

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.20.046

皮肤衰老与声光电医美抗衰老的原理及应用

管瑶瑶, 李俊博

(浙江大学医学院附属邵逸夫医院整形外科, 浙江 杭州 310001)

[摘要] 皮肤衰老是一个涉及表皮、真皮、皮下组织及皮肤附属器的多层面复杂生理过程, 主要表现为表皮更新减慢、屏障功能受损, 真皮胶原蛋白流失、弹性纤维变性, 皮下脂肪萎缩及皮肤附属器功能减退。为应对这些问题, 现代美容医学广泛应用光电声等多种能量类型的仪器进行干预。激光通过光热作用精准靶向治疗色素、血管问题及刺激胶原再生; 强脉冲光利用宽光谱实现综合嫩肤; 射频通过电磁波产热紧致提拉; 超声波聚焦能量于深层实现提拉; 冷冻减脂则利用低温选择性减少脂肪。这些技术可依据皮肤问题层次进行联合应用, 以达到协同增效、分层抗衰的目的。本文通过梳理皮肤衰老的多层次生理病理机制, 系统阐述了光电声等主流美容仪器的作用原理、治疗层次及临床应用, 旨在为医美从业者提供理论依据与诊疗思路。

[关键词] 皮肤衰老; 光电仪器; 抗衰老; 激光; 强脉冲光; 射频; 超声波; 冷冻减脂

[中图分类号] R62

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2025) 20-0187-04

Mechanisms and Applications of Skin Aging and Audio-optical-electrical Devices for Aesthetic Anti-aging

GUAN Yaoyao, LI Junbo

(Department of Plastic Surgery, Sir Run Run Shaw Hospital, Affiliated with Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310001, Zhejiang, China)

[Abstract] Skin aging is a complex multi-layered physiological process involving the epidermis, dermis, subcutaneous tissue and skin appendages. It is mainly characterized by slowed epidermal renewal, impaired barrier function, dermal collagen loss, elastic fiber degeneration, subcutaneous fat atrophy and decreased function of skin appendages. To address these issues, modern aesthetic medicine widely uses various energy-based devices such as audio, optical and electrical devices for intervention. Lasers achieve precise targeted treatment of pigment and vascular problems and stimulate collagen regeneration through photothermal effect. Intense pulsed light realizes comprehensive skin rejuvenation using a broad spectrum. Radiofrequency achieves firming and lifting by generating heat through electromagnetic waves. Ultrasound focuses energy on the deep layer to achieve lifting. Cryolipolysis selectively reduces fat using low temperature. These technologies can be combined according to the layers of skin problems to achieve synergistic effect and layered anti-aging. By sorting out the multi-layered physiological and pathological mechanisms of skin aging, this paper systematically elaborates the working principles, treatment layers and clinical applications of mainstream aesthetic instruments such as audio, optical and electrical devices, aiming to provide theoretical basis and diagnosis/treatment ideas for medical aesthetics practitioners.

[Key words] Skin aging; Optical and electrical devices; Anti-aging; Laser; Intense pulsed light; Radiofrequency; Ultrasound; Cryolipolysis

皮肤衰老 (skin aging) 是遗传因素与外在环境 (尤其紫外线) 共同作用导致的皮肤功能减退

及外观老化自然过程。随着人们对美容需求的提升, 光电类美容治疗应运而生并快速发展, 国际

第一作者: 管瑶瑶 (1992.7-), 女, 浙江杭州人, 硕士, 主治医师, 主要从事瘢痕整形临床与研究工作

通讯作者: 李俊博 (1996.10-), 男, 浙江杭州人, 硕士, 主治医师, 主要从事瘢痕整形临床与研究工作

美容整形外科学会数据显示^[1], 2024年其治疗量较2020年增长近42%, 市场潜力显著。皮肤衰老存在个体化差异且表现多元, 美容医生需深入掌握衰老机制、激光工作原理及组织相互作用规律, 以精准施治、改善肤质并减少并发症。皮肤由表皮、真皮、皮下组织及附属器构成, 衰老与表皮代谢减慢、真皮蛋白及成纤维细胞活性下降、皮下组织萎缩等多层面变化相关^[2]。光电类美容仪器通过光、电、波、冷冻等不同能量传递与作用形式, 分别与不同层次内的皮肤靶标作用, 产生对应的面部年轻化效果, 以满足不同求美者在不同年龄阶段的各种需求。本文从皮肤发生衰老的生理机制、美容光电仪器主要的能量类型与机理、联合应用的常用策略方面展开论述, 以期为医美从业者提供理论依据与诊疗思路。

