *Arch. Environ. Health*. 1971;23:61.
382. Van Leeuwen TM. *Acta Dermato-Venereol*. 1928;9: 303.
383. Vaughn MR, Brooks E, van Oorschot RAH, Baindur-Hudson S. A Comparison of Macroscopic and Microscopic Hair Color Measurements and a Quantification of the Relationship between Hair Color and Thickness. *Microsc. Microanal.* 2009;15(3):189-93. doi:10.1017/S143192760909035.
384. Vaughn M, van Oorschot R, Baindur-Hudson S. Hair color measurement and variation. *Am J Phys Anthropol*. 2008;137(1):91-6. doi: 10.1002/ajpa.20849.
385. Vernall DG. A study of the size and shape of cross sections of hair from four races of men. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1961;19(4):345-50. doi: 10.1002/ajpa.1330190405.
386. Vincenti M, Salomone A, Gerace E, Pirro V. Application of mass spectrometry to hair analysis for forensic toxicological investigations. *Mass Spectrom Rev*. 2013;32(4):312-32. doi: 10.1002/mas.21364. Epub 2012 Nov 19. PMID: 23165962.
387. Wagner RDC, Kiyohara PK, Silveira M, Joekes I. Electron microscopic observations of human hair medulla. *Journal of Microscopy*. 2007;226(1):54-63.
388. Wąs J. Identification of thermally changed fibres. *Forensic Science International*. 1997;85(1):51-6.
389. Weinstein GD, Mooney KM. Cell proliferation kinetics in human hair root. *J Invest Dermatol*. 1980;74(1):43-6. doi: 10.1111/1523-1747.ep12514601
390. Wennig R. Potential problems with the interpretation of hair analysis results. *Forensic Science International*. 200;107(1-3):5-12. doi: 10.1016/s0379-0738(99)00146-2
391. Whiting DA. 2004. *The Structure of the Human Hair Follicle: Light Microscopy of Vertical and Horizontal Sections of Scalp Biopsies*. Canfield Publishing.
392. Wildman AB. 1954. *The Microscopy of Animal Textile Fibres*. Wool Industries Research Association, Leeds.
393. Wilkinson L, Gwinnett C. An international survey into the analysis and interpretation of microscopic hair evidence by forensic hair examiners. *Forensic Sci Int*. 2020;308:110158. doi: 10.1016/j.forsciint.2020.110158. Epub 2020 Jan 24. PMID: 32028120.
394. Wilson AS, Dodson HI, Janaway RC, Pollard AM, Tobin DJ. Selective biodegradation in hair shafts derived from archaeological, forensic and experimental contexts. *Br J Dermatol*. 2007;157(3):450-7.
395. Wolfram LJ. Human hair: a unique physicochemical composite. *J Am Acad Dermatol*. 2003;48(6):106-14. doi: 10.1067/mjd.2003.276
396. Woods JL, Orwin DFG. The cytology of cuticle scale pattern formation in the wool follicle. *J. Ultrastr. Res*. 1982;80:230-42.

397. Wosicka H, Cal K. Targeting to the hair follicles: current status and potential. *J Dermatol. Sci.* 2010;57(2):83-9. doi: 10.1016/j.jdermsci.2009.12.005
398. Wyatt EH, Riggott JM. 1981. Hair Research Orfanos C E, Montagna W, Stiittgen G (eds), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
399. Wyatt EH, Riggott JM. Scanning electron microscopy of hair. Observations on surface morphology with respect to site, sex and age in man. *Br. J.Dermatol.* 1977;96(6):627-33. doi: 10.1111/j.1365-2133.1977.tb05207.x
400. Wynbrandt F, Chisum WJ. Determination of the ABO blood group in hair. *J Forensic Sci Soc.* 1971;11(3):201-4. doi: 10.1016/s0015-7368(71)70655-0. PMID: 5154529.
401. Wynkoop EM. A study of the age correlations of the cuticular scales, medullas and shaft diameters of human head hair. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1929;13:177-88.
402. Yada S, Okane M, Sana Y. ABO group antigens demonstrated in the rabbit hair. *Jap. J. Leg. Med.* 1966;20:204-6.
403. Yada S, Okanl M, Sano Y. Blood grouping of a single human hair by means of elution technique. *Acta crini. Jap.* 1966;32:7-8.
404. Yada S, Ishimoto G, Okane M. Blood grouping of scalp hairs and fingernails derived from ABO variant persons. *Acta crim. Jap.* 1968;34:55-6.
405. Yin NE et al. The effect of fiber diameter on the cosmetic aspects of hair. *J Soc Cosmet Chem.* 1977;28:139-50.
406. Yoshida K. Ober die gruppenspezifischen Unterschiede der Transsudate, Exsudate. *Dtsch. Z. ges. exp. Sekrete, Estretse. Med.* 1928;63:331-9.
407. You H, Yu L. Atomic force microscopy as a tool for study of human hair. *Scanning.* 1997;19(6):431-7. doi: 10.1002/sca.4950190606
408. Yu J, Yu DW, Checkla DM, Freedberg IM, Bertolino AP. Human hair keratins. *J.Invest. Dermatol.* 1993;101(1):56-9. doi: 10.1111/1523-1747.ep12362635
409. Zech L. Investigation of metaphase chromosomes with DNA-binding fluorochrome., *Exp. Cell Res.* 1969;58:463.
410. Zviak C, Dawber RPR. 1986. Hair structure, function, and physicochemical properties. In: *The Science of Hair Care*, edited by C.Zviak, Marcel Dekker, New York and Basel.

Съдебномедицинско значение на човешките косми

Автор: Емилия Каишева

Снимки на корицата:

Houck MM. Forensic Hair Comparisons - National Academies:

https://sites.nationalacademies.org › pga_049913;

<https://www.leica-microsystems.com/products/light-microscopes/p/leica-fs-cb/>

Българска

Първо издание

Коректор: Галя Христоскова

Предпечат: Жанета Радкова

Дизайн на корицата: Ивелина Георгиева

Печат: Медицински университет – Варна

Варна, 9002

ул. „Марин Дринов“ 55

тел. (+359 52) 677 117

press@mu-varna.bg

<http://press.mu-varna.bg>

2023

Варна, България

ISBN 978-619-221-425-8