

- 功能检测分析[J].中国实验诊断学,2021,25(8):1160-1162.
- [17]王峰,黄咏梅,王萍.高原地区面部痤疮,玫瑰痤疮,湿疹及黄褐斑皮肤屏障功能评价及其临床意义[J].中国煤炭工业医学杂志,2021,24(2):175-179.
- [18]吕静,刁庆春,唐海燕,等.面部敏感性皮肤防晒化妆品的筛选与评价[J].中华皮肤科杂志,2020,53(8):623-628.
- [19]吴猛,肖伟荣.酵母重组胶原蛋白贴敷料用于面部祛皱激光治疗后的临床疗效评价[J].医学临床研究,2019,36(11):2179-2180.
- [20]Sánchez-Pellicer P, Navarro-Moratalla L, Núñez-Delegido E, et al. Acne, Microbiome, and Probiotics: The Gut-Skin Axis[J]. Microorganisms, 2022,10(7):1303.
- [21]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.
- [22]孙琳,韩婷婷,马来记,等.上海地区黄褐斑人群皮肤生理参数与微生物群落特征分析[J].中国皮肤性病学杂志,2022,36(8):884-889.
- [23]Han Q, Zeng J, Liu Y, et al. Evaluation of 30% supramolecular salicylic acid followed by 1565-nm non-ablative fractional laser on facial acne and subsequent enlarged pores[J]. Lasers Med Sci, 2023,38(1):91.
- [24]Shao X, Chen Y, Zhang L, et al. Effect of 30% supramolecular salicylic acid peel on skin microbiota and inflammation in patients with moderate-to-severe acne vulgaris[J]. Dermatol Ther (Heidelb), 2023,13(1):155-168.
- [25]李敏,龚亚,曹健.2种医院酸性制剂的微生物限度检查方法的建立[J].药物生物技术,2022,29(1):50-53.
- [26]Bilal H, Xiao Y, Khan M N, et al. Stabilization of acne vulgaris-associated microbial dysbiosis with 2% supramolecular salicylic acid[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2023,16(1):87.

[收稿日期]2024-03-01

本文引用格式:曾昭卫,张南,伍晨,等.酵母重组胶原蛋白液体敷料联合水杨酸换肤治疗面部痤疮的美学效果观察[J].中国美容医学,2025,34(3):85-89.

· 论 著 ·

胶带撕拉模型下TIVI700图像分析和Mexameter评估皮肤泛红的方法对比

张琴¹, 程党党², 王飞飞³

(1.上海际研生物医药开发有限公司 上海 201702; 2.云南贝泰妮生物科技集团股份有限公司 云南 昆明 650106; 3.云南云科特色植物提取实验室有限公司 云南 昆明 650106)

[摘要]目的:在胶带撕拉模型下比较TIVI700图像分析值和Mexameter检测值的一致性,为前臂等部位泛红程度的图像评价方法提供依据。方法:首先选择7例受试者,用胶带撕拉建立损伤泛红模型,通过CK仪器检测损伤前后及产品使用前后的经表皮水分流失率(TEWL)和皮肤血红素(EI)并分析变化情况验证该模型的可行性。然后采用已建立的胶带撕拉模型方法,选择27例受试者,通过TIVI700采集图像并分析血红细胞浓度(Red blood cell, RBC),通过Mexameter MX18检测皮肤血红素(EI),比较产品使用前两个参数的变化趋势并进行相关性分析。结果:7例受试者测试结果显示测试样品和空白对照在损伤后即刻的TEWL值和EI值与基础值相比均存在显著性差异。测试样品在使用后的TEWL值和EI值与损伤后即刻相比有显著改善,且显著优于空白对照。胶带撕拉模型成功建立。27例受试者结果显示,测试样品在使用后1 h、2 h、3 h的EI值和RBC值均显著低于损伤后即刻。EI值和RBC值有显著强正相关($R=0.689$, $P<0.01$)。结论:Mexameter检测值和TIVI700图像分析值相关性强,TIVI700皮肤敏感度测试仪适用于前臂等部位皮肤泛红程度的图像评价。

[关键词]图像评价; TIVI700; Mexameter; 相关性; 胶带撕拉

[中图分类号]R751 **[文献标志码]**A **[文章编号]**1008-6455(2025)03-0089-05

Comparison of Methods for Assessing Skin Erythema Using TIVI700 Image Analysis and Mexameter under the Tape-Stripping Model

ZHANG Qin¹, CHENG Dangdang², WANG Feifei³

(1. Shanghai Jiyan Biomedical Development Co., Ltd., Shanghai 201702, China; 2. Yunnan Botanee Bio-technology Group Co., Ltd., Kunming 650106, Yunnan, China; 3. Yunnan Characteristic Plant Extraction Laboratory, Yunnan Yunke Characteristic Plant Extraction Laboratory Co., Ltd., Kunming 650106, Yunnan, China)

基金项目:云南特色植物提取实验室自主研究项目基金资助-基于云南特色植物的舒缓系列产品开发及产业化(编号:2022YKZY004)

第一作者:张琴,助理工程师;研究方向为化妆品功效检测。Email:zhangqin01@botanee.com

Abstract: Objective To compare the consistency of TIVI700 image analysis values and Mexameter detection values under the tape-stripping model, so as to provide a basis for the image-based evaluation of erythema in the forearm and other body parts. **Methods** Initially, 7 subjects were selected to establish an injury model by tape-stripping. Transepidermal water loss (TEWL) and erythema index (EI) were measured using the CK instrument before and after injury, as well as before and after product application, to verify the feasibility of the model. Subsequently, using the established tape-stripping model method, 27 subjects were recruited. Images were collected and red blood cell (RBC) concentration was analyzed using TIVI700, while the erythema index (EI) was detected by Mexameter MX18. The changes in the two parameters before and after product application were compared, and the correlation analysis was performed. **Results** The test results of the 7 subjects showed that the TEWL and EI values immediately after injury were significantly different from the baseline values for both the test samples and the blank control. The TEWL and EI values of the test samples were significantly improved after product application compared with those immediately after injury and were significantly better than those of the blank control, indicating the successful establishment of the tape-stripping model. The results from the 27 subjects demonstrated that the EI and RBC values of the test samples at 1, 2, and 3 hours after application were significantly lower than those immediately after injury. A strong positive correlation was observed between EI and RBC ($R=0.689, P<0.01$). **Conclusion** There is a strong correlation between the Mexameter detection values and the TIVI700 image analysis values. The TIVI700 skin sensitivity tester is suitable for the image-based evaluation of erythema in the forearm and other body parts.

Key words: image evaluation; TIVI700; Mexameter; correlation; tape-stripping

人体正常皮肤具有屏障作用^[1],能够保护机体免受外界有害因素的侵袭,同时防止体内营养物质等的流失^[2-3]。皮肤屏障受损后,容易引发各种皮肤问题,如泛红、瘙痒、刺痛等^[4-7]。具有舒缓和修护功效的化妆品可以改善受损皮肤状态^[8-10]。皮肤泛红程度常被用作评价舒缓和修护功效的重要参数之一^[8-12]。在进行皮肤测试时,面部常被选作受试区域,受试者通常为敏感性皮肤。面部测试的评估周期较长,且目前用于评估面部泛红程度的图像分析方法(如VISIA-CR)已较为成熟且普遍应用。相比之下,以手臂为受试区域具有评估周期短、可同时评估多款产品等优点。然而,目前对于手臂胶带撕拉方法的具体操作规范尚不明确,缺乏可供参考的标准,且针对手臂等部位泛红程度的图像分析方法研究较少。因此,本研究首先建立手臂胶带撕拉模型,明确具体操作方法和要求。在此基础上,通过TIVI700皮肤敏感度测试仪采集前臂皮肤图像并分析血红细胞浓度(RBC),同时采用Mexameter检测前臂的皮肤血红素(EI),并对比两种方法的相关性,为前臂等局部皮肤泛红程度的图像评价提供方法基础。

1 资料和方法

1.1 主要材料:薇诺娜屏障特护霜(云G妆网备字2021000009),云南贝泰妮生物科技集团股份有限公司;3M Transpore™网纹易撕胶带,Minnesota Mining and Manufacturing Company(明尼苏达矿业及制造公司)。

1.2 仪器与设备:Tewameter™ Hex型水分流失测试仪,Mexameter MX18型皮肤黑色素和血红素测试仪,德国Courage+Khazaka公司;TIVI700型皮肤敏感度测试仪,瑞

典WheelsBridge公司。

1.3 一般资料:胶带撕拉模型试验入组7例受试者,均为健康女性,年龄25~57岁,平均年龄(35.3±12.1)岁。一致性探究试验入组27例受试者,男2例,女25例,年龄23~57岁,平均年龄(42.2±12.0)岁。研究设计符合国际赫尔辛基宣言的基本原则,并经过受试者知情同意。

1.3.1 纳入标准:①年龄18~60岁,健康人群;②无过敏性疾病,无化妆品及其他外用制剂过敏史;③能够理解试验过程,自愿参加试验并签署书面知情同意书,并遵守测试流程者。

1.3.2 排除标准:①计划怀孕或妊娠或哺乳期以及产后6个月内女性;②有严重系统性疾病,免疫缺陷或自身免疫性疾病者;③近1周使用抗组胺药或近1个月使用过免疫抑制剂者;④皮肤待试区域存在瘢痕、色素、萎缩、鲜红斑痣或其他瑕疵而影响试验结果者;⑤近3个月受试部位参加过其他临床试验者;⑥正在接受治疗的呼吸道疾病患者;⑦正在接受皮肤治疗的人群;⑧胰岛素依赖型糖尿病患者;⑨其他研究人员认为不符合要求的情况。

1.4 方法

1.4.1 胶带撕拉模型的建立及验证:受试者在温度20℃~22℃、湿度40%~60%RH环境静坐30 min。基础值测定:在受试者双手前臂内侧对等位置各选取1个3 cm×3 cm测试区域并标记,随机分为样品涂抹区和空白对照区。应用Tewameter™ Hex、Mexameter MX18分别检测经表皮水分流失率(TEWL)、皮肤血红素(EI)。急性损伤模型建立:使用3M胶带在测试区域粘贴皮肤,按压2秒后缓慢剥离,直到皮肤产生轻微红斑,记录撕拉次数及TEWL值,检测EI值,记录损伤后即刻值T0。模型的验证:薇诺娜屏障

特护霜（已上市宣称有修护舒缓功效的产品）的舒缓修护功效评价：样品涂抹区和空白对照区随机分布于左右手臂标定区域，空白对照区可观察皮肤的自然恢复过程。测试样品按 $(2.0 \pm 0.1) \text{ mg/cm}^2$ 的用量进行单次涂抹，使用乳胶指套将试样均匀涂布于试验区内。分别于使用样品后1 h、2 h、3 h进行TEWL、EI检测。

1.4.2 TIVI700图像分析值与Mexameter测量值的一致性对比：为避免其他因素干扰，所有检测均在相同条件下进行，受试者在 $20^\circ\text{C} \sim 22^\circ\text{C}$ 、40%~60%RH环境中静坐30 min后，选取前臂内侧3 cm×3 cm区域进行检测。应用Mexameter MX18检测EI值，应用TIVI700采集图像，记录基础值。采用1.4.1胶带撕拉模型方法使皮肤产生红斑，此时检测EI值并采集图像，记录损伤后即刻值T0。测试样品按 $(2.0 \pm 0.1) \text{ mg/cm}^2$ 的用量进行单次涂抹，使用乳胶指套将试样均匀涂布于试验区内。分别于使用样品后1 h、2 h、3 h检测EI值并采集图像。

1.5 观察指标

1.5.1 经表皮水分流失率（TEWL）：通过Tewameter TM Hex型水分流失测试仪检测TEWL值，数值越低，说明皮肤屏障越好。

1.5.2 皮肤血色素（EI）：通过Mexameter MX18型皮肤黑色素和血色素测试仪检测皮肤血色素EI值，检测的数值越低，说明皮肤泛红程度越轻。

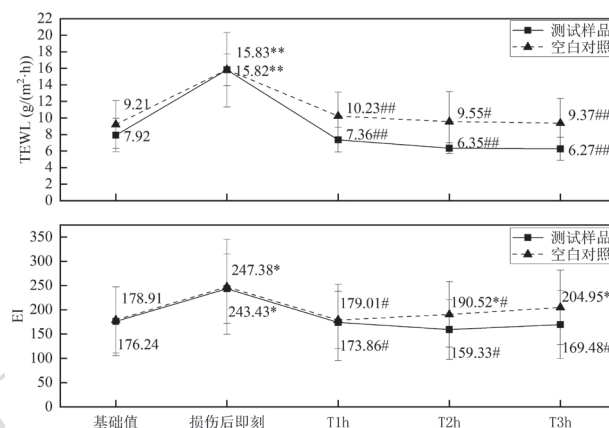
1.5.3 血红细胞浓度（RBC）：通过TIVI700型皮肤敏感度测试仪采集图像，分析皮肤局部的RBC值，数值越低，说明皮肤泛红程度越轻。

1.6 统计学分析：使用SPSS 22.0软件对结果进行统计分析，计量数据表示为均值±标准差。数据若符合正态分布，则采用配对样本t检验；若不符合正态分布，则采用秩和检验。使用Spearman检验用于分析RBC值与EI值之间的相关性。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。 $0.1 \leq |R| < 0.3$ 表示弱相关， $0.3 \leq |R| < 0.5$ 表示中度相关， $0.5 \leq |R|$ 表示强相关^[13]。

2 结果

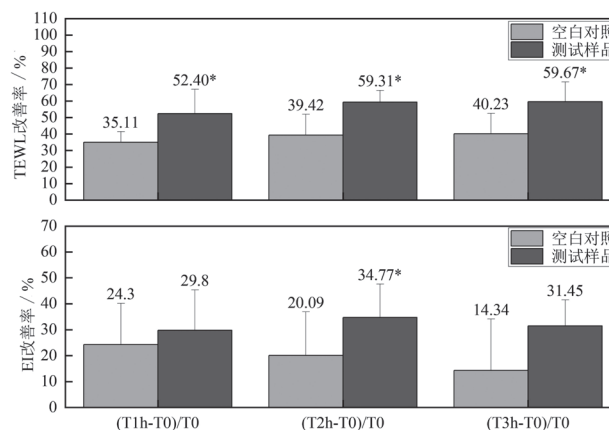
2.1 胶带撕拉模型构建分析：在样品涂抹区和空白对照区胶带撕拉，直至皮肤产生轻微红斑需要撕拉15次以上，随着撕拉次数的增加，痛感逐渐明显，当撕拉次数 ≥ 25 次时，受试者普遍反映有不适感，因此，最终确认胶带撕拉次数为15~25次，所测TEWL $\geq 10 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。测试样品和空白对照区域的TEWL值、EI值在损伤后即刻与基础值相比均存在显著性差异（见图1），说明胶带撕拉模型成功建立。测试样品和空白对照的TEWL值在使用后1 h、2 h和3 h与损伤后即刻相比，均有显著改善，且与基础值相比均差异无统计学意义（见图1），说明两个测试区域皮肤屏障已恢复至损伤前。且测试样品的TEWL改善率均显著优于空白对照（见图2）。测试样品的EI值在使用后1 h、2 h和3 h与损伤后即刻相比，均有显著改善，且与基础值相比差异无统计

学意义（见图1）。空白对照的EI值在1 h、2 h与损伤后即刻相比，均有显著改善，在3 h与损伤后即刻相比差异无统计学意义（见图1）。在1 h与基础值相比差异无统计学意义，在2 h、3 h均显著高于基础值（见图1）。测试样品在2 h的EI改善率显著优于空白对照，在1 h、3 h的改善率均差异无统计学意义（见图2）。综上说明该模型成功建立且具有可行性。



注：*表示与基础值相比， $P < 0.05$ ；**表示与基础值相比 $P < 0.01$ ；#表示与损伤后即刻相比 $P < 0.05$ ，##表示与损伤后即刻相比 $P < 0.01$

图1 各测试区的TEWL和EI变化情况（n=7）



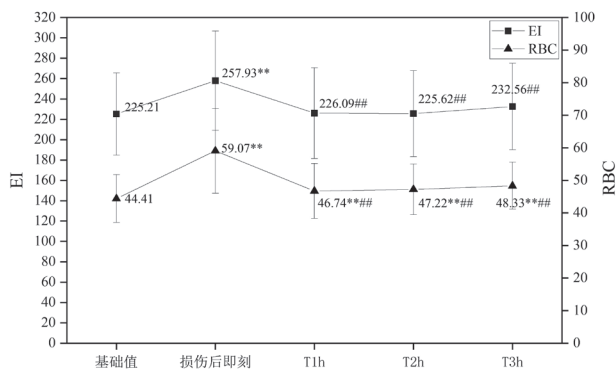
注：*表示与空白对照相比， $P < 0.05$ ；**表示与空白对照相比， $P < 0.01$

图2 各测试区的TEWL和EI改善率（n=7）

2.2 TIVI700图像分析与Mexameter测量值的一致性对比：RBC值在使用样品后1 h、2 h和3 h均显著低于损伤后即刻值，且均显著高于基础值（见图3），TIVI700红斑图像展示见图4。EI值在使用样品后1 h、2 h和3 h均显著低于损伤后即刻值，且均与基础值差异无统计学意义（见图3）。Spearman检验结果显示RBC值与EI值的相关系数 $R = 0.689$ ， $P < 0.01$ （见图5）。

3 讨论

皮肤泛红程度的评价方法中，Mexameter皮肤黑色素和



注: *表示与基础值相比, $P < 0.05$; **表示与基础值相比, $P < 0.01$; #表示与损伤后即刻相比, $P < 0.05$, ##表示与损伤后即刻相比, $P < 0.01$

图3 皮肤血红素(EI)和红细胞浓度(RBC)变化情况($n=27$)

血红素检测仪可接触皮肤获得血红素(EI)值,是普遍采用的评估手段^[9,14],VISIA-CR是较为普遍的获取面部红区面积占比和皮肤红区a*值等皮肤红度参数的图像分析方法^[12,15]。对于修护和舒缓功效评价中的皮肤预处理试验,双手前臂作为试验部位,VISIA-CR并不适用于该区域的图像采集,TIVI700皮肤敏感度测试仪通过对用偏振光镜头拍摄的图像进行分析可以绘出皮下平均约0.5 mm深的局部红血细胞的聚集图像,可以对前臂等局部皮肤的红斑量进行定量计算^[16]。目前没有报道将Mexameter检测值和TIVI700图像分析值进行一致性比较,因此,本研究探讨了在胶带撕拉模

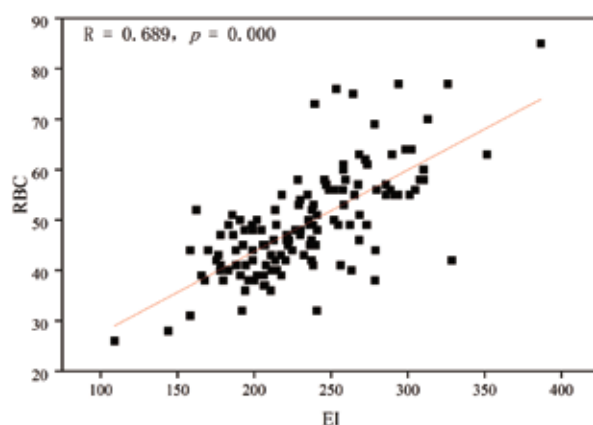
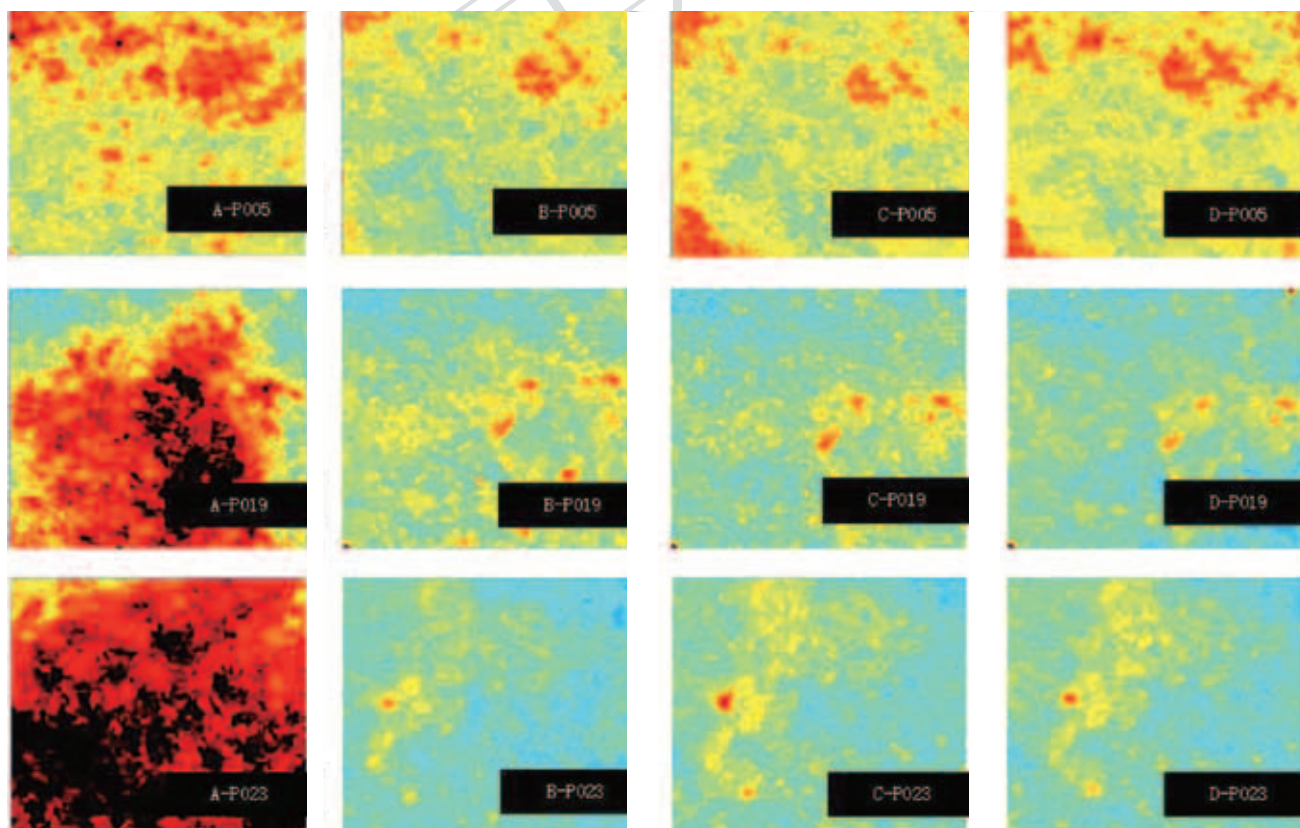


图5 胶带撕拉模型下RBC和EI的相关性

型下TIVI700的图像分析值与Mexameter测量值的一致性,从而评估TIVI700皮肤敏感度测试仪在皮肤红度图像采集及分析中的科学性。

本研究受试者均为中国人,属于健康亚洲人皮肤,其Fitzpatrick分型一般为III、IV型,测试区域为双手前臂,且参考庞诗凤等^[8]研究,在前臂测试时不考虑受试者皮肤分型,因此本研究未对受试者进行皮肤分型。面部作为测试区域,要求受试者需为敏感性皮肤,且试验周期较长(至少2周)^[17-18];面部结构限制,无法同时测试多款产品;评估前臂皮肤泛红程度的图像分析方法尚在研究



注: A. 损伤后即刻; B. 使用样品后1 h; C. 使用样品后2 h; D. 使用样品后3 h; P005、P019、P023为受试者编号

图4 3例受试者TIVI700红斑图像展示

中。因此,本研究选择前臂作为受试区域,为手臂等局部皮肤泛红程度的图像评价方法提供科学依据。国内标准中,面部乳酸刺痛试验依赖受试者主观症状^[17],紫外线诱导红斑模型操作复杂^[19]。胶带撕拉模型可在健康受试者前臂进行,耗时短,可同时评估多款产品,效率高。因此,本研究建立了手臂胶带撕拉模型,明确了具体操作方法和要求。本研究首先建立了胶带撕拉模型,结果显示当 $TEWL \geq 10 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时,胶带模型成功建立。通过样品使用前后参数的变化情况验证该模型的可行性,结果显示在该模型下,测试样品和空白对照的TEWL和EI改善率均存在显著性差异,测试样品均优于空白对照。表明该测试样品可以显著加速皮肤屏障的恢复且可以显著改善皮肤泛红。以上结果说明该胶带撕拉模型可以用于皮肤泛红程度及产品的改善效果评价。采用已验证的胶带撕拉方法,在其模型上探究TIVI700图像提取的血红细胞浓度(RBC)和Mexameter检测仪测量值(EI)的一致性,结果显示EI值和RBC值在使用样品后1 h、2 h和3 h均显著低于损伤后即刻值,RBC值在使用样品后1 h、2 h和3 h均显著高于基础值,EI值在使用样品后1 h、2 h和3 h与基础值差异无统计学意义,说明测试区域的EI已经恢复至损伤前,RBC还未恢复至损伤前。分析原因可能是RBC反映的是皮下0.5 mm深的局部红血细胞的聚集图像,而EI值反映的是皮肤表面的状态,样品对皮肤深处的损伤改善时间需要比3 h更长。Spearman相关性检验显示相关系数 $R=0.689$, $P<0.01$,说明Mexameter测量值和TIVI700图像分析值存在显著强正相关。

综上,TIVI700型皮肤敏感度测试仪能够精确地提取前臂的血红细胞浓度(RBC),为局部皮肤泛红程度提供科学的图像评价方法。需要注意的是,本研究没有对样品使用后3 h以上的参数变化进行探究,在今后的研究中可以延长试验时间,并进一步扩大样本量以提供更加全面的数据基础。

[参考文献]

- [1] Lin T, Zhong L, Santiago L J. Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils[J]. *Int J Mol Sci*, 2017, 19(1): 70.
- [2] 董银卯, 孟宏, 马来记. 皮肤表观生理学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018: 8-11.
- [3] Gorcea M, Hadgraft J, Moore D J, et al. In vivo barrier challenge and initial recovery in human facial skin[J]. *Skin Res Technol*, 2013, 19(1): e375-e382.
- [4] 丛林, 廖勇, 杨蓉娅. 敏感性皮肤治疗进展[J]. *中国美容医学*, 2018, 27(1): 140-144.

- [5] 李力翠, 杨祎峰, 毛伟, 等. 龙胆草提取物液体敷料治疗面部敏感性皮肤的疗效及对皮肤屏障功能的影响[J]. *中国美容医学*, 2023, 32(11): 98-102.
- [6] 吉津, 赵明萍, 章若画, 等. 薇诺娜屏障特护霜在光动力治疗痤疮后炎性皮损修复中的应用[J]. *中国美容医学*, 2023, 32(1): 99-101.
- [7] 杨学军, 黄淑琼, 杨定彬, 等. 复方甘草酸苷片联合舒缓保湿修护霜在面部敏感性皮肤治疗中的应用[J]. *中国美容医学*, 2023, 32(11): 107-109.
- [8] 庞诗凤, 刘双艳, 何海鸥. 胶带撕拉模型法在皮肤修护类化妆品功效评价中的应用[J]. *日用化学品科学*, 2023, 46(7): 43-49.
- [9] 李蕊, 王莹, 王军军. 尿素、黄芩根提取物、积雪草提取物组合物晒后舒缓功效评价[J]. *上海轻工业*, 2024, 1: 172-175.
- [10] 廖志刚, 文思, 冼雪松, 等. 修护舒缓功效性护肤品在改善敏感肌中的应用: 基于60例队列研究[J]. *皮肤性病诊疗学杂志*, 2023, 30(6): 495-501.
- [11] 李楚忠, 陈庆生, 龚盛昭. 一种天然植物组方的舒缓修护功效[J]. *香料香精化妆品*, 2022, 5: 30-35.
- [12] 李诚桐, 赵华, 王敏. 化妆品功效评价(IX)——图像分析法在化妆品功效评价中的应用[J]. *日用化学工业*, 2018, 48(10): 551-557.
- [13] Hemphill J F. Interpreting the magnitudes of correlation coefficients[J]. *Am Psychol*, 2003, 58(1): 78-79.
- [14] 牛文霞, 何先喆. 桦褐孔菌发酵液的安全性及舒缓、修护功效探究[J]. *香料香精化妆品*, 2023, (6): 116-121.
- [15] 赵小敏, 赵云珊, 瞿欣. 图像分析法在化妆品功效评价中的应用[J]. *日用化学品科学*, 2016, 39(1): 29-33.
- [16] 赵云珊, 江月明, 鲁文嘉, 等. 广藿香叶提取物的皮肤舒缓和修护功效研究[J]. *日用化学工业*, 2022, 52(8): 833-838.
- [17] 中国产学研合作促进会. 化妆品抗敏、紧致、保湿、控油、修护、滋养、舒缓七项功效测试方法: T/CAB0152-2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [18] 中国香料香精化妆品工业协会. 化妆品修护功效测试方法: T/CAFFCI66-2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [19] 上海日用化学品行业协会. 化妆品修护、舒缓功效评估—基于紫外线诱导皮肤红斑反应模型的测试方法: T/SHRH044-2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [20] 何健华, 郭清泉, 王雅馨, 等. 斑马鱼胚胎行为学在化妆品原料舒缓功效评价中的应用[J]. *轻工学报*, 2022, 37(3): 117-126.

[收稿日期] 2024-02-05

本文引用格式: 张琴, 程党党, 王飞飞. 胶带撕拉模型下TIVI700图像分析和Mexameter评估皮肤泛红的方法对比[J]. *中国美容医学*, 2025, 34(3): 89-93.

· 告作者和读者 ·

根据《著作权法》并结合本刊具体情况, 作者文责自负, 本刊可以对来稿作文字修改、删节, 凡有涉及原意的修改, 则提请作者考虑。来稿经刊载后, 酌致稿酬, 作者著作权的使用费将在本刊稿酬中一次给付并赠当期杂志两册, 多作者请自行预购。