1 皮肤发生衰老的生理机制

1.1 表皮层的变化 表皮是皮肤的最外层, 起着屏障和保护作用。年轻皮肤表皮基底层的细胞不断分裂、向上推移、分化并最终脱落, 当衰老发生, 这个周期可延长导致角质细胞堆积在表面。这使得角质层中天然保湿因子和脂质(如神经酰胺)合成减少^[3]。此外长期的紫外线照射, 引起皮肤黑色素细胞部分区域活性亢进, 导致老年斑、色素沉着等问题相继出现。有研究表明^[4], 可见光照射对深肤色的人群色素沉着更显著, 更易引发色斑。可见光可使黑色素光致敏、产生单线态氧而损伤细胞DNA, 进一步诱导基因突变或细胞老化。此外, 表皮与真皮连接处的表皮突变平, 接触面积减小, 不牢固, 更易发生真皮分离, 形成水泡或受损。

1.2 真皮层的变化 真皮层是皮肤的支撑结构, 由胶原蛋白、弹性纤维和基质组成, 是皮肤衰老变化最显著的一层。真皮中富含丰富、排列整齐的I型和III型胶原蛋白, 赋予皮肤强度和韧性。成纤维细胞数量减少、活性降低, 合成新胶原的能力下降。基质金属蛋白酶(MMPs)等酶类活性增加, 它们会降解胶原蛋白。降解后的胶原碎片积累, 并错误地交联, 形成结构混乱、功能低下的胶原网络。这是产生皱纹和松弛的主要原因^[5]。除了胶原蛋白, 赋予皮肤弹性和回弹能力的弹性纤维网络逐渐降解、断裂、卷曲, 导致皮肤失去弹性、松弛下垂, 深皱纹就此形成。原本真皮基质中富含透明质酸、糖胺聚糖等成分, 这类物质

的聚集有助于皮肤组织内水分子的保留。随着衰老的发生, 皮肤中的透明质酸含量逐渐减少, 使得保水能力下降, 皮肤不再年轻态, 呈现干燥缺乏弹性。此外, 真皮中的毛细血管网络变得稀疏, 血流量减少, 导致皮肤光泽度下降、肤色黯淡^[6]。

1.3 皮下组织的变化 皮下组织主要由脂肪细胞构成, 起到保温、缓冲和支撑作用。面部皮下脂肪分布均匀、饱满, 支撑着上面的皮肤, 形成圆润的轮廓。脂肪细胞的总量减少, 且原有的脂肪垫会发生萎缩、下垂和移位。这导致面部轮廓改变: 眼眶下脂肪流失形成眼袋和黑眼圈, 颊部脂肪流失和下垂导致法令纹加深、面部干瘪, 下颌缘脂肪堆积和下移则形成双下巴或轮廓不清^[7]。

1.4 皮肤附属器的变化 当皮脂腺汗腺随着皮肤衰老出现功能减退, 分泌的皮脂和汗液减少, 会造成皮肤的干燥, 体温调节能力也下降。皮肤毛囊黑色素细胞随着衰老凋亡逐渐减少, 使头发变灰白, 体毛减少, 毛发变细^[8]。

2 美容光电仪器主要的能量类型与机理

美容光电仪器核心能量类型主要分为光、电、声、低温^[2], 围绕不同能量类型仪器的特性及作用靶标展开讨论, 有助于光电治疗师掌握仪器要点, 避免不必要风险, 并列举常见的光电设备的主要功效、作用层次及风险(见表1)^[9]。

2.1 光——激光、强脉冲光

2.1.1 激光 激光“单一波长、相干性好、能量集中”, 能较为精准地用于治疗特定靶组织。按作用层次可分为剥脱性激光和非剥脱性激光。剥脱性激光能够气化并剥脱一部分表皮, 刺激深层胶原再生, 效果显著但恢复期长。非剥脱性激光具有不损伤表皮, 直接加热真皮层, 刺激胶原再生, 恢复期短。按靶目标可分为色素性激光、血管性激光和水分子激光。色素性激光的靶目标是黑色素, 用于洗纹身、去除各种色素性斑点(太田痣、咖啡斑、老年斑等), 还能美白嫩肤(皮秒净肤)、改善细纹和瘢痕。血管性激光的靶目标是氧合血红蛋白, 脉冲染料激光是治疗血管性病变(如鲜红斑痣、毛细血管扩张、玫瑰痤疮、红痘印)的金标准。水分子激光的靶目标是皮肤中的水, 主要用于汽化组织, 实现剥脱性换肤^[10]。

2.1.2 强脉冲光 强脉冲光(IPL/DPL/AOPT)与激

光不同，是宽光谱的光，就像一个“彩光”，包含多种波长，因此可以同时处理多种问题。通过滤光片筛选出针对不同靶目标的波段，能够综合性改善皮肤问题，包括祛斑（浅层）、去红血丝、脱毛、嫩肤、改善毛孔^[11, 12]。

2.2 电——射频 射频是利用电磁波产生热能，作用于真皮层和皮下组织，使胶原纤维立即收缩并刺激长期的新生，从而达到紧致、提拉、祛皱的效果。单极射频穿透深，可达真皮深层甚至筋膜层，单次治疗效果显著。多极射频为多个正负极相互作用，能量更集中，加热更均匀，舒适度更高，需多次治疗。点阵射频则通过微针将射频能

量直接导入真皮层，效果更强，适用于痘坑、瘢痕、毛孔粗大^[13]。

2.3 声——超声波 利用超声波的能量精准聚焦于皮下不同深度，产生热凝固点，刺激胶原再生，能量能精准绕过表皮，作用于SMAS筋膜层、真皮深层、脂肪层等，实现深层次的提拉紧致，被认为是无创的“拉皮手术”^[14]。

2.4 低温——冷冻减脂 冷冻减脂利用脂肪细胞对低温比其他组织更敏感的特性，通过特定低温使其自然凋亡，并通过身体代谢排出。无创减少局部顽固脂肪，如腹部、腰部、大腿、手臂的“拜拜肉”^[15, 16]。

表1 常见光电设备的主要功效、作用层次及风险

技术类型	代表设备举例	主要功效	作用层次	主要风险
剥脱性点阵激光	CO ₂ 激光、铒激光	去皱、痘坑、瘢痕	表皮、真皮	可能反黑、灼伤、疼痛、
非剥脱点阵激光	1550 nm 点阵激光	细纹、毛孔、色素	真皮	护理繁琐
调 Q/ 皮秒激光	PicoWay、C6	祛斑、洗纹身、嫩肤	表皮、真皮	紫癜、色素沉着，色素减
血管激光	Vbeam	去红血丝、痘印	血管	退，黄褐斑激惹
强脉冲光(IPL)	M22、DPL	综合嫩肤、祛斑、去红	表皮、真皮浅层	
射频(RF)	热玛吉、热拉提、黄金微针	紧致、提拉、祛皱	真皮、皮下组织	可能烫伤、疼痛、成本高
超声波	超声炮	深层提拉、紧致	SMAS 筋膜层	神经损伤、凹陷
冷冻减脂	酷塑	减少局部脂肪	脂肪层	反常性脂肪增生(PAH)

