

全谱透明质酸钠护肤功效测试

王朋田^{1*}, 刘宝珍¹, 朱金会², 张 敏¹, 梁亚妮¹

¹ 山东众山生物科技有限公司 山东日照

² 山东众山生物科技有限公司青岛分公司 山东青岛

【摘要】鉴于传统透明质酸钠(HA)的生产主要集中在单一分子量分布的产品,分子量分布范围狭窄,无法满足皮肤从表皮到真皮层的全方位保湿与修护需求,本研究通过调整生产工序制备分子量分布更广的全谱透明质酸钠(全谱HA)。采用体外、体内测试方法对全谱HA的护肤功效进行测试,并测试其使用安全性。采用3D-人体表皮皮肤模型,在体外定量检测不同分子量HA的渗透性,结果显示,全谱HA具有良好的经皮渗透性,24h皮下扩散百分率达到12.9%。采用人原代真皮成纤维细胞模型,利用酶联免疫吸附法定量检测全谱HA对弹性蛋白的上调率,结果显示,全谱HA在0.1%-1.0%(m/v)范围内能显著提升弹性蛋白的合成。人体面部皮肤测试结果显示,使用含有0.5%(m/v)全谱HA面霜的0.5h、2h、4h、28天后,具有一定的保湿修护、紧致抗皱的功效。人体皮肤斑贴测试结果显示,0.5%浓度(m/v)的全谱HA未导致皮肤出现不良反应,具有良好的使用安全性,为其在日用化妆品领域的应用提供有力数据支持。

【关键词】化妆品;全谱透明质酸钠;经皮渗透性;弹性蛋白;保湿;修护;紧致;抗皱

【收稿日期】2024 年 11 月 6 日

【出刊日期】2024 年 12 月 29 日

【DOI】10.12208/j.jccr.20240011

Sodium hyaluronate full spectrum skincare efficacy testing

Pengtian Wang^{1*}, Baozhen Liu¹, Jinhui Zhu², Min Zhang¹, Yani Liang¹

¹Shandong Topscience Biotechnology Co., Ltd., Rizhao, Shandong

²Shandong Topscience Biotechnology Co., Ltd., Qingdao, Shandong

【Abstract】 Given that the production of traditional sodium hyaluronate (HA) mainly focuses on products with a single molecular weight distribution, the molecular weight distribution range is narrow and cannot meet the comprehensive moisturizing and repairing needs of the skin from the epidermis to the dermis layer. This study adjusted the production process to prepare a wider molecular weight distribution of sodium hyaluronate full spectrum. Use in vitro and in vivo testing methods to test the skincare efficacy of sodium hyaluronate full spectrum and assess its safety. Using a 3D human epidermal skin model, the permeability of HA with different molecular weights was quantitatively detected in vitro. The results showed that sodium hyaluronate full spectrum had good transdermal permeability, with a 24-hour subcutaneous diffusion rate of 12.9%. Using a human primary dermal fibroblast model, the upregulation rate of elastin by sodium hyaluronate full spectrum was quantitatively detected using enzyme-linked immunosorbent assay. The results showed that sodium hyaluronate full spectrum could significantly enhance elastin synthesis within the range of 0.1% -1.0% (m/v). The test results of human facial skin show that 0.5 h, 2 h, 4 h and 28 days after the use of 0.5% (m/v) sodium hyaluronate full spectrum face cream, it has certain moisturizing, repairing, tightening and anti wrinkle effects. The results of human skin patch testing showed that the sodium hyaluronate full spectrum at a concentration of 0.5% (m/v) did not cause adverse reactions on the skin and had good safety, providing strong data support for its application in the field of daily cosmetics.

【Keywords】 Cosmetics; Sodium hyaluronate full spectrum; Transdermal permeability; Elastin; Moisturizing; Repair; Firming; Anti-wrinkle

*通讯作者: 王朋田(1985-)男, 硕士研究生, 主管药师, 主要从事医疗器械、个人护理品领域新材料的研究、开发与应用。

透明质酸又称玻尿酸 (Hyaluronic acid, HA) 是由 D-葡萄糖醛酸和 N-乙酰基-D-葡萄糖胺组成的双糖单元交替连接而成的链状高分子线性多糖, 是一种天然存在的聚阴离子糖胺聚糖^[1-3]。HA 是人体细胞外基质中固有的生物活性物质, 广泛分布于皮肤、关节滑液、脐带、眼玻璃体等器官和组织中^[2]。生理条件下 HA 为弱酸性, 通常以钠盐的聚电解质形式存在, 因此 HA 也被称为透明质酸钠^[4]。HA 独特的分子结构赋予其极高的水合能力, 能够结合自身重量 1000 倍的水, 被公认为最理想的“天然保湿因子”^[5,6]。此外, HA 具有良好的生物相容性, 几乎不会引起机体免疫反应^[7]。HA 因其卓越的保湿性能和良好的生物相容性, 现已成为化妆品中最常用的保湿活性成分^[6]。

