

# 理化因素对头发影响作用的研究方法与现状

孙晓蓉

(上海家化有限公司科研部,上海市,200082)

**摘要** 利用头发研究成果为化妆品中发用品的开发服务在国际上起步较晚。本文综述了头发的生物学特征、各理化因素对头发影响作用的研究方法及其研究现状,概述了法医学、生物学、环境科学和化妆品学等领域毛发研究的动态。

**关键词** 头发 生物学特征 理化因素

早在本世纪之初,科学家就注意到头发在生物学和人类学方面研究的应用价值,建立了头发的各种研究方法。奥地利人类学家 E. Fischer 于 1907 年制定了头发标准比色表,供头发颜色的对比检验。1948 年, Trotter 等人观察了青春期前人发形态特征的年龄变化,丰富了人类学研究的内容。50 年代后,有关头发颜色,元素和形态方面的研究报告逐渐增多,使毛发的检验成为医学、生物科学和法庭科学研究工作的一个比较活跃的领域。60 年代以来,头发的研究活动由个别进行逐步走向国际合作的道路,1978 年 10 月,在美国佐治亚州的亚特兰大市召开了第二次国际性的人发研究学术讨论会,开拓了头发检验的应用范围。

## 1 头发的生物学特征<sup>[1,2]</sup>

头发的基本化学成分是角蛋白(内含丰富的二硫键)、黑色素和痕量的金属元素。它由圆柱状毛干及毛囊两部分构成。毛干分毛小皮(cuticle)、毛皮质(cortex)和毛髓质(medulla)三层。髓质位于毛干的中心,是毛发变化最大的部分,由 2~3 层部分角化的立方形和多角形细胞构成,细胞排列松弛如钱串状,细胞基质为  $\beta$ -角蛋白。毛皮质紧密包绕在髓质的周围,是毛干的主要组成部分。它为立方形细胞,胞质中充满着由  $\alpha$ -螺旋蛋白组成的原纤维丝。细丝间有较致密的无定形物质,胞浆中含有色素颗粒,色素颗粒的有无或多少决定着头发的色调。毛小皮为毛干的最外层,系一层扁平无核的角化细胞,厚  $0.5\mu\text{m}\sim 1.0\mu\text{m}$ ,长约  $45\mu\text{m}$ 。在同一断面上,一般有三个角化的毛小皮细胞围绕毛干,细胞由近及远象鳞片一样依次复叠,游离缘指向毛干的远端。由鳞片的大小、形状和复叠位置的不同,形成各种毛小皮花纹。毛囊依功能分

三带:内带是头发细胞生物合成部位;中间带是角质形成部位;终末带是稳定期头发。毛囊和皮脂腺及顶泌腺紧密相连,两种腺体导管直接开口于毛囊内。毛泌汗腺导管位于毛囊附近,未开口进入毛囊,上述三种腺体分泌物滋养毛干,很可能是微量元素和药物等进入毛发的载体<sup>[3]</sup>。

毛发呈周期性生长,一般分为三期:生长期(ana-gen)为头发活跃地生成时期;退化期(catagen)为细胞增生停止、毛球开始萎缩的时期;静止期(telogen)为头发停止生长,毛根部停留于真皮浅层的时期。生长初期毛囊底部基质细胞增生活跃,代谢活性明显增加。有学者认为,微量元素在代谢活性较强的初期进入头发,但也有学者提出外源性物质进入头发有部位特异性,与代谢活性程度无关。认为毛囊可能通过毛球周围血管网接纳营养物质如葡萄糖等,而其它化学物质在角质形成带水平进入头发,未经毛囊渗入头发<sup>[4]</sup>。一般认为头发以  $1\text{cm}/\text{月}$  速度生长,头顶部头发生长初期毛囊数量最多(占 85%),生长速度最快( $1.12\text{mm}/\text{d}$ ),常被作为理想的分析样本<sup>[5]</sup>。

