



فرآورده‌های آرایشی - پوستی (۷):

فیزیولوژی، ساختار و رویش مو

دکتر محمد رضا عوادى

مدیر کارخانه داروسازی حکیم

فیزیولوژی (Physiology)

دو محقق به نام‌های Ebling و Johnson نشان داده‌اند که چگونه هر فولیکول مو از برهمکنش بین لایه‌های اپیدرمی و درمی پوست، سرچشمه می‌گیرد. فولیکول مو، غلافی از سلول‌های اپیدرمی و بافت همبند بوده که ریشه مو را در بر می‌گیرد (شکل ۱). سلول‌های خاصی که در سطح درم وجود داشته، تکثیر و افزایش یافته و به سمت جلو رشد نموده تا یک پایه (peg) را تشکیل دهند. در زیر این قسمت، فیبروبلاست‌های

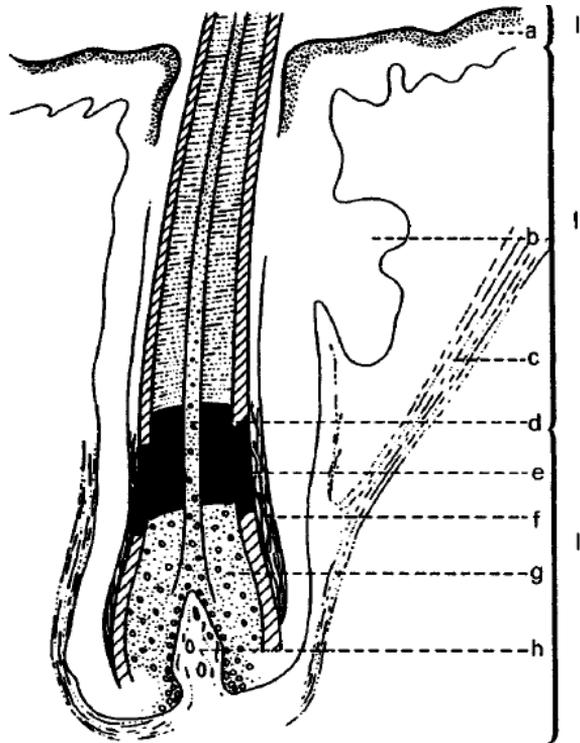
اختصاصی قرار گرفته است که به زائده درمی (papilla) تبدیل می‌شوند. سلول‌های اپیدرمی مجاور زائده درمی، تکثیر یافته و ستونی از سلول‌های کراتینه شده را به سمت سطح پوست حرکت داده و این سلول‌های کراتینه شده، ساقه مو (shaft) را ایجاد می‌نماید. همان طور که این سلول‌های کراتینی طویل می‌شوند، سلول‌های پایه مو به سمت پایین حرکت کرده و فولیکول مو را که به صورت ستونی متورم و برجسته می‌باشد، تشکیل می‌دهد. این قسمت محل

کوتیکول بوده که بخش قشری (cortex) را احاطه نموده و از سلول‌های مسطح و تخت تشکیل شده که به صورت صفحات کاشی مانند و به‌طور مرتب کنارهم قرار گرفته و با سیمان بین سلولی، به هم متصل شده‌اند. هر سلول دارای یک غشای خارجی بوده و در داخل غشاء، سه لایه مجزا وجود داشته که شامل لایه A، لایه اگزوکوتیکول و لایه اندوکوتیکول می‌باشد (شکل ۱).

حضور غدد سیاسه و ماهیچه راست کننده تار مو (erector pili muscle)، می‌باشد. فولیکول مو، یکی از قسمت‌هایی در بدن انسان بوده که سرعت تقسیم سلولی بالایی داشته و برای چنین رشدی نیاز به انرژی زیادی دارد.

ساختار (Structure)

ماهیت ساقه مو، عاملی بوده که مورد توجه اولیه می‌باشد. بیرونی‌ترین لایه مو،



شکل ۱- ساختاری جهت نشان دادن ساختمان فولیکول مو در رابطه با اپیدرم I، کوریوم II و بافت همبند III که نشانگر اپیدرم (a)، غده چربی (b)، عضله راست کننده (c)، ناحیه داخلی یا مدولا (d)، غلاف داخلی ریشه (e)، غلاف خارجی ریشه (f)، پیاز مو (g) و زائده پایپلا (h) می‌باشد.