3 联合应用的常用策略

3.1 常见策略一 深层支撑+中层紧致+浅层焕肤（全面面部年轻化）是最经典的“全层抗衰”组合，针对的是同时有松弛、皱纹、色素、毛孔等多重问题的人群。首先，深层提拉（超声波）作用于SMAS筋膜层和真皮深层，进行深层的提拉和固定，为面部打造一个坚实的“地基”，解决深层松弛和下垂问题。然后，中层紧致（射频），接着使用射频大面积加热真皮中层，使胶原蛋白广泛收缩并刺激新生，实现全脸的紧致和祛皱，改善皮肤质地。这一步巩固了深层提拉的效果，并让皮肤变得更饱满。最后，浅层焕肤（激光/IPL），解决表皮和真皮浅层的色素沉着（色斑、痘印）、毛细血管扩张（红血丝、泛红）、毛孔粗大等问题，实现肤质和肤色的整体提升。超声波和射频可以同一天进行（先超声后射频），两者作用的皮肤层次不同，能量原理也不同。超声解决深层松弛和下垂，射频解决中层胶原流失和细纹，几乎没有能量冲突^[17]。先超声后射频，原

因是聚焦超声需要医生在治疗前清晰地看到组织的原始结构，以精准定位SMAS筋膜层。如果先做射频，组织受热后可能产生轻微水肿，会影响医生对超声治疗层次的判断。临床研究表明^[18, 19]，超声联合射频的组合在技术上是成熟且安全的，是深层提拉与中层紧肤的强强联合。虽然层次不同，但两者对皮肤而言都属于热效应治疗，在同一次治疗中结合，对皮肤的整体热刺激会更强。需要医生根据个人皮肤厚度、耐受力精确调整能量参数，避免过度热损伤。浅层焕肤建议与其他治疗间隔1个月左右，由于浅表焕肤的激光/LPL治疗存在于表皮及真皮浅层，在经历超声波、射频治疗后的该层次皮肤对激光/LPL能量的吸收与作用效果，与常规状态下发生改变，常规参数易造成较大并发症出现可能，因此建议与其他治疗间隔一定时间。

3.2 常见策略二 身体/面部塑形+紧肤（减脂与紧肤的联合），这个组合专门针对身体塑形或面部轮廓改善（如双下巴），解决减脂后可能出现的

皮肤松弛问题。首先,减少脂肪(冷冻减脂)通过冷冻减脂技术,精准减少治疗区域(如腰腹、大腿、双下巴)的脂肪细胞数量。然后,收紧皮肤(射频或超声波)在脂肪减少后(通常等待1~3个月,待机体代谢掉凋亡的脂肪细胞后),使用射频或超声波对治疗区域进行紧致治疗。这能有效刺激胶原再生,收紧因脂肪减少而可能松弛的皮肤,避免皮肤松垮,塑造更平滑、紧致的轮廓。临床中建议完成冷冻减脂,等待1~3个月看到效果后,再进行紧肤治疗^[20]。无创溶脂技术尽管不能达到与吸脂术相同的效果,但对于不想承担与手术相关的风险或费用的患者而言,该技术是一个有吸引力的选择。

联合应用是医美发展的必然趋势,类似联合用药,可针对多元衰老问题发挥协同作用以提升疗效。联合治疗需经验丰富医生结合患者皮肤状况、耐受度及诉求制定个性化方案,其虽疗效更全面,但费用较高且需要统筹恢复期,治疗效果取决于对能量特性的理解、正确治疗顺序及精湛操作,并非方案越复杂越好。

4 总结

皮肤衰老是皮肤各层次结构与功能衰退的结果,多种能量型美容仪器应运而生,其核心是通过物理能量作用于不同皮肤层次,激发组织修复再生。激光技术通过光热效应解决色素、血管及肤质问题;强脉冲光提供综合性改善;射频利用热能刺激胶原实现紧致祛皱;超声波聚焦能量于深层实现提拉支撑;冷冻减脂则选择性消除脂肪细胞。联合应用上述技术,如先深层提拉再浅层焕肤,或先减脂后紧肤,可实现分层靶向治疗,且其与肉毒毒素注射、玻尿酸填充、脂肪移植及抽吸等注射类、手术类治疗的联合方案正逐步推广。光电治疗应用前景广阔,要求医生精细化掌握各类设备的作用原理、疗效及安全性,以满足求美者需求。

【参考文献】

- [1] Triana L, Palacios Huatuco RM, Campilgio G, et al. Trends in Surgical and Nonsurgical Aesthetic Procedures: A 14-Year Analysis of the International Society of Aesthetic Plastic Surgery-ISAPS[J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2024, 48(20): 4217-4227.
- [2] 杨翠霞. 面颈部皮肤松弛的光电治疗进展[J]. *中国激光医学杂志*, 2018, 27(3): 243-247.
- [3] 吴金燕, 蒋献. 神经酰胺与皮肤屏障[J]. *中国皮肤性病学杂志*, 2011, 25(1): 64-65.
- [4] 王小燕, 刘子菁, 马仁燕, 等. 皮肤光老化研究新进展[J]. *中国麻风皮肤病杂志*, 2019, 35(5): 305-308, 312.
- [5] 高博雅, 李平兰. 微生物发酵技术生产水产胶原蛋白肽的研究进展[J]. *中国酿造*, 2023, 42(3): 1-7.
- [6] 于皓玥, 章婧, 蔺茂强, 等. 真皮衰老与成纤维细胞老化关系的研究进展[J]. *皮肤科学通报*, 2023, 40(5): 559-563, 578.
- [7] 洪城. 面部脂肪室衰老的解剖学变化及其应用的研究进展[J]. *中华整形外科杂志*, 2023, 39(1): 107-111.
- [8] 曹雨微. 衰老性脱发[J]. *中国皮肤性病学杂志*, 2024, 38(3): 243-246.
- [9] 张子远, 陆美琪, 姜笃银. 靶向皮肤衰老微环境的抗衰对策研究进展[J]. *中国美容医学*, 2025, 34(5): 170-173.
- [10] Lee SJ. Successful treatment of pigmentary disorders in asians with a novel 730-nm picosecond laser[J]. *Lasers in surgery and medicine*, 2020, 52(10): 923-927.
- [11] 施安宇, 田艳丽, 何笛瑜. 强脉冲光在皮肤美容中的应用[J]. *中国医疗美容*, 2023, 13(3): 24-31.
- [12] Babilas P. Intense pulsed light (IPL): A review[J]. *Lasers in surgery and medicine*, 2010, 42(2): 93-104.
- [13] 杨海平, 顾恒. 射频技术在美容皮肤科的应用[J]. *临床皮肤科杂志*, 2005, 34(7): 485-486.
- [14] 朱金土, 赵启明. 微聚焦超声在面颈部抗衰美容中的应用专家共识(2025版)[J]. *中国美容医学*, 2025, 34(4): 1-5.
- [15] 董继英. 冷冻溶脂技术治疗亚洲人群皮下局部脂肪堆积的效果[J]. *组织工程与重建外科杂志*, 2022, 18(3): 252-257.
- [16] Kania B, Goldberg DJ. Cryolipolysis: A promising nonsurgical technique for localized fat reduction[J]. *J Cosmet Dermatol*, 2023, 22 Suppl 3: 1-7.
- [17] Hugul H. Focused radiofrequency and ultrasound for face and neck rejuvenation: A retrospective evaluation of 158 patients[J]. *Journal of cosmetic dermatology*, 2022, 21(1): 290-295.
- [18] 邬宗周. 高频聚焦超声联合双极射频技术在女性腹部脂肪堆积中的临床疗效研究[J]. *世界临床药物*, 2021, 42(11): 983-986.
- [19] 张琳琳. 单极射频联合聚焦超声对抗衰患者皮肤皱纹及面部轮廓的影响[J]. *医学美容*, 2024, 33(20): 76-80.
- [20] Rzepecki AK. Update on noninvasive body contouring techniques[J]. *Cutis*, 2018, 101(4): 285-288.

收稿日期: 2025-9-28 编辑: 扶田