头发是天然纤维中最富于弹性的,50cm 长的头发可延伸长达 75cm,在水蒸气和弱碱性( $\text{pH}10.0$  以下)溶液中可延伸长达 1m。被延伸的头发可迅速恢复原有的长度。头发的弹性主要来源于  $\alpha$ -螺旋链,它使角蛋白如同巨大的分子弹簧<sup>[6]</sup>。

毛干有良好的强度,一根 1cm 长的头发,要断离它的力量,男性头发平均需 146g,女性头发需 143g。头发的强度主要取决于皮质,毛小皮的损伤对头发张力没有明显的影响。

## 2 理化因素对头发影响作用的研究方法

### 2.1 头发样本的收集和处理

第一作者简介:

孙晓蓉,女,1972 年 11 月生,毕业于上海复旦大学生命科学学院,联系电话:(021)58670095

根据不同的检验目的,对头发样本的收集处理方法和样本规模的要求各不相同,对头发各个项目的检验顺序也必须作出合理的安排。一般认为,应考虑数量、部位、采集方法(包括切断、梳理及拔脱)和毛根尾端的确定。

头发样本的数量由采用的检测方法决定,通常不超过 2g。头发样本的采取一般分三个部位:头顶、颞部、枕部,尤以顶部头发使用较多,也可在三个部位各取一部分比较。在检材采集方法上,切取的头发毛囊尾部缺失,结果不能反映最近时间内的状况;梳理或轻微用力即可拔脱的头发处于静止期,已不含活动增长期头发,不适宜分析用;暴力拔脱头发,受检者不易接受,但却是最理想的检材。

头发是来自体外的检材,易受外界物质污染,在检测前必须进行抗污染处理,尤其用于微量元素及氨基酸测定的样本更要清洗干净<sup>[7]</sup>。用于元素分析的对比头发,还要求取样及时,在待检头发离开人体后最迟不要超过 1~3 周。超过这一时间,毛发的元素组成可能有较大的变化,将失去对比检验的价值。

## 2.2 头发理化指标的检测方法

### 2.2.1 毛小皮结构观察法

外界环境对头发的损伤可能只限于毛小皮,也可能涉及整根头发,但通常毛小皮受损伤总是先于皮质和髓质。常用的毛小皮观察法有毛小皮印纹法和扫描电镜检查法。其中毛小皮印纹标本的制备有以下四种方法:醋酸纤维素膜法、火棉胶法、赛璐珞片法、摄影用感光板法。制备所得的印纹标本在普通显微镜下即可观察。扫描电镜用头发必须洗净干燥,经真空喷涂仪喷碳或金后可在电镜下放大进行观察,也可用异丁烯酸酯膜制成印纹后观察。

据詹重万 1983 年的分类<sup>[8]</sup>,毛小皮的瓦样覆盖排列形态,大致可以归纳为六型:

(1)平行型:即小皮与小皮之间大致相互平行,游离缘与毛干长轴较为垂直。

(2)局部交叉型:即小皮排列基本平行中有“x”、“y”形交叉缘。

(3)局部粘连型:即基本平行的游离缘中,局部似乎有粘连,呈半放射状,相邻几个小皮侧游离缘在一点相交。

(4)混合型:既有交叉又有“粘连”。

(5)密型:小皮覆盖排列距离短而紧密,粗发多为此型。

(6)疏型:小皮间距排列很疏松,细发多为此型。

• 42 •

### 2.2.2 髓质结构观察法

髓质的检查可以先切开髓质,滴入髓质透明剂甘油酒精溶液(65:35),再用光学显微镜检查,也可以用 2%鞣酸染色后在扫描电镜下观察<sup>[9]</sup>。

### 2.2.3 头发横断面观察法

首先制作头发横断面切片,有石蜡切片法、火棉胶棒法、单一纤维直接切取法、成束纤维用手切取法、成列纤维用手切取法和赛璐珞片包埋法等六种方法。制得的切片在显微镜下观察。

### 2.2.4 头发染色法

头发各部位使用的染色剂各不相同:毛根使用 5%~10%硝基铁氰化钠;毛小皮和毛干纵切面使用 1%碳酸复红水溶液;髓质可用 5%鞣酸酒精液或 Sudan III 二甲苯饱和液染色。