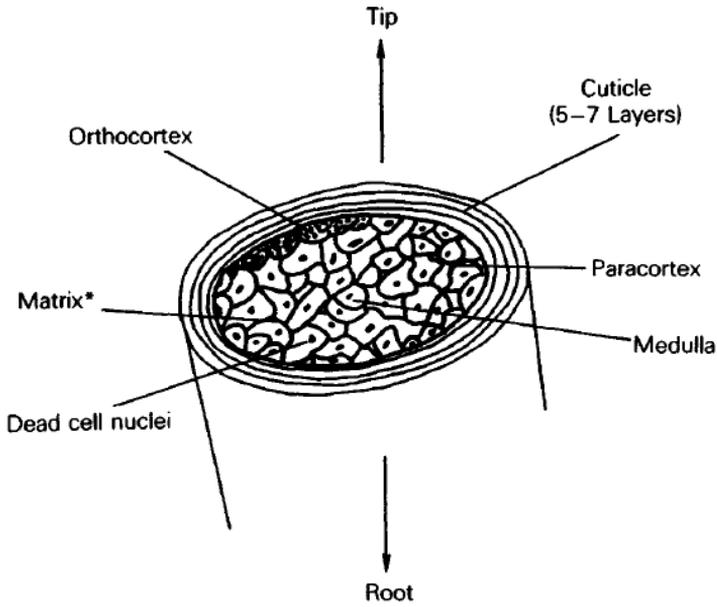
ملانین (رنگدانه‌های رنگی طبیعی)، در قشر مو قرار گرفته که شروع سنتز آن از اسید آمینه تیروزین گرفته شده است و به دو نوع یوملانین (eumelanin) و فائوملانین (pheomelanin) تقسیم می‌شود. این رنگدانه‌ها، توسط سلول‌های ملانوسیت واقع در بخش رنگدانه‌ای پیاز مو و غلاف بیرونی فولیکول مو، ساخته می‌شوند. یوملانین، رنگ قهوه‌ای مایل به مشکی و فائوملانین، رنگ قهوه‌ای مایل به رنگ قرمز را تشکیل می‌دهد.

بخش داخلی تار مو یا همان مدولا، تنها بخش کوچکی از جرم کل تار مو را تشکیل داده و به ویژگی‌های مکانیکی و شیمیایی مو، کمک اندکی می‌نماید. این بخش، شامل مجموعه‌ای از واکوئل یا حفره هوایی بوده که به دلیل آب‌گیری سلول‌های متراکم در طول فرآیند کراتینه شدن، شکل گرفته‌اند. شکل (۲) برش عرضی از یک تار معمولی مو را نشان می‌دهد.

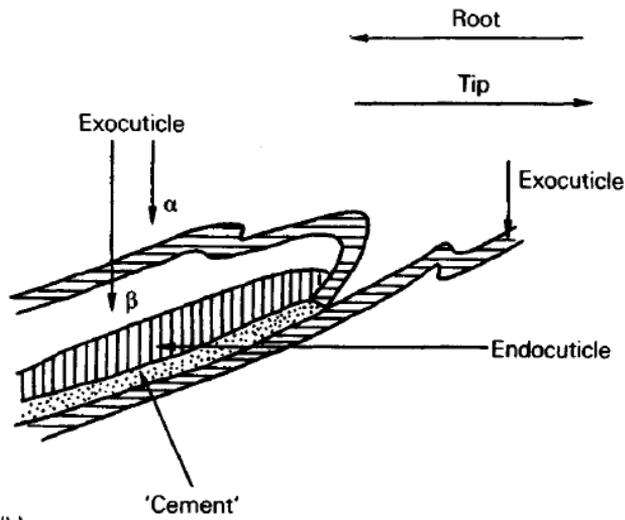
ساختار مو در نژادهای مختلف (Ethnic hair structure)

مو در نژادهای آفریقا - کارائیبی بسیار فر خورده و مجعد بوده و در زیر میکروسکوپ، مقطع عرضی بیضوی دارد. از نظر شیمیایی، مقدار اسید آمینه این نژاد از مو شبیه به **موی قفقازی** بوده، اما توزیع اسید آمینه گوگرد دار متفاوتی داشته که ظاهر مجعد مو را افزایش داده است. توزیع غیریکنواخت پل‌های دی‌سولفیدی در یک طرف رشته‌های مو، باعث ایجاد شکل مجعد یا فر شدن می‌شود. این موضوع،