HA 分子量是决定其护肤功效的关键因素, HA 分子量分布广泛, 不同分子量的 HA 在皮肤护理中的渗透深度及作用机制不同, 可根据不同分子量的 HA 生产具有不同功效的化妆品。研究表明, 高分子 HA (HW-HA, 分子量 > 500 kDa) 经皮渗透性较差, 主要作用于皮肤表层, 可在肌肤表面形成保护屏障, 减少经皮水分的流失, 增强皮肤对外界刺激的抵抗力, 从而达到保湿滋润皮肤的效果^[7,8]。低分子 HA (LW-HA, 分子量 10-500 kDa) 与寡聚 HA (分子量 < 10 kDa) 分子量较小, 具有良好的经皮渗透性, 不仅为肌肤提供深层次的保湿效果, 还能激发皮肤细胞的再生能力, 促进胶原蛋白的合成, 进而提升皮肤弹性与紧致度^[9,10]。此外, 低分子 HA 还具备一定的修复能力, 有助于修复受损皮肤组织, 恢复肌肤健康状态^[10,11]。

现阶段, 传统 HA 生产主要集中在单一分子量分布的产品, 分子量分布较为局限, 大多传统 HA 产品分子量分布系数在 1.0-2.0 之间, 这将限制 HA 全面护肤的多功能性应用。因此, 基于不同分子量 HA 所具有的不同护肤机制与功效优势, 制备分子量分布较宽、涵盖多个分子量段分布的产品已成为 HA 原料研发新趋势。本研究通过进一步调整 HA 生产工序, 获得分子量分布范围较宽的全谱 HA, 其分子量分布系数 ≥ 9.0 。通过体外、体内护肤功效测试, 研究全谱 HA 对皮肤的保湿修复、紧致抗皱功效, 为 HA 在护肤领域的研究及新品开发提供一定的数据支持。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

全谱 HA 粉末与面霜 (全谱 HA, 分子量 520 kDa, 分子量分布系数: 9.43)、高分子 HA 粉末与面霜 (HW-HA, 分子量 2.32 MDa)、低分子 HA 粉末与面霜 (LW-

HA, 分子量 250 kDa)、空白基底霜 (不含 HA 成分), 所有 HA 面霜中 HA 含量均为 0.5% (m/v); 山东众山生物科技有限公司。

3D-EpiSkin 体外重建人体表皮模型 (批号: 24ER020312L2), 上海斯安肤诺生物科技有限公司; DMEM 培养基, 上海泰坦科技股份有限公司; 胎牛血清, 艾万拓生命科学 (上海) 有限公司; 0.05% 胰酶, 赛默飞世尔科技 (上海) 有限公司; 弹性蛋白 ELISA 试剂盒, 上海酶联生物科技有限公司; 噻唑蓝 (MTT)、二甲亚砜 (DMSO)、VC、PBS 缓冲液, 北京索莱宝科技有限公司; 原代人真皮成纤维细胞, 北京北纳创次生物科技有限公司;

高效液相色谱仪 Waters 2695 系列, 色谱柱 YMC C18 (5 μ m, 150 $\times$ 4.6 mm), 美国 Waters 科技有限公司; 分析天平, 奥豪斯仪器 (上海) 有限公司; 酶标仪, 美国珀金埃尔默仪器有限公司; CO₂ 细胞培养箱, 德国艾本德公司; 细胞计数仪, 赛默飞世尔科技 (上海) 有限公司; 恒温水浴锅, 上海力辰邦西仪器科技有限公司; 倒置显微镜, 奥林巴斯 (中国) 有限公司; 斑贴器, 上海揽宝仪器设备有限公司; 皮肤含水量测试仪 Corneometer® CM 825、经皮水分流失 TEWL 和水分蒸发发热损失测试探头 Probe Tewameter TM Hex 型、皮肤弹性测试仪 Cutometer Dual MPA 580、皮肤表面纹理度测试系统 Visioscan VC20, 德国 CK 公司。

1.2 测试方法

1.2.1 体外功效测试方法

1.2.1.1 全谱 HA 经皮渗透性测试方法

该测试方法参照 OECD 化学品测试《皮肤吸收: 体外试验》(OECD, 2004) 进行, 基于体外重建 3D-人体表皮模型模拟 HA 在人体皮肤的渗透过程, 在体外系统定量检测全谱 HA 的经皮渗透性。

体外渗透实验采用静态装置进行, 皮肤模型安装在标准的 Franz-cell 型渗透装置中。将含有 0.5% HA (m/v) 的全谱 HA 面霜、高分子 HA 面霜、低分子 HA 面霜各取 1.0 g 涂于皮肤模型表面, 将皮肤模型放置于 37 °C、5% CO₂、饱和湿度的培养箱中, 分别于 0.5 h、2 h、24 h 对接收池样液进行取样, 通过高效液相色谱法 (HPLC) 对其含量进行定量分析, 每组设三个平行试验, 取平均值。

按以下公式计算累积渗透量:

$$Q = C_n \times V + \sum C_i \times V_0 \quad (i=1 \cdots n-1)$$

式中: 累积渗透量 (Q); 接收室中接收液体积 (V); 每次取样的体积 (V₀); 第一次至 n-1 次取样时接收液

中药物浓度(Ci);第n个取样点测得的样品浓度(Cn);
扩散百分率: $P = (Q / P_0) \times 100\%$;
式中扩散百分率(P);每个时间点的样品累积渗透量(Q);扩散室中样品的初始上样量(P₀)。