### 2.2.5 头发元素分析<sup>[10~13]</sup>

目前尚未标准化,利用不同方法进行元素分析,结果变动幅度较大。在实际工作中,进行群体调查和对比检验的头发样本应由专人在同一台仪器上检验操作,采用同样的工作条件,这样可减少误差率。目前常用于头发元素分析的方法有 4 种:原子发射光谱分析、原子吸收分光光度、中子活化分析、电子探针。前两种方法样本必须灰化进样,分析后不能再作其它检测;后两种方法不损坏样品,灵敏度更高。但无论使用哪种方法,测定前都必须选用合适的清洗方法,清除外源性污染元素。常用的清洗方法有:(1)氨水清洗;(2)洗衣粉溶液清洗;(3)洗涤剂清洗<sup>[14]</sup>。

### 2.2.6 头发氨基酸测定

头发的蛋白质为变性的角化蛋白。目前已发现头发中有天冬氨酸、苏氨酸、胱氨酸等 20 多种氨基酸。头发中各种氨基酸的含量与年龄无明显的关系,但饮食、美容处理、环境等外界因素对头发氨基酸的含量有一定影响。深色头发胱氨酸含量高于浅色头发。头发氨基酸的测定,大多先用强酸或强碱消化头发。有人采用以 6NHCl 和 0.05%巯基乙醇在 115℃作用 20h 的方法水解头发<sup>[15]</sup>。Givaudan-Roure 公司以硫酸、二甲氨基丙甲醛和亚硝酸钠等消化头发,再以分光光度计测色氨酸含量,以 Spackman 法测胱氨酸、氨酸、磺基丙氨酸含量<sup>[16]</sup>。ISP 公司采用荧光分光光度计测色氨酸含量<sup>[17]</sup>。

### 2.2.7 头发损伤的评估方法

阳光的照射会引起头发中富含的二硫键断裂,据此原理 ISP 除采用荧光分光光度计测色氨酸分辨率外,还建立了另两种测定头发损伤的评估方法。一种

是汞溴红试验,即用汞溴红对头发进行染色,漂洗后用色度仪测色。二硫键受损伤被打开的头发能被染红。另一种是张力试验,即用张力仪评估头发弹性蛋白的损伤情况。

### 3、年龄、性别及各种理化因素对头发影响的研究现状

#### 3.1 年龄

新生儿的头发细而无髓质,毛小皮纹理整齐且相互平行,纹理线间距较宽。覆瓦状毛小皮薄而光滑,大致均匀,游离缘较平滑。少儿组毛干较新生儿组窄,纹理线疏密不一,毛小皮稍厚且大小不一。青年组毛干最粗,毛小皮纹理线大部平行,局部交叉,疏密不一,毛小皮较厚,大小不均。中年组毛干较青年组细,毛小皮纹理线部分不整齐,部分平行,部分交叉,间距接近青年组,纹沟较深,毛小皮厚,大小不一。老年组毛干较细,毛小皮纹理部分平行,部分交叉,间距宽,毛小皮大小不一,游离缘部分呈锯齿状,部分平滑。头发黑色素颗粒随年龄增加逐渐变粗,分布趋向密集,并聚成团块。但45岁以后,周边髓质开始破碎,色素颗粒日益萎缩直至消失。随着年龄的增长,头发截面积和髓质出现率增大,最大髓质直径增大。头发中锶、钙、锌含量减少而铁的含量升高<sup>[18]</sup>。

#### 3.2 性别

女性头发的截面短径、长径和面积指数小于男性。中青年组男性毛小皮游离缘微凸尖锐或较钝,女性则多为较钝或较为平滑。女性毛小皮纹理线比男性显著不规则。女性头发中锰、锶、铁含量高于男性。头发胱氨酸含量男性高于女性。

#### 3.3 阳光

阳光(尤其是其中的紫外线)对头发的照射可产生一系列负作用,如组织改变、明显干燥、丧失弹性、孔隙增大、膨胀率增加、染色吸收特性改变、头发天然颜色褪色等。其主要原因是光损伤后头发中富含的含硫氨基酸的二硫键被打开,例如胱氨酸变成了磺基丙氨酸。而芳香族氨基酸如色氨酸、酪氨酸可被光降解。

#### 3.4 pH值

头发的角蛋白有较强的抗酸作用,但过酸的环境使头发的膨润率增加,弹性系数降低,间接地影响头发对外力作用的抵抗能力和形变过程。在水蒸气和弱酸性(pH10.0以下)溶液中头发可延伸一倍,被延伸的头发可迅速恢复原有的长度。在强碱性溶液中,螺旋链遭到破坏,头发强度收缩可达原有长度的1/2,且不能复原。随浸泡时间的延长,毛小皮微凸微凹处

及部分游离缘的角化蛋白质溶解消失,如再升高碱溶液的温度,将加快头发蛋白质的溶解过程,乃至完全溶解消失。

#### 3.5 电烫及电吹风

头发的美容处理,如电吹风、电烫等也会对头发产生损伤。损伤变化和损伤严重程度与受热时的温度和受热时间有密切关系。当受热温度范围为100℃~180℃、受热时间10min~30min时,头发的基本变化是毛干外层出现明显的毛小皮透明带,皮质色素团块之间以及皮质和髓质之间的界线更加清晰。在200℃~230℃范围内,开始碳化过程。200℃加热10min,毛小皮透明带依然存在,但色素颗粒呈焦褐色,碳化断端呈喇叭口样微微张开,或出现向心收缩,头发不出现熔融和扩大的气泡。200℃温热30min时,头发出现较明显的碳化现象,毛小皮透明带结构消失,断端侧面原切割棱线呈圆滑的或伴有起伏的曲线样改变,头发内原有微型气泡融合扩大,在毛干内形成空腔,或经毛干薄弱部位逸出,头发质地变得较脆。240℃以上高温,头发基本碳化,直至灰化。美容过程中使用的电吹风等,温度可达160℃~200℃,头发经高温定型,尖端发生弯曲,可出现热损伤,近根端的损伤变化较轻。

#### 3.6 烫发剂

烫发剂对毛小皮有明显损伤,主要是使毛小皮崩裂、缺损。其损伤形态有三种:损伤呈碳酸钙乳石状,为乳石型;毛皮质隆起,中间形成空腔,为起泡型;损伤似从鳞片间界裂开,如龟裂状,为龟裂型<sup>[19]</sup>。

#### 3.7 染发剂

染发剂一般会使头发发生氧化-还原反应,现在流行的漂染剂更是一种化学性脱色剂,在脱色的同时改变头发的颜色。氧化剂对头发某些角质蛋白和色素成分有明显的氧化作用,偏碱性环境可增强这种氧化反应。市售的脱色剂多为碱性过氧化物,头发经脱色剂处理后各氨基酸含量可发生显著变化,如胱氨酸、蛋氨酸、酪氨酸含量明显降低,半胱氨酸相对含量明显升高<sup>[20]</sup>。

#### 3.8 重金属环境污染

目前发现的头发中的微量元素有20多种,包括钙、镁、锶、硼、铝、硅、钠、钾、锌、铜、锰、铁、银、金、汞、砷、铅、锡、铋、钨、钼、碘、磷、硒等。进入头发的各种金属元素极易与头发中的巯基结合,沉积于毛干之中,因而结合的元素不再被人体重新吸收或排泄出去。研究表明,青年白发者钴、锌、钙含量均低于正常

人群,脱发患者铜、铁、锰含量低,钙、镁、硒含量高。吸烟者头发中砷、钙、钴、铬、铅、镍含量明显高于不吸烟者<sup>[21]</sup>。

### 3.9 养发产品

现有的养发产品分为护发素、焗油膏和摩丝等。使用后使头发上残留少量的聚合物,形成一层光滑亲水的保护膜,修复损伤的毛小皮结构,滋养头发,使头发光亮、柔顺、蓬松<sup>[22]</sup>。

利用头发检验的研究成果为发用品的开发服务在国际上起步较晚,目前只有极少量这方面的资料。人们对于头发的认识更多地来源于法医学、生物学和环境科学等领域。但我们相信,随着发用品市场的日益繁荣,增加对头发各种性质的研究并应用于新产品开发终将成为趋势。

### 参考文献

- 1 贾静涛. 法医人类学, 1988
- 2 徐文龙. 毛发检验与个体识别, 安徽: 安徽科学技术出版社, 1992
- 3 李利华等. 药物滥用者毛发药物分析研究进展, 中国法医学杂志, 1996, 11(1): 60~3
- 4 Henderson. mechanisms of drug incorporation into hair. *Forensic Sci. Int.* 1993, 63: 19
- 5 Tobin, et al. morphological analysis of in vitro human hair growth. *Arch. Dermatol. Res.*, 1993, 285(3): 158~64
- 6 O'Connor, et al. atomic force microscopy of human hair cuticles: a microscopic study of environmental effects on hair morphology. *J. Invest. Dermatol.* 1995, 105(1): 96
- 7 T. A. Brettell, et al. forensic science. *Anal. Chem.*, 1993, 65: 293R~310R
- 8 詹重万等. 正常人头发的扫描电镜观察, 解剖学报, 1983, 14(3): 46
- 9 Peter Hossel, et al. scanning force microscopy. *C&T*, 1996, 114(4): 57~65
- 10 Bencko. use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. *Toxicology*, 1995, 101: 29~39
- 11 荆照政等. X射线荧光光谱测定人发中的镉硒砷铜镍铁锰铬. 理化检验(化学分册), 1988, 22(3): 361
- 12 冯秀文等. 原子吸收法同时测定人发中锌铁铜锰钾钙和镁. 光谱学与光谱分析, 1990, 10(5): 76~80
- 13 Chatterjee, et al. detection of structural and trace metal changes in scalp hair of radiographers. *Health Phys.*, 1993, 65(4): 351
- 14 Kiyoshi Inoue, et al. hair permeability. *C&T*, 1996, 111(4): 33
- 15 S. Sandhu, et al. a simple and sensitive technique, based on portein loss measurements, to assess surface damage to human hair. *J. Soc. Cosmet. Chem.*, 1993, 44: 163~75
- 16 Gonzenbach, et al. UV damage on human hair: a comparative study with 10 UV-filters. 19th IFSCC Congress, Volume 1, 41~52
- 17 J. Jachowicz, et al. photodegradation of hair and its photoprotection by a substantive photofilter. *DCI*, 1995, 12: 28~44
- 18 A. Sturaro, et al. the influence of color, age, and sex on the content of zinc, copper, nickel, manganese, and lead in human hair. *Biol. Trace. Elem. Res.* 1994, 40(1): 1~8
- 19 P. Busch, et al. testing permanent waves. *C&T*, 1996, 111(4): 41~54
- 20 A. G. Nicholson, et al. chemically induced cosmetic alopecia. *Bri. J. Derm.* 1993, 128: 537
- 21 Wolfsperger, et al. heavy metals in human hair samples from Austria and Italy: influence of sex and smoking habits. *Sci. Total. Environ.* 1994, 156(3): 235
- 22 A. De Smedt, et al. measurement of silicone deposited on hair. *C&T*, 1997, 2: 39~44

收稿日期: 1997-07-30

## The Research Methods and Present Status for Effects of Physicochemical Factor on Human Hair

Sun Xiaorong

(Shanghai Jahwa Corporation, Shanghai, 200082)

**Abstract:** It's a new field in the world applying the research findings of hair to develop hair-care products. This article reviewed biological characters of hair, research methods and status for influences of many physical and chemical factors on hair. It also introduced the development of hair research on forensic medicine, biology, environmental science and cosmetic science, etc.

**Keywords:** hair, biological character, physical and chemical factors