بخش عمده مو ناحیه قشری یا کورتکس، از توده الیافی متشکل از سلول‌های کراتینه طولیل تشکیل شده، که با مواد بین سلولی به یکدیگر متصل گردیده‌اند. طول سلول‌ها، بین ۵ تا ۵۰ میکرومتر می‌باشد. بخش قشری، در واقع از دو ناحیه به وجود آمده است. پاراکورتکس (paracortex) که بخش غالب بوده و ارتوکورتکس (orthocortex) که جزء کمتر را شامل می‌گردد. سلول‌های پاراکورتکس، در یک ماتریکس غنی از گوگرد با اتصالات عرضی شیمیایی قرار گرفته شده، در حالی که سلول‌های ارتوکورتکس این پوشش محافظتی را ندارند. رشته‌های بزرگ (Macrofibrils) بین سلول‌های قشری، قرار گرفته‌اند. تفاوت‌های طولی به دلیل دانه‌های رنگدانه‌ای و بقایای هسته سلولی، می‌باشند. الیاف یا رشته‌های های بزرگ که تحت عنوان ماکروفیبریل نیز شناخته می‌شوند، از ساختارهایی با زنجیره یا الیاف کوچک‌تر به نام میکروفیبریل، شکل گرفته است. عرض یک ماکروفیبریل حدود ۰/۴ تا ۰/۱ میکرون بوده، در حالی که این عدد جهت میکروفیبریل‌ها تقریباً ۰/۰۰۷ میکرون، می‌باشند. ساختارهای کوچک تری با عرض ۰/۰۰۲ میکرون نیز، در میکروفیبریل‌ها وجود داشته که به نام پروتوفیلامنت (protofilament)، شناخته می‌شود. این اشکال، از سه زنجیره پلی پپتیدی مارپیچ تشکیل شده‌اند که ساختار اصلی و اساسی مو را تشکیل می‌دهند.



(a)



(b)

شکل ۲- ساختار تار مو: (الف) الیاف مو به طور مقطعی و (ب) جزئیات ساختار کوتیکول.

مشکلاتی مانند سختی در شانه کردن، خشکی و شکنندگی در مو را ایجاد نموده که می‌تواند منجر به شکنندگی مو گردد.

رشد (Growth)

سرعت رشد معمول برای موی انسان $0/3 - 0/5$ میلی‌متر در روز می‌باشد. طبق گفته محققى به نام Szabo پوست سر در یک فرد طبیعی و سالم (منظور، پوستی است که از ۲ تا ۳ سانتی متر بالاتر از گوش شروع می‌شود)، حدوداً شامل ۱۰۰۰۰۰ فولیکول مو را دربر گرفته، در حالی که محققى به نام Mottram، این تعداد را ۱۵۰۰۰۰ عدد تخمین زده است.

چرخه طبیعی رشد مو (The cyclic nature of hair growth)

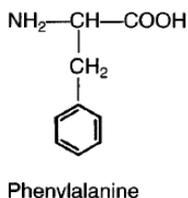
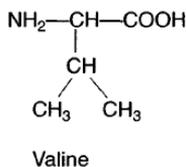
محققى به نام Kligman، شرح مفصلى از این موضوع ارایه داده است که در ذیل خلاصه‌ای از آن آمده است. در عمل، تمام فولیکول‌ها در فعالیت چرخه‌ای طبیعی، شرکت می‌نمایند. مرحله رشد فعال یا آنژن (anagen) که در آن مو ساخته

شده و در ادامه، یک دوره استراحت به نام فاز تلوژن (telogen) می‌باشد. در بخش تلوژن، مو کاملاً شکل گرفته و پیاز مو با پایه گسترده خود در فولیکول ثابت مانده و زائده یا پایلای درمی، از ماتریکس اپیدرمی آزاد می‌باشد. مورد دوم، به رشد ثانویه کوچکی کاهش خواهد داشت. بین مرحله آنژن و تلوژن مرحله کوتاه دیگری به نام کاتاژن یا فاز انتقال می‌باشد، که در این مرحله موهایی که تازه به وجود آمده‌اند، به سمت سطح پوست حرکت می‌نمایند. مدت زمان فاز آنژن، تعیین کننده طول نهایی تمام الیاف مو می‌باشد. به‌طور کلی، در یک زمان مشخص حدود ۸۵ درصد از موهای سر در فاز آنژن و رشد و ۱۲ درصد در مرحله تلوژن یا استراحت و ۳ درصد در فاز کاتاژن یا انتقالی، قرار دارند. این نسبت‌های بین فازها، بسیار شبیه به آن‌هایی بوده که در مطالعه خواص مکانیکی موهای سر از یک موی سر خاص به دست آمده‌اند. فاز آنژن در پوست سر، ممکن است تا ۳ سال طول بکشد. جدول (۱) ترکیب اسیدهای آمینه موجود در کراتین مو را نشان می‌دهد.