渗透系数:以累积渗透率对渗透时间做回归方程,方程斜率为透皮系数K_p(渗透速率)。

1.2.1.2 全谱 HA 弹性蛋白提升测试方法

MTT 细胞活力试验: 试验设计四组, 分别为空白组、阴性对照组(DMEM 培养基)、阳性对照组(VC)、样品组。样品组全谱 HA 粉末设置七个浓度梯度(1.000, 0.870, 0.756, 0.658, 0.572, 0.286, 0.143; %,m/v)进行给药, 每组设置 3 个重复孔。所用体外细胞为原代人真皮成纤维细胞, 收集对数生长期细胞, 调整细胞密度接种至 96 孔板, 每孔含培养液 100 μL, 置于 37℃、5% CO₂ 细胞培养箱中培养 24 h 后吸去上清液, 用 PBS 细胞缓冲液洗涤细胞两次后给药。给药完成后将 96 孔板

放入 CO₂ 细胞培养箱继续培养 24 h, 然后进行 MTT 细胞活力试验, 在 490 nm 处读取吸光度 OD 值。

通过以下公式计算细胞活力:

$$\text{细胞活力}(\%) = \frac{\text{样品组 OD 值} - \text{溶剂对照 OD 值}}{\text{阴性对照组 OD 值} - \text{溶剂对照 OD 值}} \times 100\%$$

弹性蛋白提升测试: 取细胞活力≥90%的 3 个样品浓度做弹性蛋白提升测试, 调整细胞浓度重铺 96 孔板, 根据表 1 进行分组给药, 每组设置 3 个重复孔, 37℃、5% CO₂ 条件下培养 24 h 结束后收集上清进行 ELISA 检测, 每孔收集 150 μL 上清到 1.5 mL 离心管中, 10000 rpm 离心 10 min, 收集上清液用于 ELISA 检测。

通过以下公式计算弹性蛋白上调率:

$$\text{弹性蛋白上调率}(\%) = \frac{\text{样品组} - \text{阴性对照组}}{\text{阴性对照组}} \times 100\%$$

注: 每组数据均扣除空白孔

表 1 弹性蛋白提升测试方案

组别	样品名称	给药浓度	检测模型	检测指标	检测方法
空白对照(BC)	/	/			
阴性对照(NC)	DMEM 培养基	/			
阳性对照(PC)	VC	10 μg/mL	原代人真皮成纤维细胞	弹性蛋白	ELISA
		1.000%			
样品组	全谱 HA 粉末	0.500%			
		0.100%			

1.2.2 人体功效测试方法

1.2.2.1 全谱 HA 皮肤安全性测试方法

选择 32 例(男性 5 人、女性 27 人)皮肤状态健康且年龄范围在 25-60 周岁的中国健康受试者。选择受试者前臂皮肤一侧作为实验组, 另一侧作为空白对照组, 实验组所用样品为全谱 HA 面霜(HA 含量 0.5%, 单位: m/v), 以单次封闭型斑贴试验方法, 吸取受试物约 0.020-0.025 g 置于斑试器内, 外用低致敏胶带贴敷于受试者前臂, 24 h 后去除受试物, 分别于去除后的 0.5 h、24 h、48 h 观察受试者皮肤反应, 按《化妆品安全技术规范》(2015 年版)中皮肤反应分级标准记录其结果。

1.2.2.2 全谱 HA 人体功效测试方法

选择 32 例面部皮肤干燥(TEWL>15g/h/m²; 皮肤含水量<60%)、鱼尾纹等级≥2 级, 年龄范围在 30-60 周岁的中国健康受试者, 受试者选取左面颊作为测试组(全谱 HA 面霜), 右面颊作为对照组(空白基底霜), 全谱 HA 面霜测试浓度为 0.5% (单位: m/v)。由受试者本人每日早晚各一次取适量样品均匀涂抹于面部。测试前对样品进行设盲, 避免影响测试结果, 并控制整个测试过程的环境条件为: 温度 21±1℃, 湿度 50±10%RH, 且受试者每次测试前在恒温恒湿环境下静候 30 min 以避免环境因素导致测试误差。

表 2 人体面部皮肤功效测试方案

序号	仪器名称	测试参数	测试时间点	测试部位
1	皮肤水分测试探头 Corneometer CM825CM825	皮肤角质层含水量	T0H/T30min/T2H/T4H/D28	面颊
2	经皮水分流失 TEWL 和水分蒸发热损失测试探头 Probe Tewameter TM Hex	皮肤经表皮水分流失 TEWL 值	T0H/T30min/T2H/T4H/D28	面颊
3	皮肤弹性测试仪 Cutometer Dual MPA580	皮肤弹性 R2 值	T0H/T30min/T2H/T4H/D28	面颊
4	皮肤表面纹理度测试系统 Visioscan VC20	皮肤皱纹参数 SEw 值	T0H/T30min/T2H/T4H/D28	鱼尾纹

根据表 2 人体面部皮肤功效测试方案, 在受试者使用测试样品前、使用样品 30 min、2 h、4 h、28 天后, 对受试者面部皮肤进行相关指标测定, 以此评价全谱 HA 对人体面部皮肤具有保湿、抗皱、紧致、修护的护肤功效。

1.3 数据处理

应用 GraphPad Prism 绘图软件对数据进行处理, 结果表示“Mean±SD”。使用 *t* 检验统计分析组间数据差异性, “ns”表示无显著性差异, **p*<0.05 表示有统计学差异, ***p*<0.01 表示有显著性统计学差异, ****p*<0.001 表示有极其显著的统计学差异。

2 结果与讨论

2.1 体外功效测试

2.1.1 全谱 HA 经皮渗透性

HA 经皮渗透性与其分子量大小密切相关, 分子量

越小其皮肤渗透性越好^[12]。基于体外 3D-表皮模型对全谱 HA 面霜进行经皮渗透性测试, 对照组分别为低分子 HA 面霜(LW-HA)、高分子 HA 面霜(HW-HA), 所有面霜中 HA 浓度均为 0.5% (单位: m/v), 通过测定 0.5h、2h、24h 接收室中样品的累积渗透量, 计算不同分子量 HA 在不同时间点的扩散百分率, 对比分析全谱 HA 的经皮渗透性。

扩散百分率测试结果如图 1 所示, 24 h 全谱 HA 皮下扩散百分率达到 12.9%, 而低、高分子 HA 扩散百分率分别为 10.0%与 3.16%。对比全谱 HA、低分子 HA 与高分子 HA 分子量分布结果, 各分子量段占比信息如表 3 所示, 其中全谱 HA 分子量分布中小分子量段(≤100 kDa)占比 50%以上, 小分子量段占比明显高于低分子与高分子 HA, 因此全谱 HA 具有良好的经皮渗透性。

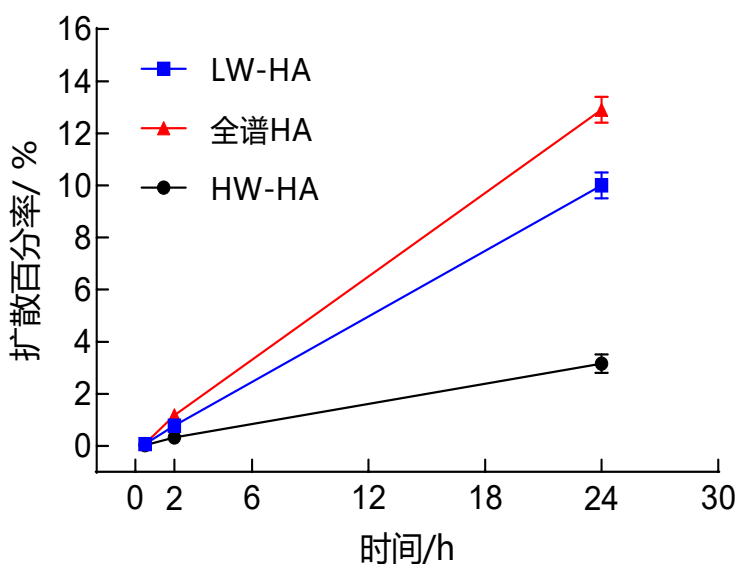


图 1 全谱 HA 与低分子 HA、高分子 HA 在不同时间点的扩散百分率

表 3 全谱 HA 与低分子 HA、高分子 HA 各分子量段所占比例

产品名称	全谱 HA	低分子 HA	高分子 HA
分子量分布系数 (Pd)	9.430	1.196	1.718
≤50 kDa	23.2%	0.4%	0.05%
50-100 kDa	26.9%	2.0%	0.05%
100-200 kDa	11.9%	41.8%	0.4%
200-300 kDa	5.3%	30.4%	0.5%
300-500 kDa	3.0%	22.5%	2.4%
≥500 kDa	29.7%	2.9%	96.6%

2.1.2 全谱 HA 弹性蛋白提升测试

弹性蛋白作为皮肤中的一种关键结构蛋白, 与胶原蛋白共同构成皮肤的支撑结构, 对于维持皮肤弹性与紧致度具有重要作用^[13]。采用双抗体夹心酶联免疫吸附法检测全谱 HA 对成纤维细胞弹性蛋白的上调率, 评估其促进弹性蛋白合成的能力。

当细胞活性小于 80% 时被定义为有细胞毒性^[14]。样品组全谱 HA 设置 7 个给药浓度, 在人真皮成纤维细胞上开展 MTT 细胞活力试验, 细胞活力变化趋势如图 2 所示, 全谱 HA 在 7 个给药浓度下细胞活力均 >

90%, 基于此实验结果, 选择 1.0%、0.5%、0.1% 三个样品浓度进行弹性蛋白提升测试。

如图 3A 所示, 全谱 HA 在 1.0%、0.5%、0.1% 浓度条件下对成纤维细胞弹性蛋白的含量具有明显的提升作用, 弹性蛋白的上调率分别为 $247.6\% \pm 0.5\%$ 、 $224.1\% \pm 2.3\%$ 、 $220.5\% \pm 3.3\%$ (如图 3B), 与 NC 阴性对照组相比, 具有极显著性差异 ($p < 0.001$)。结果表明, 全谱 HA 在 1.0%、0.5%、0.1% 三个浓度条件下均能够显著促进弹性蛋白的合成, 反映全谱 HA 对皮肤具有一定的紧致、抗皱功效。

