

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.22.045

•综述•

聚焦超声技术在皮肤美容中的应用

杨梦婷¹, 黄汉年¹, 陈小容², 李云旭¹, 吴兆菊¹, 刘豪成¹, 王茂军¹

(1. 深圳拓邦股份有限公司, 广东 深圳 518100;

2. 岳阳市人民医院康复医学科, 湖南 岳阳 414000)

[摘要] 随着人们对面部衰老改善需求日益增高, 新兴抗衰技术的关注度逐渐提升。聚焦超声是一种新型非侵入性治疗技术, 其通过在真皮及皮下组织内部精准释放能量并产生热能, 促使胶原蛋白即时变性与收缩, 从而实现对筋膜层的有效悬吊与提拉。与此同时, 该技术还可刺激机体新生胶原蛋白与弹性蛋白, 从而长期改善面部皮肤松弛问题。本文基于聚焦超声技术应用机制、在皮肤美容中的应用现状展开综述, 以期为超声聚焦技术在皮肤美容中的应用提供参考。

[关键词] 聚焦超声技术; 面部年轻化; 超声刀美容仪技术

[中图分类号] R622

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2025)22-0183-04

Application of Focused Ultrasound Technology in Cosmetic Dermatology

YANG Mengting¹, HUANG Hannian¹, CHEN Xiaorong², LI Yunxu¹, WU Zhaoju¹, LIU Haocheng¹, WANG Maojun¹

(1. Shenzhen Topband Co., Ltd., Shenzhen 518100, Guangdong, China;

2. Department of Rehabilitation Medicine, Yueyang People's Hospital, Yueyang 414000, Hunan, China)

[Abstract] With the increasing demand for improving facial and neck aging among people, the attention to emerging anti-aging technologies has gradually risen. Focused ultrasound is a novel non-invasive treatment technology. It precisely delivers energy and generates thermal energy within the dermis and subcutaneous tissue, prompting immediate denaturation and contraction of collagen, thereby achieving effective suspension and lifting of the fascia layer. Meanwhile, this technology can also stimulate the body to produce new collagen and elastin, which can improve facial and neck skin laxity in the long term. This paper reviews the application mechanism of focused ultrasound technology and its current application status in cosmetic dermatology, aiming to provide a reference for the application of focused ultrasound technology in cosmetic dermatology.

[Key words] Focused ultrasound technology; Facial rejuvenation; Ultrasound knife beauty device technology

皮肤老化(skin aging)是伴随年龄增长的自然过程, 表现为皱纹、色素异常、毛孔粗大及毛细血管扩张等症状, 并受紫外线、化学物质和压力等外部因素影响而加剧^[1]。除表皮变化外, 皮肤老化还涉及真皮变薄、面部脂肪减少及骨组织流失等深层结构改变, 共同影响面部外观^[2]。随着微创美容技术的发展, 聚焦超声作为一种非侵入性紧肤技术, 通过精准加热真皮网状层与皮下组织, 促进胶原蛋白重塑, 实现皮肤紧致与年轻化^[3]。近年来, 聚焦超声技术在溶脂塑形和皮肤美容领域展

现出广阔前景, 临床研究证实其可有效改善皮肤松弛与皱纹, 已成为一种重要的非侵入性抗衰老手段。本文系统综述了聚焦超声的技术特点及应用现状, 以期为该技术在医疗美容领域的进一步应用提供参考。

1 聚焦超声技术的概述

聚焦超声技术的核心原理是利用特殊设计的换能器, 将超声波能量精确汇聚在皮下特定靶点上, 在微观层面形成可控制的热效应区域, 当局

第一作者: 杨梦婷(1991.7-), 女, 湖北荆州人, 硕士, 主要从事超声生物医学工程技术研究与应用

通讯作者: 黄汉年(1989.4-), 男, 广东茂名人, 博士, 高级工程师, 主要从事超声生物医学工程技术研究与应用

部组织温度在毫秒级时间内达到65 °C以上的临界阈值时,蛋白质分子会发生构象变化并产生热凝固效应,这种瞬时热力学响应能立刻实现组织收缩与提拉效果,且由于热作用区域有高度选择性,可有效避免对周围正常组织结构造成机械性损伤。从组织学角度分析,该技术凭借热刺激触发真皮层的创伤修复机制,促使胶原纤维逐渐发生重构并有序排列,这个生物学过程最终表现为脂肪组织的选择性消融、皮肤弹性模量的提升以及皱纹形态学的整体改善^[4-6]。聚焦超声的治疗机制有时序性特点:短期效应主要是热效应导致软组织水肿与筋膜层即时收缩共同作用的结果,而长期疗效则是胶原基质重塑与浅层脂肪结构重构这两种生物学效应导致的^[7]。从技术发展维度来看,超声美容设备经历了从专业医疗领域到家用美容场景的范式转变,其发展轨迹可分为几个关键节点:2008年有里程碑意义的Ulthera®系统问世,作为全球首个获得FDA认证的MFU设备,它获批用于眉部提升,标志着超声技术正式进入医学美容领域;2010年Ultherapy®系统凭借创新性的双频技术实现了对SMAS筋膜层的精准靶向作用,确立了行业技术标准,不过该技术方案在亚洲人群应用中出现了疼痛阈值低、神经损伤风险高等局限性;2021年国内企业半岛医疗推出的“超声炮”设备突破性地采用大焦域结合超脉冲技术,作为首个通过NMPA认证的国产聚焦超声系统,它针对亚洲人皮肤解剖特点进行了优化设计,到2025年,超声线提技术凭借整合声波能量与埋线原理的协同效应,创新性地构建了“胶原拉力线”力学模型,该技术方案凭借高频机械振动作用于4.5 mm深度的筋膜层,在无麻醉条件下实现即时提拉效果,并依靠诱导胶原蛋白的持续新生以获得更持久的年轻化效果。

随着技术不断迭代更新,超声美容仪从医疗治疗到专业医美,再到生活美容,技术不断优化,安全性、舒适度和效果持续提升。

2 聚焦超声技术的作用机制

聚焦超声技术依靠高精度超声换能器来达成声波能量的空间聚焦,在靶组织内部形成有治疗价值的高能量密度区域,这项技术的治疗机制主要是基于超声波与生物组织相互作用所产生的多种生物学效应,覆盖热效应、机械效应、空化效应以及生物化学效应等,其中热效应和空化效

应在美容医学领域有着关键的治疗价值^[8, 9]。从物理机制层面剖析,空化效应源自高强度超声波的周期性正负压变化,使得组织内气体分子形成微气泡并历经动力学演变过程,最终借助气泡溃灭释放的瞬时能量达成细胞水平的精准损伤^[10]。热效应则是依靠组织对超声波的吸收作用,实现机械能向热能的转变,在靶区产生可控的温度梯度变化。该技术凭借超声波特有的方向可控、深层穿透以及精确聚焦特性,可在不损害邻近正常组织的情况下,将治疗能量精准地传递至真皮层、皮下组织以及浅表肌肉腱膜系统等不同解剖层次^[9];热效应引发的胶原蛋白构象变化可触发即刻的组织收缩效应,同时借助激活创伤修复级联反应,推动新生胶原纤维和弹力纤维的合成与重构,有效改善皮肤松弛等衰老迹象^[11]。治疗参数优化要综合考量超声焦域的空间特征与组织响应特性的相互作用,这些因素共同决定了治疗深度、作用范围以及能量沉积效率。基于此,临床实施过程中要依据换能器参数特性与靶组织生物物理学特征的匹配关系,制定个体化的治疗策略,以保证在维持治疗安全性的同时取得最优临床效果^[12]。聚焦超声技术通过体外高强度超声波束精准聚焦于真皮及皮下筋膜层,在靶区产生可控的热凝固效应,形成微创损伤点。该选择性热损伤可有效激活机体修复反应,刺激新生胶原蛋白合成与重组,从而实现紧肤除皱的临床效果。其作用原理与二氧化碳点阵激光类似,均通过诱导皮肤微创以启动修复机制,促进胶原重塑^[13]。

3 聚焦超声技术的应用方案及在临床医学领域中的应用

3.1 超声刀美容仪技术 超声刀作为一种依托高强度聚焦超声技术的医疗美容器械,其概念最初由我国海扶医疗提出并得以商业化应用,它的核心原理是借助治疗头达成多点聚焦的单排线式能量输出,在临床运用时,这项技术需要专业医师操作或者借助设备预设程序来完成面部区域的系统性治疗规划。在当前的行业规范里,对于超声刀美容仪还未形成统一的定义标准,不过普遍都认同其能依靠精确控制治疗深度来达成真皮层及筋膜层的靶向热效应,有效推动胶原蛋白重构的生物学机制,虽然家用型超声刀设备在操作便捷性以及治疗精准性方面有着一定优势,但其技术特性也给予了十分突出的临床局限:治疗过程中

患者会感到较为突出的疼痛感，且存在因能量参数设置不当或操作时间控制失误而引发的潜在风险，如皮肤灼伤、水疱形成以及深部组织损伤等不良反应。

3.2 超声炮美容仪技术 超声炮美容仪是一种新型美容项目，采用微点聚焦的方式，利用超声波能量对皮肤不同层次进行加热，刺激胶原蛋白再生，以达到嫩肤、紧致等面部年轻化的目的。超声炮美容仪采用单点滑动扫描技术，减少传统超声刀的定点灼热感，降低疼痛感。超声炮治疗能有效收紧皮肤，但对于深层组织的提拉复位作用有限^[14]。

3.3 超声线提美容仪技术 超声线提美容仪技术是一种创新的非侵入性抗衰老技术，该技术依据线性聚焦超声波原理，在SMAS筋膜层打造出定向热凝结点线体结构，此技术借助体外导入热效应以达成隐形线雕效果，能有效促使胶原组织沿着力学轴线收缩并再生，构建具有持久性的自体胶原拉力框架，在技术实现方面，该美容仪将超声波能量和埋线原理相结合，其高频振动可精准作用于4.5 mm深度的皮肤筋膜层，推动胶原蛋白收缩与新生，最终形成有提拉紧致作用的自体胶原拉力线。该技术通过能量点形成的胶原收缩线，可模拟传统埋线提拉组织，同时避免手术创伤。以新兴品牌“轻成”的应用实践为例，其采用的TPS精准能量控制系统，能在皮下4.5 mm筋膜层稳定构建胶原蛋白拉力网，实现安全可靠的非侵入式紧致提升。此外，该系统结合AI智能识别技术，可自动规避面部神经、血管等敏感区域，降低治疗过程中的不适感。

高能聚焦超声技术可在较短的时间内释放出高强度的能量，以达成肿瘤组织的精确切割及脂肪溶解与体型重塑。与之相比，微聚焦超声技术主要借助其热效应来起到双重作用，一方面诱导胶原纤维出现挛缩变形；另一方面促进新生胶原蛋白的合成，改善皮肤松弛问题。该项技术能够实现即时可见的临床改善，疗效可持续3~6个月。凭借精确的深度调控能力，其热效应可精准作用于真皮及皮下组织层，同时有效保护表皮层与真皮连接区，避免受到热损伤。

4 安全性及有效性

Kwon TR等^[16]基于猪模型开展的实验研究显示，对高强度聚焦超声技术在皮下脂肪消减方面

的安全性和有效性做了系统评估，实验运用ZR-RX25型热像仪监测发现，皮肤表面温度保持在33.1~35.6 °C，而聚焦区域温度能达到55~70 °C，当局部温度达到70 °C这个临界值时，可选择性地诱导脂肪组织发生凝固性坏死，同时不会损伤表皮结构；该实验组织病理学分析说明，治疗后90 d，治疗区域的皮下脂肪厚度有明显减少，且脂肪层边界处呈现出胶原纤维收缩以及增厚的特征性变化。聚焦超声的治疗效果受到多个参数影响，像超声焦域的几何特征以及组织特异性响应等，这些因素共同调控治疗深度、损伤范围及作用强度。在临床应用中，需要综合考量换能器参数特性及靶组织生物学响应的个体差异，以此来制定精准的治疗方案。Suh DH等^[17]凭借前瞻性双盲对照研究证实，采用7.5 MHz和4.4 MHz双频探头治疗鼻唇沟及下颌区，2个月随访时发现所有受试者都有改善，其中77%达到了较大改善标准。Lee HJ等^[18]依靠对比研究发现，1.5 mm和3.0 mm治疗头在改善毛孔粗大方面分别有86%与91%的有效率，且皮肤弹性与皮脂分泌改善呈现出突出的正相关。微聚焦超声技术借助4.5 mm与3.0 mm的双重聚焦深度实现面部分层年轻化^[19]，Smith JR等^[20]创新性地应用4.5 mm (4.5MHz) +3.0 mm (7MHz) 双模式治疗脂肪团，90 d后BODY-Q评分提升了23.8分，证明该技术可改善体形满意度。

聚焦超声技术在医美领域的应用虽已证明有效且安全，但仍存在局限：一方面，现有研究多因样本量小、对照组设置不合理、随访期短而证据不足，需更多长期随机对照试验系统验证；另一方面，临床操作若不规范易引发不良反应，未来需从机制与策略入手，并在基础研究中深化其安全有效性评估^[15]。

5 技术发展与挑战

我国聚焦超声技术起步相对较晚，其国家药品监督管理局（NMPA）批准的适应证目前主要集中于慢性疼痛、皮肤瘢痕及产后康复等领域的辅助治疗。然而，国产超声治疗仪的临床研究已证实其在改善面颈部皮肤松弛、皱纹及毛孔粗大方面具有理想疗效和良好安全性^[15]。以高强度聚焦超声（HIFU）为代表，该技术正凭借其无创、精准定位等优势，从传统的肿瘤治疗领域，迅速向神经系统疾病、免疫调节及靶向药物递送等新

兴领域拓展,同时正在从单一的“无创手术工具”转变为多功能治疗平台,且具有“精准消融装置”“神经调控系统”“免疫调节因子”“靶向给药载体”等多种治疗功能。这种适应证的突破性扩展,不仅标志着技术的重大进步,更预示着未来临床治疗将向精准化、微创化与个体化发生深刻变革。

6 总结

面部年轻化技术历经了从手术、微创线雕到无创光电仪器的发展。尽管手术与线雕效果理想,但存在创伤大、恢复期长等问题。因此,无创、恢复快的光声电技术日益受到青睐,聚焦超声技术是其中的主流选择之一。该技术通过聚焦超声波能量刺激深层胶原蛋白再生,能有效改善皮肤松弛与皱纹,同时规避了传统有创治疗的风险与不便。

【参考文献】

- [1]Dover JS,Hruza GJ,Arndt KA.Lasers in skin resurfacing[J]. Semin Cutan Med Surg,2000,19(4):207-220.
- [2]周露琪,马刚,林晓曦.超声刀在微创美容中的应用[J].组织工程与重建外科杂志,2021,17(1):86-89.
- [3]Polacco MA,Butz DR,Bass R,et al.Nerve Blocks Prior to Microfocused Ultrasound Treatment are Safe and Reduce Patient Discomfort[J].Aesthet Surg J,2020,40(8):887-891.
- [4]冯家宜,黄绿萍.基于能量层面的光声电技术在面部年轻化中的应用[J].中华整形外科杂志,2019,35(12):1167-1171.
- [5]张丽超,骆丹,牛军州,等.微聚焦超声用于面部紧致的罕见不良反应[J].中华皮肤科杂志,2019,52(12):937-939.
- [6]Polacco MA,Butz DR,Bass R,et al.Nerve Blocks Prior to Microfocused Ultrasound Treatment are Safe and Reduce Patient Discomfort[J].Aesthet Surg J,2020,40(8):887-891.
- [7]彭阳红,焦泽龙,雷涛,等.一种弧形打点的微聚焦超声在中下面部年轻化的应用观察[J].中国医疗美容,2024,14(2):60-65.
- [8]李浩.聚焦超声消融浅表组织的量效关系及中长期皮肤紧致机制研究[D].重庆:重庆医科大学,2022.
- [9]中国整形美容协会新技术与新材料分会,中华医学会医学美学与美容学分会激光美容学组,中华医学会医学美学与美容学分会皮肤美容学组,等.聚焦超声医疗美容临床应用中国专家共识(2025版)[J].实用皮肤病学杂志,2025,18(2):81-88.
- [10]牛金海.超声原理及生物医学工程应用[M].上海:上海交通大学出版社,2020.
- [11]Vachiramon V,Pavicic T,Casabona G,et al.Microfocused Ultrasound in Regenerative Aesthetics:A Narrative Review on Mechanisms of Action and Clinical Outcomes[J].J Cosmet Dermatol,2025,24(2):e16658.
- [12]中国整形美容协会抗衰老分会,中国整形美容协会中西医结合分会,浙江省整形美容行业协会,等.微聚焦超声在面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.
- [13]刘中林.超声刀在中下面部美容术中的应用体会[J].中国医疗美容,2016,6(7):2-4.
- [14]刘海燕,张伟,王新杰.面部吸脂加埋线提升联合超声炮治疗对面部衰老患者的效果观察[J].临床研究,2024,32(7):64-67.
- [15]彭阳红,瞿绍军,费月海,等.聚焦超声在医疗美容领域的应用进展[J].中国医疗美容,2023,13(7):79-83.
- [16]Kwon TR,Im S,Jang YJ,et al.Improved methods for evaluating pre-clinical and histological effects of subcutaneous fat reduction using high-intensity focused ultrasound in a porcine model[J].Skin Res Technol,2017,23(2):194-201.
- [17]Suh DH,Shin MK,Lee SJ,et al.Intense focused ultrasound tightening in Asian skin:clinical and pathologic results[J].Dermatol Surg,2011,37(11):1595-1602.
- [18]Lee HJ,Lee KR,Park JY,et al.The efficacy and safety of intense focused ultrasound in the treatment of enlarged facial pores in Asian skin[J].J Dermatolog Treat,2015,26(1):73-77.
- [19]Fabi SG,Goldman MP.Retrospective evaluation of micro-focused ultrasound for lifting and tightening the face and neck[J].Dermatol Surg,2014,40(5):569-575.
- [20]Smith JR,Sheehan M,Casas LA.Using the BODY-Q to Evaluate Appearance and Quality of Life Following Treatment of Skin Laxity of the Outer Thigh with Microfocused Ultrasound and Calcium Hydroxylapatite[J].Aesthet Surg J,2020,40(11):1219-1231.