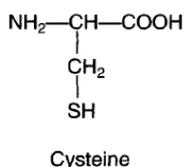
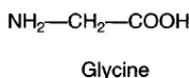
جدول ۱- ترکیبات اسیدهای آمینه موجود در کراتین مو

Amino acid	mol %	Amino acid	mol %
Alanine	5.6	Lysine	2.9
Arginine	7.0	Ornithine	0.2
Aspartic acid	7.0	Phenylalanine	2.0
Cystine*, cysteine*, methionine*	12.3	Proline	7.0
Glutamic acid	12.9	Serine	10.2
Glycine	6.0	Threonine	6.7
Histamine	0.8	Tyrosine	2.0
Isoleucine	3.2	Valine	6.2
Leucine	8.0		

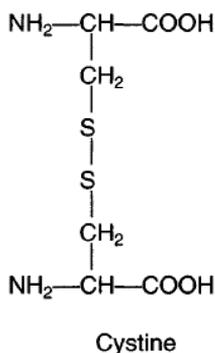
آب گریز (Hydrophobic): والین (Valine) و فنیل آلانین (phenylalanine)



قطبی (polar): گلیسین (Glycine) و سیستئین (Cysteine)



سیستئین، محصول شکافت سیستین بوده که در قسمت بعد نشان داده خواهد شد و این اسیدهای آمینه از نظر فناوری در زمینه محصولات مخصوص فر کردن مو، مهم می‌باشند.



اسیدی (Acidic): آسپارتیک (aspartic) و گلوتامیک اسید (glutamic acids)

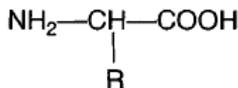
ساختار شیمیایی مو

(HAIR CHEMISTRY)

الیاف مو، تقریباً از ۸۵ درصد پروتئین پیچیده به نام کراتین و حدود ۷ درصد آب تشکیل شده است. از دیگر ترکیبات اصلی، لیپید به مقدار ۳ و رنگدانه ۲ درصد می‌باشد. آخرین جزء، ملانین بوده که در فرآیند سنتز زیستی، از اسید آمینه تیروزین به دست می‌آید. همچنین مقادیر ناچیزی از یون فلزاتی، مانند آلومینیوم (Al)، کروم (Cr)، کلسیم (Ca)، مس (Cu)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، منیزیم (Mg) و روی (Zn) وجود داشته که مقدار یون روی حدود ۲۲ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم مو وجود دارد. ترکیبات فسفر نیز در ساختار مو به فراوانی یافت شده (۸۰ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم مو) که عمدتاً از تخریب هسته سلول‌های قشری، مشتق شده‌اند. مهمترین ماده کراتین بوده که به صورت زیست - شیمیایی از حضور حدود ۱۸ نوع اسید آمینه به وجود آمده است.

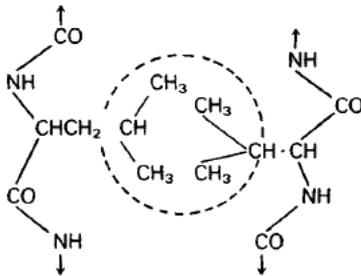
اسیدهای آمینه (Amino acids)

اسیدهای آمینه با فرمول ساختاری عمومی زیر نشان داده می‌شوند.

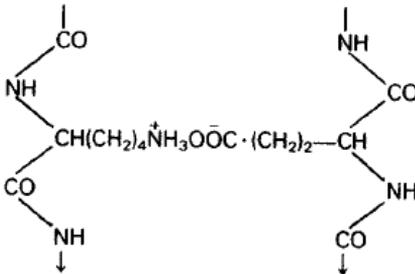


اسیدهای آمینه را می‌توان براساس قرارداد زیر طبقه‌بندی نمود. هیچ کدام از سیستم‌هایی که در طبقه‌بندی استفاده شده است، کاملاً رضایت‌بخش نمی‌باشند.