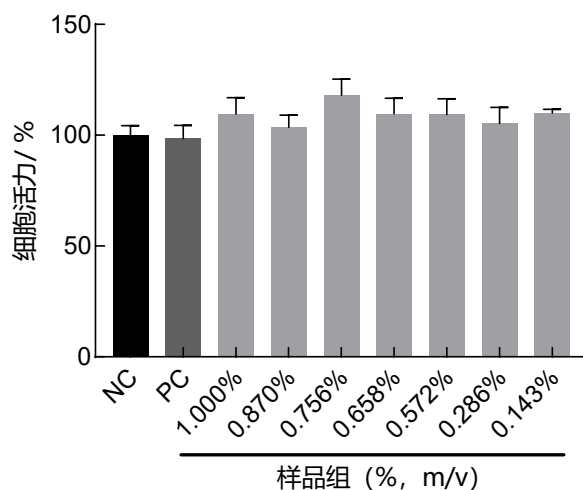


图 2 全谱 HA 细胞活力测试

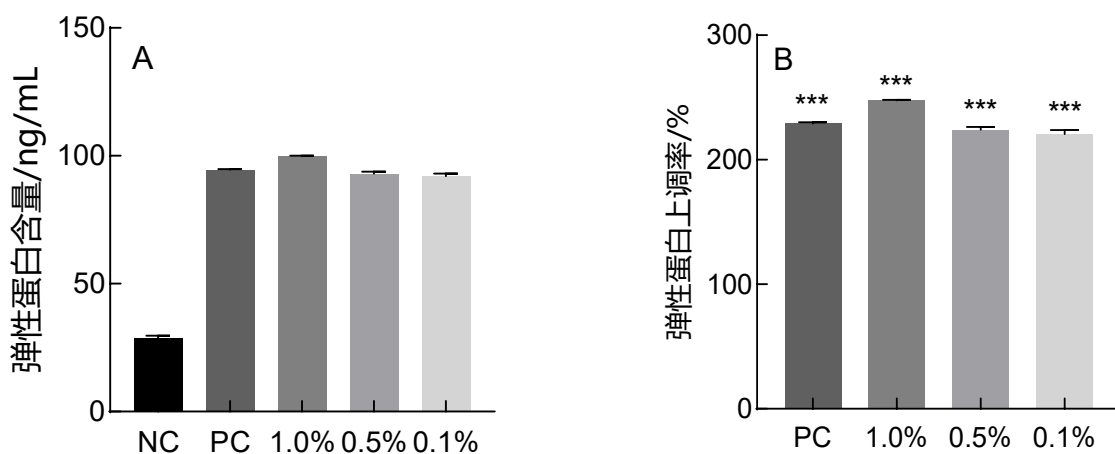


图 3 全谱 HA 对弹性蛋白的提升测试

2.2 人体功效测试

2.2.1 皮肤安全性测试

根据表 5《化妆品安全技术规范》封闭型斑贴试验皮肤反应分级标准^[15], 人体皮肤单次封闭型斑贴试验

结果显示, 32 名受试者无 1 例出现皮肤不良反应 (表 4)。说明含有 0.5% (单位: m/v) 浓度的全谱 HA 面霜具有良好的使用安全性。

表 4 全谱 HA 人体皮肤斑贴试验结果

组别	受试人数	观察时间	斑贴试验不同皮肤反应人数				
			0	1	2	3	4
全谱 HA 面霜	32 人	0.5 h	0	0	0	0	0
		24 h	0	0	0	0	0
		48 h	0	0	0	0	0
阴性对照组	32 人	0.5 h	0	0	0	0	0
		24 h	0	0	0	0	0
		48 h	0	0	0	0	0

表 5 封闭型斑贴试验皮肤反应分级标准

反应程度	评分标准	皮肤反应
—	0	阴性反应
±	1	可疑反应，仅有微弱红斑
+	2	弱阳性反应（红斑反应）；红斑、浸润、水肿、可有丘疹
++	3	强阳性反应（疱疹反应）；红斑、浸润、水肿、丘疹、疱疹
+++	4	极强阳性反应（融合性疱疹反应）；明显红斑、严重浸润、水肿、融合性疱疹； 反应超出受试区

2.2.2 皮肤角质层含水量测试

角质层作为皮肤的第一道防线，在维持皮肤屏障功能方面扮演着重要角色，角质层含水量是评价皮肤健康状态的重要指标^[16]。诸多研究表明，HA 能够有效提升皮肤角质层含水量^[17-19]。使用皮肤水分测试探头采集 32 名受试者左右面颊角质层含水量数据，对比分析测试组（全谱 HA 面霜）与对照组（空白基底霜）对

角质层含水量的影响。检测结果如图 4A 所示，与使用前相比，使用后的 0.5 h、2 h、4 h、28 天测试组与对照组角质层含水量均显著增加。如图 4B 所示，与对照组相比，测试组全谱 HA 对角质层含水量的提升更为显著，28 天后角质层含水量显著提高了 33.99%，对照组角质层含水量增长率仅为 12.02%，说明测试组全谱 HA 对人体面部皮肤具有良好的保湿功效。

