

# 皮肤防晒专家共识(2017)

中国医师协会皮肤科医师分会皮肤美容事业发展工作委员会

通信作者:李利,Email:hxsksincos2017@qq.com;刘玮,Email:lwei5811@aliyun.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.0412-4030.2017.05.002

日光使地球生物得以繁衍生息,是万物能源之根本。但过度的日光暴露不仅可导致皮肤光老化影响容貌,还可诱发或加剧各种光线相关的皮肤病,故减少日光过度暴露十分必要。为此,中国医师协会皮肤科医师分会皮肤美容事业发展工作委员会组织部分专家制定了本共识,用于临床医师在工作中指导患者和公众合理防晒。

## 一、日光照射与皮肤反应

地球表面的日光主要由波长 280 nm 以上的紫外区到 1mm 以内的红外区组成<sup>[1]</sup>,其中紫外线(ultraviolet/ultraviolet radiation, UV/UVR)约占 6%,可见光约占 52%,红外线约占 42%<sup>[2]</sup>。UV 对皮肤的危害早已得到共识,近年来可见光和红外线对皮肤的影响也逐渐受到关注。

### (一)UVR<sup>[1,3]</sup>:

1. 概念:UVR 波长在 100 ~ 400 nm。根据波长范围和生物学效应,UVR 分为以下 3 个波段:短波紫外线(UVC):波长 100 ~ 280 nm,穿透能力弱,全部被大气臭氧层吸收,不能到达地球表面。UVC 可以破坏细胞生物膜,损伤 DNA,杀灭微生物。医院用于消毒的紫外线灯就是人工 UVC 光源,操作时要注意防护。中波紫外线(UVB):波长 280 ~ 315 nm,可穿透大气层,占地表 UVR 的 5%,易被玻璃阻隔。能到达表皮基底层,生物学效应强,为 UVA 的 100 倍。长波紫外线(UVA):波长 315 ~ 400 nm,占地表 UV 的 95%,可再细分为 UVA1(315 ~ 340 nm)和 UVA2(340 ~ 400 nm)。UVA 穿透能力强,可透过薄衣物、玻璃等,并可穿过皮肤表皮,到达真皮层。

### 2. 皮肤反应:

(1) 红斑反应:即日晒红斑,为急性炎症反应。晒后 2 ~ 7 h 出现,12 ~ 24 h 达高峰,主要表现为日晒部位出现红斑、肿胀,重者发生水疱。自觉灼痛。数日后红斑消退,出现脱屑。浅肤色的人更易发生。作用光谱主要为 UVB。

(2) 皮肤黑化:即皮肤晒黑。表现为光照部位边界清晰的灰黑色斑,无自觉症状。根据色素出现

时间,可分为:即刻性黑化(immediate pigment darkening),照射过程中或照射后立即发生的灰黑色色素沉着,一般仅持续数分钟至 2 h。持续性黑化(persistent pigment darkening),随着 UVR 剂量加大,可与红斑反应重叠发生,为灰黑色或深棕色,高峰在 2 ~ 24 h,可持续数小时至数天。延迟性黑化(delayed tanning),照射后数日内发生,可持续数周至数月。即刻性黑化和持续性黑化是通过氧化黑素颗粒并输送到角质形成细胞而产生,作用光谱是 UVA 和可见光。延迟性黑化则由黑素细胞功能活跃,合成更多的黑素引起,作用光谱包括 UVB、UVA、可见光。

(3) 皮肤光老化:长期日光照射会加速皮肤衰老,这一变化主要由 UVA 引起。表现为光暴露部位皮肤粗糙、皱纹增多和色素加深,皮肤弹性降低,毛细血管扩张或增生、红斑形成。

(4) 免疫功能异常:皮肤受到紫外线照射后,不但可以引起照射部位发生皮肤光变态反应,还可以导致局部皮肤和全身免疫系统的功能异常。光线引起的免疫改变涉及免疫活性细胞、细胞因子、补体以及这些物质之间的相互作用,多种光线性疾病、光加剧皮肤病均与之有关。

(5) 光致癌:UVB 照射导致细胞核碱基结构改变,UVA 诱导细胞产生活性氧簇,引起细胞膜结构异常,DNA 变性,破坏脂质、蛋白质,导致光线性角化病、基底细胞癌、鳞状细胞癌、恶性黑素瘤等。

(二) 可见光和红外线:可见光是视觉能感知的电磁波(400 ~ 780 nm);红外线(780 nm ~ 1 000 μm)使人体感受到阳光的温暖。这两种光可到达皮肤真皮网状层至皮下组织,通过刺激血管扩张<sup>[4]</sup>或激活成纤维细胞膜表面的热感受器<sup>[5]</sup>,或通过活性氧簇途径影响线粒体能量转化,最终使胶原降解,血管形成,导致皮肤光老化<sup>[6-7]</sup>。

## 二、防晒功效标识

(一) 织物 UVR 防护:紫外线防护系数(ultraviolet protective factor, UPF)用于评价织物对

UVR的防护性能,通过计算皮肤无防护时与皮肤有织物防护时的紫外线照射平均效应的比值。UPF值越高防护效果越好(表1)。但UPF > 50以后,增加UPF值对人体防护效果的影响可以忽略不计。因此,我国纺织品的UPF值最高标识为50+。当UPF值 > 40,且UVA的透过率 < 5%时,可称为“防紫外线照射产品”。

表1 织物防紫外线照射指标

紫外线防护系数范围	防护分级	紫外线防护系数透过率(%)	紫外线防护系数等级
15 ~ 25	较好	6.7 ~ 4.2	15,20
25 ~ 39	非常好	4.1 ~ 2.6	25,30,35
40 ~ 50,50+	非常优异	≤ 2.5	40,45,50,50+

## (二)化妆品UVR防护:

1. 日光防护系数(sun protection factor, SPF):是评价防晒化妆品防止皮肤发生日晒红斑的能力。需要先测定UVR引起皮肤晒红的最小剂量,即最小红斑量(minimal erythema dose, MED)。SPF计算方式为:SPF = 使用防晒化妆品防护皮肤的MED/未防护皮肤的MED。SPF值越大,防日晒红斑效果越好。我国法规要求SPF的标识以产品实际测定的SPF值为依据。当产品的实测SPF值 > 50时,标识为SPF50+。

2. UVA防晒系数(protection factor of UVA, PFA):是评价防晒化妆品对皮肤晒黑的防护指标,计算方式如下:PFA = 使用防晒化妆品防护皮肤的MPPD/未保护皮肤的MPPD。MPPD即最小持续色素黑化量,为UV照射2~4h后,在照射部位皮肤上产生轻微黑化所需要的最小照射剂量或最短照射时间。根据所测PFA值的大小,标识产品防护UVA的等级(protection of UVA, PA),以反映产品防护UV晒黑的能力,标识方式:当PFA值 < 2,不得标识UVA防护效果;当PFA值为2~3,标识PA+;当PFA值为4~7,标识PA++;当PFA值8~15时,标识PA+++;当PFA值 ≥ 16时,标识PA++++。

3. 广谱防晒:当产品防晒光谱的临界波长(critical wavelength, CW) ≥ 370 nm时,产品可以标识具有广谱防晒效果。

4. 防水性能测定:户外活动出汗或水下作业时要求使用具有抗水性能的防晒产品。测试方法是人体皮肤经过40 min或80 min的反复循环水浸泡即抗水性试验后测定SPF值。

## 三、防晒措施<sup>[8]</sup>

(一)规避性防晒:2002年世界卫生组织(WHO)

提出紫外线指数(ultraviolet index, UVI),用以表示日光紫外线强度。通过计算UVR使人皮肤产生红斑反应的强度获得UVI值,范围在0~11+,最高值没有上限,数值越高对皮肤和眼睛的伤害越大。我国某些地区已将UVI作为气候预报的参数。一般中午时分UVI最高的时段,而春末和夏季是UVI最高的季节。海拔越高,UVI越强。海边沙滩、雪地、城市高层建筑的墙面或幕墙玻璃、汽车窗玻璃、地面硬化,如沥青/水泥路都会反射紫外线,从而增加UVI值。室外活动要注意规避UVI数值高的时段和地点,或在树荫、山坡阴面从事户外活动<sup>[9]</sup>。

(二)遮挡性防晒:遮阳伞、太阳帽和衣物等织物产品可直接遮挡日光。织纱密度越高、颜色越深、或加有防晒涂层,其紫外线吸收能力就越强,防晒效果越好。帽檐的边长最好在7.5 cm以上,才有较好的防晒效果。建议选购UPF > 25, UA透过率 < 5%标识的织物产品。眼睛是人体唯一的感光器官。急性光损伤可导致角膜炎、视网膜炎;慢性日光损伤使眼晶体浑浊,是造成白内障的主要原因,还可引起眼底黄斑变性、翼状胬肉<sup>[10]</sup>。应选购覆盖全部UV的遮阳镜,并尽量减少蓝光和紫光透过<sup>[3]</sup>。镜面足够宽大能完全遮盖眼睛和眉毛。镜片以深色为宜,但不宜过深以免影响视觉。

## (三)防晒化妆品:

1. 防晒剂:防晒剂是利用对光的吸收、反射或散射作用,以保护皮肤免受特定UV伤害的物质。国际上已开发了60多种防晒剂。在中国,批准使用的防晒剂有27种。见表2。随着对UV认识加深,新型防晒剂、天然植物萃取的防晒剂以及各种防晒增效剂正不断面市<sup>[11]</sup>。

(1)无机防晒剂<sup>[12]</sup>:又称物理UV屏蔽剂,这类物质主要通过反射、散射日光发挥防晒作用,如二氧化钛(TiO<sub>2</sub>)、氧化锌(ZnO)。近年研究发现,无机防晒颗粒具有类半导体性能,其内电子跃迁过程可选择性吸收UV而发挥防晒作用<sup>[13]</sup>。物理防晒剂防晒谱宽、相对光稳定、不易致敏,适用于敏感人群。缺点是不易涂抹,不透明、影响美观。TiO<sub>2</sub>作用光谱与其颗粒大小有关<sup>[14]</sup>。通常无机防晒剂颗粒直径越小,可吸收波长越短,作用范围越窄。如纳米化TiO<sub>2</sub>具有高折光性和高光活性,透明性好,但反射、散射作用减弱、吸收波长变短。TiO<sub>2</sub>颗粒偏大则作用光谱右移,尽管对UV的防护减弱,但同时对可见光和红外线有一定防护作用。

(2)有机防晒剂<sup>[12]</sup>:又称化学性UV吸收剂,绝

大部分有机防晒剂都含有芳香基团,苯环上基团的改变可影响防晒剂的光谱特性。这类物质可选择性吸收UV而发挥防晒作用。吸收UVB的防晒剂主要有水杨酸盐及其衍生物、肉桂酸酯类等;吸收UVA的有丁基甲氧基二苯甲酰基甲烷等;对两者兼可吸收的有二苯甲酮及其衍生物等。有机防晒剂质地轻薄,透明感好。传统的有机防晒剂光稳定性不如无机防晒剂,且易透皮吸收、有一定致敏性,可能会导致接触致敏和光致敏作用。近年来,大量新型有机防晒剂上市,这些防晒剂克服了传统有机防晒剂的缺点,通过异构化、微粒化等方式显著提高防晒剂溶解性、光稳定性,且不易透皮吸收,安全有效,备受市场青睐<sup>[11]</sup>。

(3)抗氧化剂:对日光没有直接吸收或反射作用,但加入化妆品后可提高皮肤抗氧化能力,起到间接防晒作用,包括维生素C/E、β胡萝卜素、金属硫蛋白、超氧化物歧化酶(SOD)、花青素、四氢甲基嘧啶羧酸(ectoin)以及甘草、芦荟、绿茶、三七、葡萄籽等众多植物提取物<sup>[15]</sup>。各类防晒剂各有利弊,为了同时覆盖UVB和UVA,兼顾安全和良好的皮肤使用特性,故多数的防晒化妆品都是不同作用机制的原料复配。

2. 优质防晒化妆品的特点<sup>[11,16]</sup>:防晒效果确切,防晒光谱涵盖UVA和UVB;安全性和耐受性高,不易产生刺激和过敏;产品对光稳定,不使衣物着色;易于涂抹,透气性好。

3. 防晒化妆品类型与特点<sup>[11]</sup>:乳化型是最常见的类型,防晒剂原料易于分散,产品基质稳定,更容易制备高SPF值产品,其中油包水型(W/O)耐水性能好,而水包油型(O/W)使用感更好。防晒油皮肤附着性好,防水效果突出,但使用起来比较黏腻。凝胶型使用感好,受消费者喜爱。喷雾剂使用方便,感觉清爽,但防晒效果不稳定,耐水性较差。气溶胶型如防晒摩丝涂抹面积较大,也无油腻感。摩丝抛射剂蒸发所带来的凉爽感觉更适合在夏季使用。缺点是在夏季高温中有高压气体泄漏的风险。固体型防晒剂主要见于彩妆如粉饼、粉底、口红等,更容易添加高比例的TiO<sub>2</sub>、ZnO。其他粉质原料如滑石粉、云母等也有物理遮挡作用,所以这类产品有较好的防晒效果。

(三)系统性光保护剂<sup>[3,17]</sup>:口服药物或食物补充剂,通过对抗光氧化损伤、修复细胞膜和DNA、减少炎症反应等途径,减轻光损伤。食物:胡萝卜素(β胡萝卜素、花青素、番茄红素、叶黄素)、多酚(类

黄酮、白藜芦醇)、青石莲萃取物、益生菌、硒、大豆异黄酮、巧克力、咖啡因、必需脂肪酸等。药物:维生素C/E、烟酰胺、非甾体抗炎药(乙酰水杨酸、布洛芬、吲哚美辛)、抗疟药、糖皮质激素等。黑素细胞刺激素(α-MSH)类似物通过使皮肤黑化减少日光照射损伤,是新型的系统光保护剂<sup>[18]</sup>。系统性光保护剂可在日晒前、或光感性患者在夏季到来前使用,以增强皮肤对UV的耐受力。日晒后使用以治疗照射造成的皮肤损伤。视具体情况,可单用或联合使用上述物质数周到数月。相反,另一些药物或食物具有光感性。药物如四环素类、喹诺酮类、雌激素类、马来酸氯苯那敏、苯海拉明、维A酸类等;食物如灰菜、茴香、苋菜、芹菜、无花果、芒果、菠萝、木瓜等。在阳光下长时间活动时应注意避免食用或接触光感性物质。

#### 四、防晒化妆品选择与应用

按照WHO建议,当UVI < 2时,不需要防晒<sup>[19]</sup>。一般室外活动,使用衣帽、伞、太阳镜等遮盖性防晒,尽量避免体表直接暴露于阳光下。防晒类化妆品是最常用最有效方法,应遵循以下建议,合理地选择和使用。

##### (一)一般原则<sup>[20]</sup>:

1. 防晒参数的选择:室内活动:在没有紫外光源的室内活动,不需要使用防晒产品;室内可能受到UV照射的活动(靠窗、接触较强紫外光源、强荧光灯、驱蚊灯、娱乐场所的霓虹灯光等),选择SPF15/PA+以内的产品。室外活动:要根据所处地区、季节、当日UVI和室外活动时间长短做适当选择:阴天或树荫下的室外活动,选择SPF15~25/PA+~++;直接在阳光下活动,选择SPF25~30+/PA++~+++;高强度UV:雪山、海滩、高原等环境,或春末、夏季阳光下活动,使用SPF50+/PA++++;如活动涉及出汗或水下工作,应选择防水抗汗类产品。

2. 涂擦时间、剂量与频率<sup>[21]</sup>:在出门前15 min涂擦产品。一般产品需每隔2~3小时重复涂擦。涂擦量以1分币大小产品涂敷于全面部为宜。具体的涂擦时间和频率遵照防晒产品说明书。

3. 部位:全身曝光部位均需涂擦防晒产品。尤其头顶头发稀少、耳廓暴露的人群,要特别注意涂擦。下唇易受日光损伤,要注意使用有防晒功效的唇膏。UVR易导致毛发干枯粗糙,失去弹性和光泽,可用防晒摩丝。

4. 清洗:脱离光照射环境可以洗掉防晒产品。

一般防晒产品,清水或洗面奶即可洗净。抗汗防水性产品则需更仔细彻底清洁,或借助卸妆产品。清洁后涂搽保湿剂。

(二)特殊人群:

1. 婴幼儿<sup>[11,22]</sup>:为了避免婴幼儿过度防晒而导致维生素D缺乏,可以每天1~3次日光浴,每次10 min左右,即可满足1天维生素D需要量,但需避开UV最强的上午10:00至下午4:00。特殊情况可通过食物、药物等补充维生素D需要量<sup>[23]</sup>。 <6个月的婴儿皮肤娇嫩,体表面积与体重的比值较高,涂抹防晒产品后,不良反应风险较高,因此不建议使用。应通过避免阳光照射,衣物等遮盖防晒。6个月至2岁仍然以衣物遮盖防晒为主,也可挑选SPF10/PA+以内的物理性防晒产品,以霜剂或粉质产品为宜。即使涂抹了防晒产品也不宜在强烈阳光下活动。户外活动时应避开UV强的时段,或当儿童在阳光下的阴影长度短于身高期间都不宜室外活动。由于有致皮肤癌的风险,禁止 <18岁青少年使用晒黑产品。

2. 老年人:骨质疏松高发的人群可接受适宜的阳光照射。但合理的防晒措施可减缓皮肤衰老,预防皮肤肿瘤的发生。因此长时间在阳光下活动,仍需采取一定的防晒措施。

3. 孕妇:妊娠过程中使用防晒剂,除一般的皮肤保护作用外,还可减少黄褐斑发生率或阻止妊娠期皮损进一步加重。防晒产品使用方法同正常人,但防晒剂配方应更加简单,风险评估要求更高<sup>[17]</sup>。

五、光线相关性皮肤

病与防晒

光线相关性皮肤病包括:遗传性光皮肤病、光敏性皮肤病(如光接触性皮炎等)、光加剧皮肤病(如黄褐斑、红斑狼疮、玫瑰痤疮、痤疮)、光线性角化病、皮肤基底细胞癌等。光线相关性皮肤病都应减少光暴露。采取光遮盖措施如打伞、戴太阳帽、太阳镜等。尽量避免光敏性食物/药物。限于篇幅,不在此赘述光皮肤病治疗,仅就防晒产品的选择做简要介绍。

表2 中国化妆品准用防晒剂

中文名称	英文名称	功效 <sup>a</sup>	限用浓度
3-亚苄基樟脑	3-Benzylidene camphor	UVB	2%
4-甲基苄亚基樟脑	3-(4'-Methylbenzylidene)-dl- camphor	UVB	4%
二苯酮-3	Oxybenzone(INN)	UVA/B	10%
二苯酮-4 二苯酮-5	2-Hydroxy-4-methoxybenzophenone-5-sulfonic acid and its sodium salt	UVA/B	总量5% (以酸计)
亚苄基樟脑磺酸及其盐类	Alpha-(2-oxoborn-3-ylidene)-toluene-4-sulfonic acid and its salts	UVB	总量6% (以酸计)
双-乙基己氧苯酚甲氧苯基三嗪	2,2'-(6-(4-Methoxyphenyl)-1,3,5-triazine-2,4-diyl)bis(5-((2-ethylhexyl)oxy)phenol)	UVA/B	10%
丁基甲氧基二苯甲酰基甲烷	1-(4-Tert-butylphenyl)-3-(4-methoxyphenyl)propane-1,3-dione	UVA	5%
樟脑苯扎铵甲基硫酸盐	N,N,N-trimethyl-4-(2-oxoborn-3-ylidenemethyl)anilinium methyl sulfate	UVB	6%
二乙氧羧基苯甲酰基苯甲酸己酯	Benzoic acid, 2-(4-(diethylamino)-2-hydroxybenzoyl)-,hexyl ester	UVA	10%
二乙基己基丁酰胺基三嗪酮	Benzoic acid, 4,4'-((6-(((1,1-dimethylethyl)amino)carbonyl)phenyl)amino)1,3,5-triazine-2,4-diyl)diimino)bis-, bis-(2-ethylhexyl) ester	UVB	10%
苯基二苯并咪唑四磺酸酯二钠	Disodium salt of 2,2'-bis-(1,4-phenylene)1H-benzimidazole-4,6-disulfonic acid	UVA	10% (以酸计)
甲酚曲唑三硅氧烷	Phenol, 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-methyl-6-(2-methyl-3-(1,3,3,3-tetramethyl-1-(trimethylsilyl)oxy)-disiloxanyl)propyl	UVA/B	15%
二甲基 PABA 乙基己酯	4-Dimethyl amino benzoate of ethyl-2-hexyl	UVB	8%
甲氧基肉桂酸乙基己酯	2-Ethylhexyl 4-methoxycinnamate	UVB	10%
水杨酸乙基己酯	2-Ethylhexyl salicylate	UVB	5%
乙基己基三嗪酮	2,4,6-Triamino-(p-carbo-2'-ethylhexyl-1'-oxy)-1,3,5-triazine	UVB	5%
胡莫柳酯	Homosalate(INN)	UVB	10%
对甲氧基肉桂酸异戊酯	Isopentyl-4-methoxycinnamate	UVB	10%
亚甲基双-苯并三嗪基四甲基丁基酚	2,2'-Methylene-bis(6-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethyl-butyl)phenol)	UVA/B	10%
奥克立林	2-Cyano-3,3-diphenyl acrylic acid, 2-ethylhexyl ester	UVB	10% (以酸计)
PEG-25 对氨基苯甲酸	Ethoxylated ethyl-4-aminobenzoate	UVB	10%
苯基苯并咪唑磺酸及其钾、钠和三乙醇胺盐	2-Phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid and its potassium, sodium, and triethanolamine salts	UVB	总量8% (以酸计)
聚丙烯酰胺甲亚苄基樟脑	Polymer of N-((2 and 4)-[(2-oxoborn-3-ylidene) methyl]benzyl) acrylamide	UVB	6%
聚硅氧烷-15	Dimethicodiethylbenzalmalonate	UVB	10%
对苯二亚甲基二樟脑磺酸及其盐类	3,3'-(1,4-Phenylenedimethylene)bis(7,7-dimethyl-2-oxobicyclo-[2.2.1]hept-1-yl-methanesulfonic acid) and its salts	UVA	总量10% (以酸计)
二氧化钛	Titanium dioxide	UVA/B	25%
氧化锌	Zinc oxide	UVA/B	25%

注:资料来自国家食品药品监督管理局《化妆品卫生技术规范》2015版。<sup>a</sup>:Shaath NA. Ultraviolet filters[J]. Photochem Photobiol Sci, 2010, 9(4): 464-469.

1. 针对 UV 作用光谱, 选择防晒剂。由于大多数光皮肤病与 UVB 和 UVA 均相关, 应尽量选择广谱防晒产品。

2. 光线性皮肤病如慢性光化性皮炎、光线性痒疹等, 皮肤增厚苔藓化, 干燥, 在避光防晒、系统光保护治疗的同时, 要特别注意使用保湿剂。增加皮肤的水合作用, 促进皮肤屏障修复, 可以起到事半功倍的效果。

3. 光加剧皮肤病如敏感性皮肤、玫瑰痤疮红斑期等, 皮肤屏障受损, 对环境耐受减低, 易于过敏。应选择无乙醇、无香料、无高致敏性原料的配方, 含有保湿和舒缓功效成分。在使用新的防晒产品前, 必须先做皮肤试用试验, 证明安全后方可正常使用<sup>[24]</sup>。

4. 多形性日光疹、日晒伤, 急性期皮肤红肿、水疱、丘疹甚至有渗液时, 应先予抗炎抗过敏的药物, 待急性炎症缓解后再使用防晒剂。

5. 色素沉着如黄褐斑或炎症后色素沉着, 防晒应作为一线治疗措施。色素减退如白癜风, 皮损缺乏黑素的保护易导致急性光损伤, 因此需要宽波段的防晒剂。

志谢 瑞士西北应用科学与艺术大学药学专家 Dr. Myriam Sohn

参与共识起草专家名单(以姓氏笔画为序) 王秀丽(上海市皮肤病性病医院)、朱学骏(北京大学第一医院)、刘玮(解放军空军总医院皮肤病医院)、李利(四川大学华西医院)、李恒进(解放军总医院海南分院)、何黎(昆明医科大学第一附属医院云南省皮肤病医院)、赖维(中山大学附属第三医院)、谢红付(中南大学湘雅医院)

主要执笔者 李利 刘玮

## 参 考 文 献

- [1] 李利. 美容化妆品学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 177-193.
- [2] Zastrow L, Groth N, Klein F, et al. The missing link-- light induced (280-1,600 nm) free radical formation in human skin. [J]. Skin Pharmacol Physiol, 2009, 22(1): 31-44. DOI: 10.1159/000188083.
- [3] Jansen R, Wang SQ, Burnett M, et al. Photoprotection: part I. Photoprotection by naturally occurring, physical, and systemic agents. [J]. J Am Acad Dermatol, 2013, 69(6): 668-674. DOI: 10.1016/j.jaad.2013.08.021.
- [4] Mahmoud BH, Ruvolo E, Hexsel CL, et al. Impact of long-wavelength UVA and visible light on melanocompetent skin [J]. J Invest Dermatol, 2010, 130(8): 2092-2097. DOI: 10.1038/jid.2010.95.
- [5] Krutmann J, Morita A, Jin HC. Sun Exposure: What Molecular Photodermatology Tells Us About Its Good and Bad Sides [J]. J Invest Dermatol, 2012, 132(3): 976-984. DOI: 10.1038/jid.2011.394.
- [6] Grether-Beck S, Marini A, Jaenicke T, et al. Photoprotection of human skin beyond ultraviolet radiation [J]. Photodermatol Photoimmunol Photomed, 2014, 30(2-3): 167-174. DOI: 10.1111/phpp.12111.
- [7] Dupont E, Gomez J, Bilodeau D. Beyond UV radiation: a skin under challenge [J]. Int J Cosmet Sci, 2013, 35(3): 224-232. DOI: 10.1111/ics.12036.
- [8] Cohen LE, Grant RT. Sun protection: current management strategies addressing UV exposure [J]. Clin Plast Surg, 2016, 43(3): 605. DOI: 10.1016/j.cps.2016.03.006.
- [9] Correa Mde P. Solar ultraviolet radiation: properties, characteristics and amounts observed in Brazil and South America [J]. An Bras Dermatol, 2015, 90(3): 297-313. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20154089.
- [10] 丁辰, 蔡建民. 紫外线辐射对眼的损伤效应 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2016, 36(2): 149-153. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.02.014.
- [11] Jansen R, Osterwalder U, Wang SQ, et al. Photoprotection: part II. Sunscreen: development, efficacy, and controversies [J]. J Am Acad Dermatol, 2013, 69(6): 867.e1-14. DOI: 10.1016/j.jaad.2013.08.022.
- [12] Shaath NA. Ultraviolet filters [J]. Photochem Photobiol Sci, 2010, 9(4): 464-469. DOI: 10.1039/b9pp00174c.
- [13] Osterwalder U, Sohn M, Herzog B, et al. Global state of sunscreens [J]. Photodermatol Photoimmunol Photomed, 2014, 30(2-3): 62-80. DOI: 10.1111/bhpp.12112.
- [14] Sayer RM, Staniland P, Stansfield GL, 等. 广谱光稳定的无机防晒剂对保护皮肤免受由 UV 和近 UV 光引起的自由基损伤的预防 [C]. 北京: 中国化妆品学术研讨会, 2014.
- [15] Tuong W, Kuo S, Sivamani RK. Photoprotective effect of botanicals and vitamins: a systematic review of clinical trials [J]. J Dermatol Treat, 2015, 26(6): 1-13. DOI: 10.3109/09546634.2015.1027647.
- [16] Xu S, Kwa M, Agarwal A, et al. Sunscreen product performance and other determinants of consumer preferences [J]. JAMA Dermatol, 2016, 152(8): 920-927. DOI: 10.1001/jamadermatol.2016.2344.
- [17] Schalka S, Steiner D, Ravelli FN, et al. Brazilian consensus on photoprotection [J]. An Bras Dermatol, 2014, 89(6 Suppl 1): 1-74. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20143971.
- [18] Langan EA, Nie Z, Rhodes LE. Metanotropic peptides: more than just 'Barbie drugs' and 'sun-tan jabs'? [J]. Br J Dermatol, 2010, 163(3): 451-455. DOI: 10.1111/j.1365-2133.2010.09891.x.
- [19] Repacholi MH. Global Solar UV Index [M]. Encyclopedia of Public Health. Springer Netherlands, 2008: 500-500.
- [20] 王允贞. 法国健康产品卫生安全局向消费者提出正确使用防晒品的建议 [J]. 中国化妆品行业, 2013, (13): 82-87.
- [21] Sambandan DR, Ratner D. Sunscreens: an overview and update [J]. J Am Acad Dermatol, 2011, 64(4): 748-758. DOI: 10.1016/j.jaad.2010.01.005.
- [22] Gefeller O, Uter W, Pfahlberg AB. Protection from ultraviolet radiation during childhood: the parental perspective in bavaria [J]. Int J Environ Res Public Health, 2016, 13(10): 1011. DOI: 10.3390/ijerph13101011.
- [23] Sage RJ, Lim HW, Lim HW. Recommendations on photoprotection and vitamin D [J]. Dermatol Ther, 2010, 23(1): 82-85. DOI: 10.1111/j.1529-8019.2009.01293.x.
- [24] Del Rosso JQ, Thiboutot D, Gallo R, et al. Consensus recommendations from the American Acne & Rosacea Society on the management of rosacea, part 2: a status report on topical agents [J]. Cutis, 2013, 92(6): 277-284.

(收稿日期: 2017-03-27)  
(本文编辑: 吴晓初)