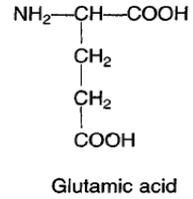
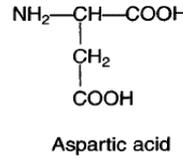
می‌باشند. این زنجیره‌ها، به صورت جانبی از طریق برهمکنش فیزیکوشیمیایی بین گروه‌های R از اسید آمینه به یکدیگر متصل می‌شوند. بنابراین، در جایی که بخش‌های آب گریز در مجاورت هم قرار می‌گیرند، اتصالات آب گریز، پیوندهایی را در آن بخش خاص از زنجیره پروتئین تشکیل می‌دهند.



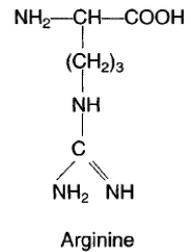
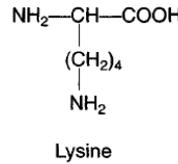
در زنجیره کراتین، هنگامی که اسید آمینه‌های اسیدی مانند اسید گلوتامیک، در کنار گروه R زنجیره مجاور که قلیایی می‌باشد، قرار داده شود، یک پیوند نمکی ممکن است تشکیل شود.



در کراتین مو، اسیدهای آمینه گوگردی (سیستین و سیستئین) فراوانی وجود داشته و در سنتز زیستی کراتین، سیستئین در زنجیره‌های

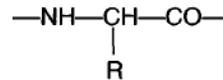


قلیایی (basic): لیزین (lysine) و آرژینین (arginine)



اتصال پپتیدی (Peptide linkage)

در زنجیره پروتئین، اسیدهای آمینه منفرد به صورت خطی توسط گروهی از اتم‌ها که از قرار گرفتن گروه کربوکسیل با یک گروه آمینی در زنجیره تشکیل شده است، به هم متصل می‌شوند تا آنچه را که به‌عنوان پیوند پپتیدی شناخته می‌شود، تشکیل دهند.



R همان گروه‌های مشخص کننده اسید آمینه یکسان یا متفاوت می‌باشد. به‌عنوان مثال، منظور از R در گلايسين، اتم H و در لیزین منظور از R گروه $(\text{CH}_2)_4\text{—NH}_2$ می‌باشد. در تار مو، زنجیره‌های کراتین تقریباً موازی با یکدیگر و با محور تار مو

محدودیت‌های آنالیز اسیدهای آمینه

(Limitations of amino acid analysis)

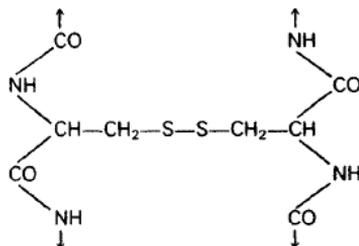
محققى به نام Gillespie بر این باور بود که که آنالیز اسیدهای آمینه به تنهایی، مبنایی کافی جهت همبستگی ساختار شیمیایی با ریخت شناسی (morphology) خواص فیزیکی و عملکرد کراتین نمی‌باشد. روش ایشان را می‌توان طبقه‌بندی میل ترکیبی شیمیایی (chemical affinity) نامید که شامل جداسازی شیمیایی انواع مختلف پروتئین آزاد شده حاصل از شکسته شدن پیوندهای دی‌سولفید توسط احیاء بی‌سولفیت (به کمک اوره به‌عنوان عامل تورم دهنده) و سپس توالی رسوب به صورت جزیی می‌باشد. این محقق، بخش‌های زیر را پس از بررسی‌های لازم تشخیص داده است:

۱. یک بخش کم گوگرد، حاوی سطح بالایی از پروتئین مارپیچ قابل انبساط می‌باشد. این جزء کراتین مو بوده که مسؤول پدیده حالت دادن (set) به مو و ماده اصلی تشکیل دهنده پروتوفیبریل‌های سلول‌های قشری، می‌باشد.

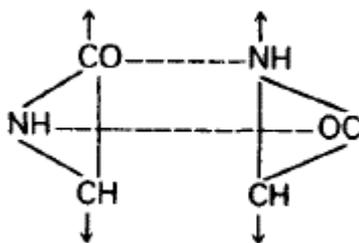
۲. یک جزء با مقدار بالایی از گوگرد که در ماتریکس یا سیمان بین سلول‌های قشری، وجود دارد.

۳. جزء سوم که حاوی مقادیر زیادی اسید آمینه تیروزین می‌باشد. دو شکل متضاد از کراتین‌های موی پستاندار مانند موی سر انسان و خاریشت را در نظر بگیرید. موی سر انسان، دارای نسبت بالایی از پروتئین‌های گوگرد دار (حدود ۴۰

مجاور، می‌توانند از طریق پیوند دی‌سولفیدی به یکدیگر متصل شده و یک پیوند کووالانسی قوی بین زنجیره‌ها، ایجاد گردد.