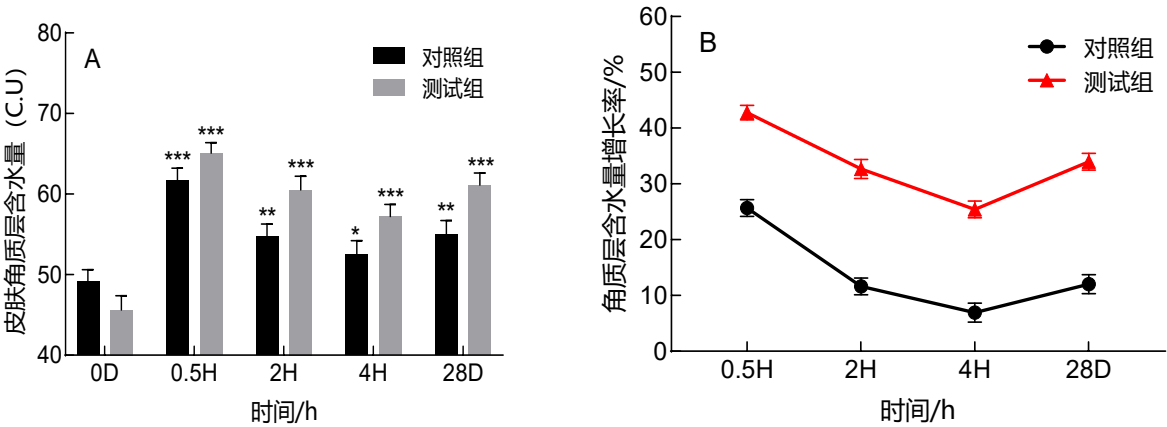


图 4 皮肤角质层含水量测试

2.2.3 皮肤经表皮失水 TEWL 值测试

皮肤经表皮失水 TEWL 值是衡量皮肤屏障完整性的重要参数，也是评估化妆品对皮肤修护效果的重要

标准^[20]。TEWL 的变化可作为一个敏感指标来跟踪皮肤的修护过程。在临床试验或功效性研究中，TEWL 常被用来评估产品的修护疗效^[21]。

TEWL 测量值越小, 说明单位时间、单位横截面积的经表皮失水量越少。如图 5A 所示, 与使用前相比, 测试组全谱 HA 在使用后的 0.5 h、2 h、4 h、28 天均能显著降低皮肤 TEWL 值。如图 5B 所示, 全谱 HA 对皮肤 TEWL 值的下调率显著高于空白对照组, 使用全

谱 HA 28 天后, 32 名受试者皮肤 TEWL 值降低 20.63%, 对照组空白基底霜皮肤 TEWL 值降低率 8.33%, 说明全谱 HA 能够改善皮肤屏障功能, 缓解皮肤角质层损伤, 具有良好的修护功效。

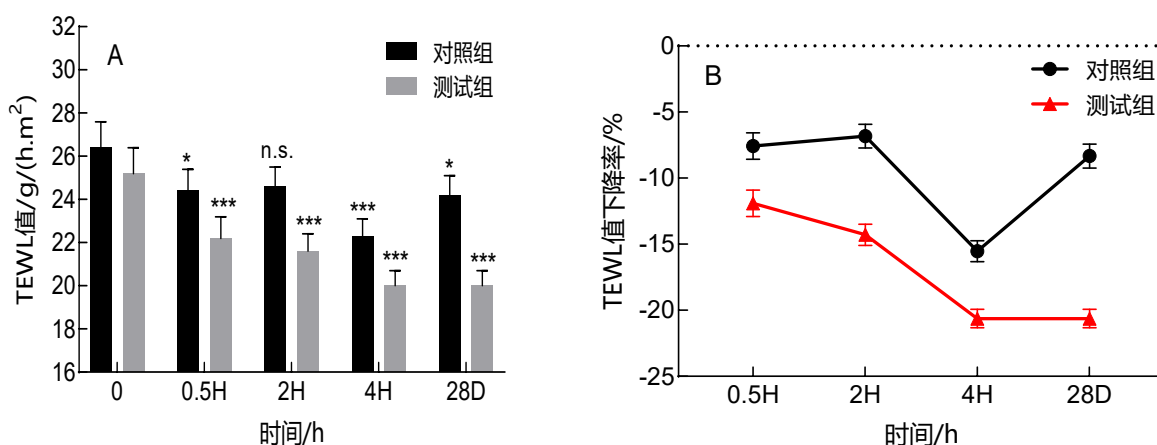


图 5 皮肤经表皮失水 TEWL 值测试

2.2.4 皮肤弹性 R2 值测试

皮肤弹性 R2 值用于量化皮肤在受到短暂变形后恢复其原始状态的能力, 可反映皮肤的即时恢复水平^[22]。R2 值是评价皮肤弹性与紧致度的重要测试指标, 通过测试使用前后 R2 值的上调率可精确评价护肤品的紧致抗皱功效^[23]。如图 6A 所示, 与使用前相比, 测试组全

谱 HA 在使用后的 0.5 h、2 h、4 h、28 天均能显著提高皮肤弹性, 且提升效果均高于空白对照组。使用 28 天后, 全谱 HA 对皮肤弹性的提升率为 23.14%, 而对照组对皮肤弹性的提升率仅为 2.21% (如图 6B), 与对照组空白基底霜相比, 说明全谱 HA 具有良好的提升肌肤弹性, 改善皮肤紧致度的功效。

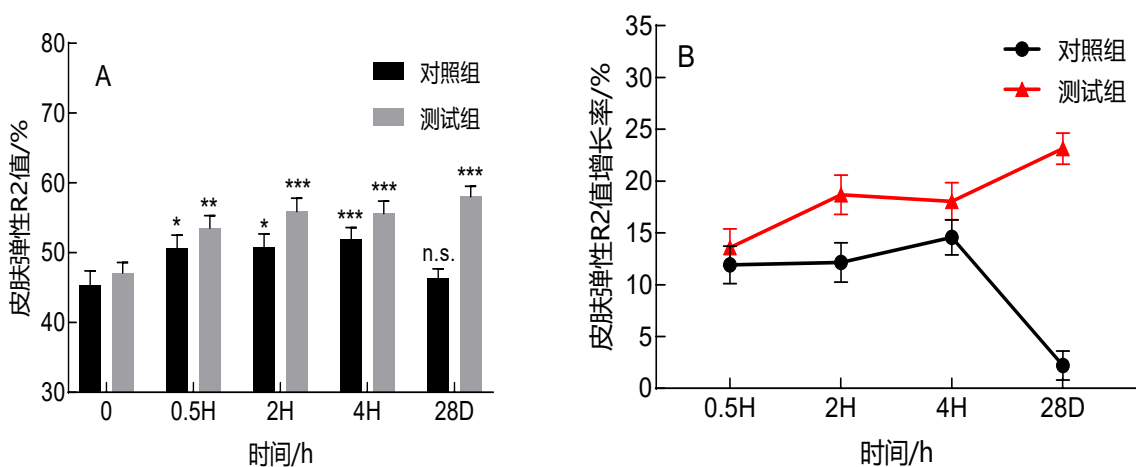


图 6 皮肤弹性 R2 值测试

2.2.5 皮肤皱纹参数 SEw 值测试

皮肤皱纹参数 SEw 值是用于量化和评估皮肤皱纹状况的重要标准, 可直观反映皮肤表面纹理的变化, 通过测试使用前后皱纹数量、长度、宽度等具体数值, 直

接量化皱纹表观变化, 是护肤品抗皱功效的主要测试指标^[24,25]。

如图 7 所示, 与使用前、与对照组相比, 测试组全谱 HA 在使用后的 0.5 h、2 h、4 h、28 天均能显著

降低皮肤皱纹; 使用 28 天后, 测试组皱纹参数 SEw 值降低 34.46%, 对照组空白基底霜皱纹参数 SEw 值

降低 21.81%, 说明测试组全谱 HA 具有显著的抗皱功效。

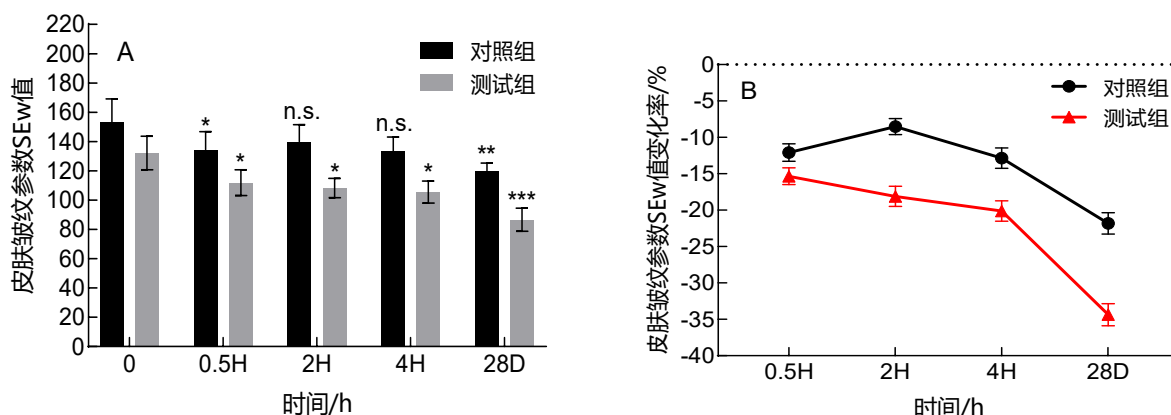


图 7 皮肤皱纹参数 SEw 值测试

3 结论

全谱 HA 体外功效测试结果表明, 全谱 HA 具有良好的经皮渗透性, 经 3D 表皮皮肤模型渗透 24 h 后皮下累积渗透量与渗透速率均显著高于低、高分子 HA, 24 h 全谱 HA 皮下扩散百分率达到 12.9%; 基于人原代成纤维细胞, 在体外使用 ELISA 试剂盒定量检测全谱 HA 对成纤维细胞弹性蛋白的提升效果, 结果表明全谱 HA 在 1.0%、0.5%、0.1% (m/v) 浓度下对弹性蛋白均具有显著的提升作用, 说明全谱 HA 具有一定的紧致抗皱功效。人体功效测试结果表明, 全谱 HA 具有一定的保湿、修护、紧致、抗皱、提升皮肤弹性的效果; 皮肤单次封闭型斑贴试验结果表明, 32 名受试者无 1 例出现皮肤不良反应, 0.5% 浓度 (m/v) 的全谱 HA 具有良好的使用安全性。

综合研究表明, 全谱 HA 具有良好的护肤功效, 可作为一种极具潜力的新型护肤原料在日化化妆品领域进行广泛的应用。全谱 HA 作为一种分子量分布较广的活性物质, 能够满足不同皮肤层的需求, 实现从表皮层到真皮层全方位的协同护肤功效, 达到全面护肤的效果。

HA 因具有多种功效现已成为护肤产品开发的热点, 未来研究将可能集中在进一步优化 HA 的分子量分布, 以实现精准护肤。本研究结果可对进一步开发 HA 护肤新产品提供一定的数据支持。

参考文献

[1] 蔡同凯, 刘谋治, 邓婕, 等. 透明质酸的作用机制及临床应

用研究进展[J]. 药学实践杂志, 2022(002):040.

[2] 陈建澍, 王婧茜, 易喻, 等. 透明质酸及其衍生物研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2015, 35(2):111-118.

[3] Dovedytis M, Liu Z J, Bartlett S. Hyaluronic acid and its biomedical applications: A review[J]. Engineered Regeneration, 2020(11):102-113.

[4] 朱益锐, 蔡志祥, 郭亚龙, 等. 基于透明质酸构建的功能材料及在生物医药领域中的应用[J]. 功能高分子学报, 2021, 34(1):23.

[5] 蒙亮亮, 杜桐, 王欣欣, 等. 透明质酸在化妆品中的应用研究进展[J]. 山东化工, 2018, 47(18):52-54+56.

[6] 王朋田, 刘宝珍, 张建勇, 等. 乙酰化透明质酸钠改善皮肤的护肤功效[J]. 香料香精化妆品, 2024(1):92-100.

[7] Jang M, Baek S, Kang G, et al. Dissolving microneedle with high molecular weight hyaluronic acid to improve skin wrinkles, dermal density and elasticity[J]. International Journal of Cosmetic Science, 2020, 42.

[8] Lee B M, Park S J, Noh I, et al. The Effects of the Molecular Weights of Hyaluronic Acid on the Immune Responses[J]. Biomaterials Research, 2021, 25(1).

[9] 张泽华, 刘志林, 陈晨. 超小分子透明质酸功效性能测试[J]. Detergent & Cosmetics, 2023, 46(5).

[10] 朱永刚, 张建勇, 王兰芝. 透明质酸钠舒敏抗炎修复效果研究[J]. 日用化学品科学, 2021(044-012).

- [11] Snetkov P, Zakharova K, Morozkina S, et al. Hyaluronic Acid: The Influence of Molecular Weight on Structural, Physical, Physico-Chemical, and Degradable Properties of Biopolymer[J].Polymers, 2020, 12(8):1800.
- [12] Essendoubi M, Gobinet C, Reynaud R, et al. Human skin penetration of hyaluronic acid of different molecular weights as probed by Raman spectroscopy[J].Skin Research & Technology, 2016, 22(1):55-62.
- [13] Weihermann A C, Lorencini M, Brohem C A, et al. Elastin structure and its involvement in skin photoageing [J].International Journal of Cosmetic Science, 2017.
- [14] Rodríguez-Cotto R I, Ortiz-Martínez M G, Rivera-Ramírez E, et al. Particle pollution in Rio de Janeiro, Brazil: Increase and decrease of pro-inflammatory cytokines IL-6 and IL-8 in human lung cells[J].Environmental Pollution, 2014, 194(nov.):112-120.
- [15] 朱晓敏,张晓军,何韶衡.化妆品过敏原皮肤斑贴试验的临床研究[J].安徽理工大学学报: 自然科学版, 2012, 32(1):4.
- [16] 陈教全,梁碧华,李华平,等.角质层结构及功能的研究进展[J].皮肤性病诊疗学杂志, 2020, 27(1):4.
- [17] Sam, Osseiran, Jomer, et al.Characterizing stratum corneum structure, barrier function, and chemical content of human skin with coherent Raman scattering imaging [J]. Biomedical Optics Express, 2018, 9(12):6425-6443.
- [18] Medaniel D H, Dover J S, Wortzman M, et al. In vitro and in vivo evaluation of a moisture treatment cream containing three critical elements of natural skin moisturization [J]. Journal of Cosmetic Dermatology, 2020, 19(5):1121-1128.
- [19] Guillaumie F, Malle B M, Schwach-Abdellaoui K, et al. A New Sodium Hyaluronate for Skin Moisturization and Antiaging[J].Cosmetics & Toiletries, 2006.
- [20] Kottner J, Lichterfeld A, Blume-Peytavi U. Transepidermal water loss in young and aged healthy humans: a systematic review and meta-analysis[J].Archives of Dermatological Research, 2013, 305(4):315-323.
- [21] Caberlotto E, Cornillon C, Njikeu S, et al. Synchronized in vivo measurements of skin hydration and trans - epidermal water loss. Exploring their mutual influences [J]. International Journal of Cosmetic Science, 2019, 41(5).
- [22] Ryu H S, Joo Y H, Kim S O, et al. Influence of age and regional differences on skin elasticity as measured by the Cutometer[J].Skin Research and Technology, 2008, 14(3).
- [23] Ohshima H, Kinoshita S, Oyobikawa M, et al. Use of Cutometer area parameters in evaluating age-related changes in the skin elasticity of the cheek[J].Skin Research and Technology, 2012.
- [24] Choi J W, Kwon S H, Huh C H, et al. The influences of skin visco-elasticity, hydration level and aging on the formation of wrinkles: a comprehensive and objective approach [J]. Skin Research & Technology, 2013, 19(1).
- [25] Dbrowska M, Nowak I. Noninvasive evaluation of the influence of aucubin-containing cosmetic macroemulsion on selected skin parameters[J].Journal of cosmetic dermatology, 2021, 20(3):1022-1030.
- [26] Oba A , Edwards C .Relationships between changes in mechanical properties of the skin, wrinkling, and destruction of dermal collagen fiber bundles caused by photoaging[J].Skin Research & Technology, 2010, 12(4):283-288.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS