

· 指南与共识 ·

# 微生态护肤改善皮肤状态的临床价值 专家共识(2024)

上海日用化学品行业协会

**[摘要]** 微生态护肤作为一种新的护肤思路 and 方案,受到整个日化行业的普遍关注,但化妆品法规对此尚无明确规定。本专家共识基于国内外相关研究进展以及临床应用经验,对微生态护肤的定义范畴、与皮肤疾病的关系、微生态检测方案、临床价值和科学宣称,逐一进行了相关的梳理,以期提高对于微生态护肤的认识,并推动微生态护肤的临床持续发展。

**[关键词]** 皮肤微生态; 微生态护肤; 化妆品功效; 临床价值; 应用; 共识

**[中图分类号]** R 751 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-7089(2024)06-0591-06  
**[DOI]** 10.13735/j.cjdv.1001-7089.202401088

## Expert Consensus on Clinical Value of Microbiome Skin Care in Improving Skin Condition

Shanghai Daily Chemical Industry Association

**[Corresponding author]** YUAN Chao, E-mail: dermayuan@163.com; CHEN Tian, E-mail: chentian820@163.com

**[Abstract]** As a new skin care solution, microbiome skin care has been widely concerned by the whole chemical industry, but there are no clear cosmetics' regulations. Based on the latest research advancements and clinical experience both domestically and internationally, this expert consensus comprehensively outlines the definition of microbiome skin care, its relationship with skin diseases, microbiome testing scheme, clinical value and scientific claims one by one, aiming to enhance the understanding of microbiome skin care and promote the sustainable clinical development of microbiome skin care.

**[Key words]** Skin microbiome; Microbiome skin care; Cosmetic efficacy; Clinical value; Application; Consensus

近些年,皮肤微生态的相关研究获得广大皮肤科医生的关注,微生态护肤也是整个日化行业关注的新思路和新方案,更成为皮肤科医生解决很多临床问题的选择方案之一。尽管化妆品法规对于微生态护肤尚未有明确定义,但关注度却日益提高:有认为这个属于新功效宣称,也有认为皮肤微生态是一种重要的护肤途径,其途径产生的结果可能是修护、保湿、舒缓或抗皱、紧致等,而且很多皮肤疾病的发生、发展和微生态的状况密切相关。皮肤科医生非常有必要对此进行更多了解。直到目前为止,微生态护肤的定义、科学性、应用范围以及检测方法,还存在很多需要明确的细节。为此,上海日用化学品行业协会邀请了业内相关专家,包括皮肤科医生、毒理学家、基础研究学者、检验人员、护肤品研发学者等,一起参与并共同制定了“微生态护肤改善皮肤状态的临床价值专家共识”,旨在帮助相关从业人员对微生态护肤建立科学认识、进行合理应用、开展规范检测,并合法合规宣称。

**[基金项目]** 上海市药品监督管理局专项课题(ZX-2024-02)

**[通信作者]** 袁超, E-mail: dermayuan@163.com; 陈田, E-mail: chentian820@163.com

<http://pfbxzz.paperopen.com>

本专家共识以我国化妆品法规和相关标准为指导,重点阐述了皮肤微生态、微生态屏障和微生态护肤的定义,介绍了皮肤微生态关联度较高的皮肤疾病,整合了检测行业内认可的微生态检测方法,希望能更好地帮助微生态护肤科学发展。

## 1 皮肤微生态和微生态护肤

**1.1 皮肤微生态的定义** 皮肤微生态是指皮肤表面全部微生物及其遗传信息和功能的集合,这里不单包括微生物本身,也包括了微生物与宿主或环境之间的相互作用和进化关系,三者相互作用和相互制约,构成稳定的皮肤微生态状况。

**1.2 微生态皮肤屏障** 皮肤是人体最大的器官,也是抵御外界病原体或其他有害因素的第一道防线。皮肤科医生早期最关注的“砖泥结构”是物理屏障的基础,但皮肤同时还存在着化学屏障、微生物屏障和免疫屏障。随着对于皮肤屏障功能的多维度认识,微生物屏障已成为皮肤屏障的重要组成部分<sup>[1]</sup>。

正常皮肤表面呈弱酸性、湿度低、盐分高,而且富含免疫球蛋白、抗菌肽、游离脂肪酸,同时由于角质形成细胞的持续代谢更新,皮肤表面的微生物也会定期从皮肤上清除。但即便如此,皮肤表面和皮肤附属器,如毛囊、皮脂腺和汗腺等,每平方厘米存在着  $10^6$  个细菌。因此,皮肤微生态在其微生物组成和数量方面具有一定的稳定性,这种稳定性是通过微生物之间以及微生物与宿主之间的互利共生关系来维持的<sup>[2]</sup>。

值得一提的是,尽管皮肤微生态具有相对稳定性,但随着年龄、气候、紫外线照射、工作环境、生活方式、睡眠压力、药物使用等因素的变化,微生态会发生缓慢变化。而系统性疾病、发热、抗生素治疗、急性损伤等因素会导致微生态迅速变化,当诱发因素消失后,微生物群可能再次恢复到“基线”状态。具备这种“自稳”功能的皮肤屏障,是较为健全的皮肤微生态屏障,它的存在有助于防止病原体在皮肤表面定植,微生物定植的改变可及时触发化学屏障的变化,再对局部炎症环境进行调控,进一步激活免疫细胞功能,维护皮肤恢复到健康状况<sup>[3]</sup>。

**1.3 微生态护肤** 微生态护肤是指通过调节皮肤表面微生物群落的平衡,从而达到维持皮肤的健康状态和功能稳定的目的。这一功能达成的核心在于促进有益微生物的生长,抑制有害微生物的繁殖,增强皮肤的自然防御能力,以维持和优化皮肤微生态的平衡。通过这些作用,微生态护肤的目标是改善皮肤的整体健康状况,辅助减少皮肤发生炎症相关的问题,如敏感、痤疮、特应性皮炎等,从而实现皮肤健康和外观的提升。

## 2 健康皮肤的维持与皮肤微生态密切相关

深入研究皮肤生理参数和皮肤微生态,以及相关的皮肤征象指征,对于健康皮肤的维持和皮肤疾病的早期干预非常重要。早在 2012 年,一项基于上海女性不同部位皮肤微生态的研究发现:常见皮肤微生物的分布、生物标志物和皮肤生理参数密切相关,皮肤微生物分布与皮肤屏障功能、皮脂及含水量等显著相关,且与暴露状态共同形成了宿主微环境,其中 pH 值在平衡生态系统中起着重要的调节作用,特别是在非暴露部位<sup>[4]</sup>。

随着皮肤微生态研究的深入,研究者<sup>[5]</sup>发现经典的保湿成分“甘油”,在发挥其修护功效时,是有微生态的重要参与的:皮肤表面的表皮葡萄球菌(*Staphylococcus epidermidis*, *S. epidermidis*)可以发酵甘油,产生不同的有机脂肪酸,抑制病原菌生长;与此同时发酵过程中还能产生乳酸,乳酸可上调丝聚蛋白、鞘磷脂磷酸二酯酶-1 基因表达,利于皮肤屏障的修护。

敏感性皮肤作为一种亚健康皮肤状况,一直也是皮肤微生态研究的关注重点。有研究证实:敏感性皮肤表面的金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, SA)丰度一定程度内增加,而表皮葡萄球菌丰度明显降低,且敏感性皮肤的发生与表皮葡萄球菌显著减少有关<sup>[6]</sup>。另一项针对上海女性的研究发现:敏感性皮肤和非敏感性皮肤在皮肤微生物多样性和丰富度方面有着显著性差异,并且这个差异跟皮肤表面纹理参数和皮肤屏障参数密切相关<sup>[7]</sup>。

## 3 皮肤疾病和微生态

皮肤微生态与很多炎症性皮肤病的发生和发展密切相关,这里选择并重点讨论特应性皮炎、银屑病、痤疮和玫瑰痤疮<sup>[8-9]</sup>。

**3.1 特应性皮炎(atopic dermatitis, AD)** AD 患者皮肤菌群的变化表现为某些微生物增多,而微生物的多样性降低,其中,表皮葡萄球菌优势定植,为主要的致病菌,与 AD 的发生发展密切相关<sup>[10]</sup>。Meta 分析显示,

<http://pfbxzz.paperopen.com>

表皮葡萄球菌在 AD 患者皮损处的定植率为 70% ,在非皮损处为 39% ,并且随着 AD 严重程度的增加 ,表皮葡萄球菌的定植率增加。表皮葡萄球菌可产生蛋白酶(cathelicidin LL-3791)将抗菌肽裂解,阻止其降解细菌,促进炎症的发生。同时,表皮葡萄球菌分泌的丝氨酸蛋白酶可降解角质形成细胞间的桥粒芯蛋白-1 和丝聚蛋白,破坏皮肤屏障<sup>[11]</sup>。

有研究发现,使用添加了线状透明颤菌的润肤剂,可以减少 AD 复发率并降低严重程度<sup>[12]</sup>。具有感染特异性的噬菌体相比于抗生素,针对性更强,且不会产生耐药<sup>[13]</sup>。Staphfect 是商品化的重组噬菌体内毒素,是一种针对细菌的细胞壁水解酶,皮肤局部用药可选择性根除金黄色葡萄球菌定植,缓解传统治疗无效的 AD 皮损症状<sup>[14]</sup>。

**3.2 银屑病** 与正常人相比,银屑病患者皮肤中表皮葡萄球菌和链球菌丰度升高,表皮葡萄球菌、丙酸杆菌和棒状杆菌丰度下降。皮肤生态的改变可与抗菌肽、Toll 样受体等先天性免疫相互作用,刺激 T 细胞群,产生免疫级联反应<sup>[15]</sup>。而且,银屑病患者皮肤微生物群多样性的减少可能是罹患关节炎风险升高的重要标志之一,因此调节皮肤微生态有可能成为改善或避免疾病恶化的重要途径之一<sup>[16]</sup>。

**3.3 寻常痤疮** 近年来研究发现,痤疮患者皮肤表面痤疮丙酸杆菌(*Propionibacterium acnes*, *P. acnes*)较健康人未见明显增殖,但患者皮肤表面痤疮丙酸杆菌菌株种类和丰度失调,主要表现为 IA1 型的痤疮丙酸杆菌增加,其次为 IA2 型<sup>[17]</sup>。痤疮相关的痤疮丙酸杆菌会激活自身免疫、诱导 CD4<sup>+</sup> T 细胞反应,激活 Th17 细胞并诱导干扰素  $\gamma$  的产生<sup>[18]</sup>。健康皮肤相关的痤疮丙酸杆菌菌株可用作外用益生菌治疗或预防方案,用以替代痤疮相关或其他机会感染型痤疮丙酸杆菌<sup>[19]</sup>。同时还可以将健康皮肤相关的痤疮丙酸杆菌与只针对痤疮相关痤疮丙酸杆菌的噬菌体联合,以溶解宿主痤疮相关的菌株,促进患者表皮菌群恢复正常。表皮葡萄球菌与痤疮丙酸杆菌之间相互作用对于维持皮肤稳态也有重要作用,表皮葡萄球菌可以抑制痤疮丙酸杆菌的增殖及其引起的炎症反应,还可以抑制其诱导角质形成细胞产生 IL-6 和 TNF- $\alpha$ <sup>[20]</sup>。

**3.4 玫瑰痤疮** 玫瑰痤疮已被报道与皮肤表面微生物如痤疮丙酸杆菌、表皮葡萄球菌、奥列轮芽杆菌(*Bacillus oleronius*)和毛囊蠕形螨(*Demodex folliculorum*, DF)有关。研究表明,玫瑰痤疮患者面部毛囊蠕形螨数量明显增多。毛囊蠕形螨主要通过 Toll 样受体(Toll-like receptor, TLR)诱导细胞介导免疫及炎症反应参与玫瑰痤疮的发病,其所携带的细菌如奥列轮芽杆菌也可参与玫瑰痤疮发病<sup>[21]</sup>。玫瑰痤疮患者皮肤中表皮葡萄球菌的生长较健康皮肤明显增加,研究发现,从玫瑰痤疮患者皮肤分离的表皮葡萄球菌菌株在 37 °C 时比在 30 °C 时产生更多的具有  $\beta$ -凝乳酶活性的蛋白,而在健康对照中未发现,这些蛋白可能作为毒力因子参与玫瑰痤疮发生<sup>[21]</sup>。痤疮丙酸杆菌丰度减少也可能在玫瑰痤疮的发病机制中起作用,研究发现,红斑毛细血管扩张型和丘疹脓疱型玫瑰痤疮患者皮肤中痤疮丙酸杆菌的相对丰度均显著降低<sup>[22]</sup>。

#### 4 与皮肤微生态相关的检测

与皮肤微生态相关的检测,主要是皮肤表面的微生物的检测,其过程包括方案设计、样本准备、分类鉴定和功能分析等步骤。目前皮肤微生态采集工具主要有皮肤拭子和皮肤胶带等表层取样工具,以及组织活检和微针穿刺<sup>[23]</sup>等皮肤深层取样工具。取样时要注意避免样本相互之间、样本与环境之间的交叉污染;其次需要采集环境阴性和阳性参照物作为对比分析参照。另外,需要选择恰当的样本储存方法,包括最佳储存温度、时间、合适的缓冲溶液等<sup>[24]</sup>。

传统的微生物鉴定方法是通过设计特定的选择性培养基对微生物进行培养后,以微生物的形态学、生理学或生态学特征作为分类依据的方法。现代方法则是在核酸和蛋白水平上结合数学统计学和计算生物学的鉴定方法。分析微生物组成时基于培养的传统方法,最大的限制条件是需要获得纯的活体培养物,这就容易造成分析结果中特定微生物种类的缺漏。而基于高通量测序的现代分析方法可以有效解决这一难题,且高通量测序方法还可以进行微生物种群结构、基因功能活性、微生物之间的相互协作关系以及微生物与环境之间的关系分析等研究<sup>[25]</sup>。同时,结合多组学检测技术,还可以更深入地探索皮肤微生物与疾病发生发展的作用机制<sup>[26]</sup>。

高通量测序方法已得到了广泛的应用,测序类型主要包括 16S rRNA 高度可变区扩增子测序和宏基因组 shot-gun 测序,前者可以获得微生态群落物种组成和丰度,后者可以通过群落宏基因组研究物种组成和功能基因。基于测序数据可对微生物群落差异进行深入分析,其中 Alpha 多样性分析,用以评估样本内多样

性,常用的度量指标有 Chao1 丰富度估计量(Chao1 richness estimator)、香农-威纳多样性指数(Shannon-wiener diversity index)和辛普森多样性指数(Simpson diversity index)等;Beta 多样性分析则是用来评估样本间差异的,常用如主坐标轴分析(PCoA)或主成分分析(PCA)进行群落差异的无监督多变量统计分析,并实现降维后的可视化展示<sup>[27]</sup>。

微生物定量分析也是微生态研究中值得关注的环节,方法主要有显微计数法、平板计数法、比浊法和生物指标法在内的传统计数方法,以及定量 PCR、组学分析、流式计数等仪器法在内的现代计数方法。

不同的技术手段各有优劣,经不同技术所得结果间不具可比性。未来微生态分析技术应趋向标准化,包括方法的标准化和数据的标准化,我国已有相关的研究在进行中<sup>[28]</sup>。并且,除分析菌群多样性外,微生态组成的影响因素、微生态如何调控皮肤状态<sup>[29]</sup>、以及如何有针对性地调节不平衡的菌群状况<sup>[30]</sup>均是未来研究的关注要点。

## 5 微生态护肤的应用和意义

**5.1 微生态常用活性成分分类** 除了抗微生物包装,如次抛或无菌包装等概念外,本专家共识参考国际益生菌与益生元科学联合会(The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics, ISAPP)近年来陆续发布的相关定义进行分类,微生态常用活性成分可以分为以下三类<sup>[31-33]</sup>。

**5.1.1 益生元(prebiotics)** 通常作为常驻菌群的选择性食物。它们有助于促进有益微生物的生长,同时限制或减少病原体的繁殖,从而改善皮肤微生态。

**5.1.2 益生菌(probiotics)** 益生菌特指活体微生物,这些微生物对于皮肤屏障的功能改善,减少外界刺激损伤都有很大的价值和意义。但由于当前中国相关法规的限制,益生菌在护肤品中的直接应用受到局限。

**5.1.3 后生元(postbiotics)** 后生元是无生命的微生物和/或其成分的制剂,并且对宿主健康有益。这些物质有助于改善皮肤的生态系统,或直接影响皮肤细胞的生理活动。后生元这一定义要求灭活微生物的全部或成分存在(比如细胞壁),但并不要求是否存在最终代谢产物<sup>[34]</sup>。

**5.2 微生态护肤的宣称价值和意义** 在正常情况下,皮肤表面微生物之间、微生物与宿主之间,保持着稳定的微生态平衡,这种平衡参与了皮肤的组织代谢、自我更新、免疫作用以及屏障功能,由此可见,皮肤微生物群在维持皮肤完整性和健康方面发挥着关键作用。一些针对皮肤中宿主-微生物相互作用的研究表明,同一部位的皮肤,在健康状态、亚健康状态或疾病状态的皮肤微生态组成是不一样的。因此,针对特定皮肤状态下的微生态,进行护肤品配方的设计,对于纠正皮肤微生态失衡、实现皮肤健康的精准调节具有重要意义。

化妆品法规中目前没有明确的微生态护肤宣称,但微生态护肤的过程其实和很多功效宣称密切相关,因为从皮肤微生态角度对皮肤屏障进行改善,就会涉及到如保湿、修护、舒缓、控油,甚至抗皱、紧致等,可覆盖护肤品很多的宣称方向。当然这里都是需要科学的数据进行相关支持。比如一项国内新近的随机盲法的临床研究表明:一种含有酵母提取物的水凝胶保湿剂可以调节皮肤微生物组平衡,保护皮肤屏障(皮肤微生物组、物理、化学和免疫屏障)免受环境侵害,并且该研究还有相关体外数据的支持<sup>[35]</sup>。

**5.3 如何科学规范做好相关的微生态护肤宣称** 微生态护肤宣称作为新功效,需要合理的试验支持,这个是法规规定的核心要素。因此,从成分到机制,再到相关的试验支持,目前对于规范这类宣称,建议要符合下面三项中的相关要素。具体要求见图 1。

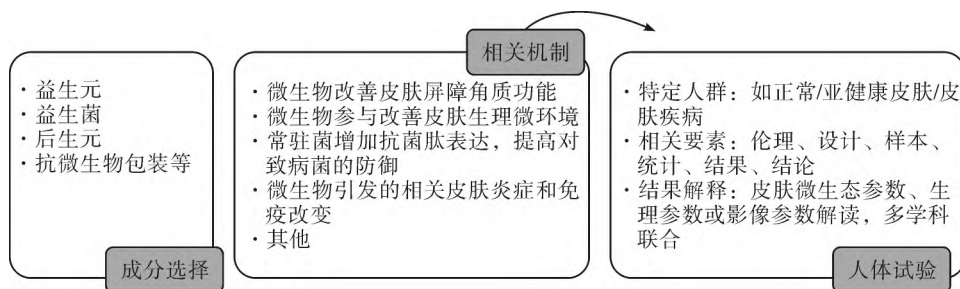


图 1 微生态护肤宣称需要的相关科学支持和理论要素

Fig. 1 Scientific supports and theoretical elements for the claims of microbiome skin care

<http://pfbxzz.paperopen.com>

**5.4 微生态护肤的发展趋势和前景** 随着对皮肤微生态的深入研究,研究者们能够更全面地理解不同微生物群落对皮肤健康和疾病的影响。这有助于开发更加精准和高效的微生态护肤产品。未来,随着代谢组学(metabolomics)、宏蛋白组学(metaproteomics)和宏转录组学(metatranscriptomics)等领域的发展,可以将微生物组结构和功能数据与皮肤状态数据相关联,从而更好地支持微生态护肤品的研发。

此外,微生态护肤有望推动个性化护肤领域的进一步发展。了解每个人的皮肤微生态独特性,可能找到量身定制的护肤方案,以满足个体的独特需求。同时,皮肤微生态的研究也将促进医学和美容护肤领域的融合,是结合医学(integrative medicine)的重要组成部分,这将为解决很多皮肤疾病提供更为综合的治疗方法<sup>[36]</sup>。

参与共识制定专家名单(以姓氏汉语拼音为序):陈田(上海市疾病预防控制中心/国家药监局化妆品监测评价重点实验室)、马慧群(西安交通大学第二附属医院)、全哲学(复旦大学)、阮海华(天津商业大学)、帖航(中国检验检疫科学研究院粤港澳大湾区研究院)、吴冬(上海究本生物科技有限公司)、吴越(华熙生物科技股份有限公司)、许阳(南京医科大学第一附属医院)、袁超(同济大学附属皮肤病医院/国家药监局化妆品监测评价重点实验室)、周炳荣(南京医科大学第一附属医院)

执笔者:袁超

利益冲突:所有作者均声明无利益冲突

#### [参 考 文 献]

- [1] Harris-Tryon TA, Grice EA. Microbiota and maintenance of skin barrier function [J]. *Science*, 2022, 376(6596): 940–945.
- [2] Lee HJ, Kim M. Skin barrier function and the microbiome [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(21): 13071.
- [3] Swaney MH, Kalan LR. Living in your skin: microbes, molecules, and mechanisms [J]. *Infect Immun*, 2021, 89(4): e00695–20.
- [4] Li X, Yuan C, Xing L, et al. Topographical diversity of common skin microflora and its association with skin environment type: an observational study in Chinese women [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 18046.
- [5] Salgaonkar N, Kadamkode V, Kumaran S, et al. Glycerol fermentation by skin bacteria generates lactic acid and upregulates the expression levels of genes associated with the skin barrier function [J]. *Exp Dermatol*, 2022, 31(9): 1364–1372.
- [6] Zheng Y, Liang H, Li Z, et al. Skin microbiome in sensitive skin: the decrease of *Staphylococcus epidermidis* seems to be related to female lactic acid sting test sensitive skin [J]. *J Dermatol Sci*, 2020, 97(3): 225–228.
- [7] Bai Y, Wang Y, Zheng H, et al. Correlation between facial skin microbiota and skin barriers in a Chinese female population with sensitive skin [J]. *Infect Drug Resist*, 2021, 14: 219–226.
- [8] Chen P, He G, Qian J, et al. Potential role of the skin microbiota in inflammatory skin diseases [J]. *J Cosmet Dermatol*, 2021, 20(2): 400–409.
- [9] 杨志波. 慢性炎症性皮肤病与皮肤微生态相关性研究进展 [J]. *皮肤科学通报*, 2023, 40(1): 30–36.
- [10] Hrestak D, Matijašić M, Čipčić Paljetak H, et al. Skin microbiota in atopic dermatitis [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(7): 3503.
- [11] Edslev SM, Agner T, Andersen PS. Skin microbiome in atopic dermatitis [J]. *Acta Derm Venereol*, 2020, 100(12): adv00164.
- [12] Seité S, Zelenkova H, Martin R. Clinical efficacy of emollients in atopic dermatitis patients-relationship with the skin microbiota modification [J]. *Clin Cosmet Investig Dermatol*, 2017, 10: 25–33.
- [13] O'Neill AM, Gallo RL. Host-microbiome interactions and recent progress into understanding the biology of acne vulgaris [J]. *Microbiome*, 2018, 6(1): 177.
- [14] 周园,姚煦. 微生态疗法在特应性皮炎的应用及其治疗机制 [J]. *中华临床免疫和变态反应杂志*, 2022, 16(2): 167–171.
- [15] Celoria V, Rosset F, Pala V, et al. The skin microbiome and its role in psoriasis: a review [J]. *Psoriasis (Auckl)*, 2023, 13: 71–78.
- [16] Thio HB. The Microbiome in psoriasis and psoriatic arthritis: the skin perspective [J]. *J Rheumatol Suppl*, 2018, 94: 30–31.
- [17] Dréno B, Pécastaings S, Corvec S, et al. Cutibacterium acnes (Propionibacterium acnes) and acne vulgaris: a brief look at the latest updates [J]. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 2018, 32(Suppl 2): 5–14.
- [18] Agak GW, Kao S, Ouyang K, et al. Phenotype and antimicrobial activity of Th17 cells induced by propionibacterium acnes strains associated with healthy and acne skin [J]. *J Invest Dermatol*, 2018, 138(2): 316–324.

<http://pfbxzz.paperopen.com>

- [19] Yu Y , Dunaway S , Champer J , et al. Changing our microbiome: probiotics in dermatology [J]. *Br J Dermatol* , 2020 , 182( 1) : 39 – 46.
- [20] Dreno B , Dekio I , Baldwin H , et al. Acne microbiome: from phyla to phylotypes [J]. *J Eur Acad Dermatol Venereol* , 2024 , 38( 4) : 657 – 664.
- [21] Zhu W , Hamblin MR , Wen X. Role of the skin microbiota and intestinal microbiome in rosacea [J]. *Front Microbiol* , 2023 , 14: 1108661.
- [22] Wang R , Farhat M , Na J , et al. Bacterial and fungal microbiome characterization in patients with rosacea and healthy controls [J]. *Br J Dermatol* , 2020 , 183( 6) : 1112 – 1114.
- [23] Liang K , Leong C , Loh JM , et al. A 3D-printed transepidermal microprojection array for human skin microbiome sampling [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A* , 2022 , 119( 30) : e2203556119.
- [24] Marotz C , Cavagnero KJ , Song SJ , et al. Evaluation of the effect of storage methods on fecal , saliva , and skin microbiome composition [J]. *mSystems* , 2021 , 6( 2) : e01329 – 20.
- [25] Ferretti P , Farina S , Cristofolini M , et al. Experimental metagenomics and ribosomal profiling of the human skin microbiome [J]. *Exp Dermatol* , 2017 , 26( 3) : 211 – 219.
- [26] Patra V , Bordag N , Clement Y , et al. Ultraviolet exposure regulates skin metabolome based on the microbiome [J]. *Sci Rep* , 2023 , 13( 1) : 7207.
- [27] Knight R , Vrbanac A , Taylor BC , et al. Best practices for analysing microbiomes [J]. *Nat Rev Microbiol* , 2018 , 16( 7) : 410 – 422.
- [28] ISO 21710: 2020 Biotechnology-Specification on data management and publication in microbial resource centers [S]. Geneva , ISO 2020: 1 – 23.
- [29] Larson PJ , Chong D , Fleming E , et al. Challenges in developing a human model system for skin microbiome research [J]. *J Invest Dermatol* , 2021 , 141( 1) : 228 – 231. e4.
- [30] Loomis KH , Wu SK , Ernlund A , et al. A mixed community of skin microbiome representatives influences cutaneous processes more than individual members [J]. *Microbiome* , 2021 , 9( 1) : 22.
- [31] Gibson GR , Hutkins R , Sanders ME , et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics ( ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics [J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* , 2017 , 14( 8) : 491 – 502.
- [32] Hill C , Guarner F , Reid G , et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic [J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* , 2014 , 11( 8) : 506 – 514.
- [33] Salminen S , Collado MC , Endo A , et al. The international scientific association of probiotics and prebiotics ( ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics [J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* , 2021 , 18( 9) : 649 – 667.
- [34] Vinderola G , Sanders ME , Salminen S. The concept of postbiotics [J]. *Foods* , 2022 , 11( 8) : 1077.
- [35] Wang DQ , Li X , Zhang RY , et al. Effects of investigational moisturizers on the skin barrier and microbiome following exposure to environmental aggressors: A randomized clinical trial and ex vivo analysis [J]. *J Clin Med* , 2023 , 12( 18) : 6078.
- [36] Bodeker G , Ryan TJ , Volk A , et al. Integrative skin care: dermatology and traditional and complementary medicine [J]. *J Altern Complement Med* , 2017 , 23( 6) : 479 – 486.

【收稿日期】 2024-01-19 【修回日期】 2024-03-16