از نظر کمیتی، پیوندهای هیدروژنی ممکن است به‌طور قابل توجهی در انسجام بین زنجیره‌های کراتین نقش داشته باشند. این موارد ممکن است به چند روش ایجاد شوند. یکی از آن‌ها در شکل زیر نشان داده شده است.



در این مورد، پیوند هیدروژنی، ناشی از برهمکنش بین پیوندهای پپتیدی زنجیره‌های پروتئینی مجاور می‌باشد. مکانیسم‌های متعددی که توسط آن‌ها، زنجیره‌های کراتین می‌توانند به صورت جانبی به هم متصل شوند، منجر به سختی، انکسار نوری، چگالی و غیره شده که مشخصه کراتین مو می‌باشند.

آیا می دانستید؟

❖ برخی ویتامین‌ها، به‌ویژه برخی از ویتامین‌های B، جهت رشد طبیعی مو و کراتینه‌سازی اپیدرم ضروری می‌باشند. از سوی دیگر، نشان داده شده که ویتامین A از تکثیر و تمایز اپیتلیوم سنگفرشی، جلوگیری می‌کند. بنابراین، بیماری hyperkeratotic papular dermatosis نشانه کمبود ویتامین A بوده، اما به نظر می‌رسد که مصرف بیش از حد این ویتامین، باعث ریزش مو می‌شود.

❖ کمبود پروتئین باعث ایجاد حالت kwashiorkor شده که عواقب جدی، جهت رشد مو دارد. تارمو کم پشت، نازک و شکننده شده و رنگدانه خود را از دست می‌دهد. تغییرات در تارمو، منعکس کننده تغییرات قابل توجهی در چرخه فولیکولی بوده که منجر به کاهش قابل توجهی در عملکرد فولیکول‌ها در مرحله آنژن می‌شود.

❖ آرایشگران حرفه‌ای ممکن است نیاز داشته باشند که چند ناهنجاری ساقه مو را با منشأ ژنتیکی مانند monilethrix, pili torti, trichorrhexis nodosa تشخیص دهند، که هر کدام ممکن است با موهای کم پشت، شکننده و اغلب کوتاه همراه باشد. این اختلالات، باید از انواع مختلف ریزش مو که در آن ساقه مو از نظر ساختاری طبیعی باقی می‌ماند، متمایز شود.

❖ ریزش مو ممکن است سریع یا تدریجی باشد. ریزش ناگهانی مو اغلب، گذرا بوده، در حالی که ریزش تدریجی که تنها با اثر طولانی مدت آن مشاهده می‌شود، معمولاً به طرز ناامیدکننده‌ای، مزمن می‌باشد. با این وجود، به نظر می‌رسد امیدی در این خصوص وجود داشته که روند برخی از این اختلالات تدریجی ریزش مو را بتوان تا حدی با برخی از درمان‌های دارویی شناخته شده، معکوس نمود.

❖ با توجه به اینکه موهای ریخته شده ریزش سریعی را داشته باشند و این ریزش به صورت کانونی یا موهای در حال رشدی که از یک فولیکول فعال ریخته شده باشند، به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. ریزش موهای کانونی به‌عنوان telogen effluvium شناخته شده و به نظر می‌رسد دلایل مختلفی داشته باشد.

❖ ریزش موهای در حال رشد به anagen effluvium معروف است. این بیماری پس از تجویز داروهای ضدسرطان و شیمی درمانی رخ داده و به نظر می‌رسد که ریزش موها در طاسی تکه تکه یا طاسی نوع areata، فرآیند مشابهی داشته باشد.

می‌باشد. مثال‌های دیگری در این راستا وجود دارند. در مقاله آینده، به واکنش‌های شیمیایی کراتین مو پرداخته خواهد شد.

درصد) و نسبت کمی از تیروزین می‌باشد. از طرف دیگر، خارپشت یا همان جوجه تیغی دارای پروتئین گوگرد دار به مقدار کم (به مقدار ۷ درصد)، اما غنی از تیروزین

منابع

1. Diana DZ. Cosmetic Dermatology: Products and Procedures. Hair Cosmetics; 2015:234-239.
2. Blume-Peytavi U. Whiting DA. Trüeb RM. Hair Growth and Disorders. 1st ed. Springer; 2010: