

聚焦超声在皮肤年轻化中的应用与进展

黎宣谷, 谢光辉, 刘宏伟*

暨南大学附属第一医院整形外科, 广东 广州

收稿日期: 2024年10月14日; 录用日期: 2024年11月7日; 发布日期: 2024年11月14日

摘要

随着非侵入性美容技术的不断发展, 聚焦超声在面部年轻化领域的应用引起广泛关注。聚焦超声通过精准聚焦超声能量, 深入真皮和筋膜层, 促进胶原蛋白的再生, 从而有效改善皮肤松弛、下垂等老化问题。多项临床研究表明, 聚焦超声在面部和颈部紧致、提升眉部等方面具有显著效果, 并发症轻微且安全性高。该技术已逐步扩展至身体其他部位的应用, 并与其他非侵入性疗法联合使用, 提升整体疗效。临床应用, 单独使用或与其他美容技术联合治疗均能取得显著效果, 且大部分患者仅出现轻微的短期副作用。随着技术的不断发展和量化检测工具的引入, 聚焦超声在更多部位的应用潜力将得到进一步发掘。未来需要更多随机对照试验及长期随访研究, 以优化治疗方案, 提升疗效和患者满意度。

关键词

聚焦超声, 年轻化, 紧致, 量化

Application and Advances of Focused Ultrasound in Skin Rejuvenation

Xuangu Li, Guanghui Xie, Hongwei Liu*

Department of Plastic Surgery, The First Affiliated Hospital of Jinan University, Guangzhou Guangdong

Received: Oct. 14th, 2024; accepted: Nov. 7th, 2024; published: Nov. 14th, 2024

Abstract

As non-invasive cosmetic technologies continue to evolve, the application of focused ultrasound in facial rejuvenation has gained widespread attention. Focused ultrasound delivers precise energy deep into the dermis and fascia layers, stimulating collagen regeneration and effectively addressing skin laxity and sagging. Multiple clinical studies have demonstrated significant results in facial and neck tightening, brow lifting, and other areas, with minimal complications and high

*通讯作者。

safety. The technology has gradually expanded to applications on other body areas and is often combined with other non-invasive treatments to enhance overall efficacy. In clinical practice, both standalone and combination treatments with other cosmetic technologies yield significant results, with most patients experiencing only mild, short-term side effects. As the technology advances and quantitative assessment tools are introduced, the potential for focused ultrasound in additional areas will be further explored. More randomized controlled trials and long-term follow-up studies are needed in the future to optimize treatment protocols, improve outcomes, and increase patient satisfaction.

Keywords

Focused Ultrasound, Rejuvenation, Tightening, Quantitative

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着非侵入性美容技术的快速发展，越来越多的患者寻求安全有效的替代方案，以取代传统的外科手术用于面部和颈部年轻化。聚焦超声作为一种创新的非侵入性技术，近年来在皮肤年轻化领域备受关注。该技术通过将超声波能量精准传递至皮肤深层，尤其是真皮和浅表肌腱膜系统(Superficial Musculo-Aponeurotic System, SMAS)，刺激胶原蛋白再生，从而实现皮肤的紧致和提升效果。聚焦超声的独特优势在于其对深层组织的作用和对表皮的无损伤效果，使其在面部提升、改善皮肤松弛和皱纹等方面展现出显著疗效。多项临床研究表明，聚焦超声在眉部提升、面颈部紧致等领域均取得了良好的治疗效果，且并发症少、恢复期短，患者满意度较高。本综述旨在总结近年来聚焦超声在面部年轻化中的应用进展，重点讨论其作用机制、临床疗效、联合治疗的前景以及潜在的不良反应，并为未来的研究方向提供参考依据。

2. 皮肤衰老的过程与关键特征

皮肤衰老是一个复杂且不可避免的过程，由年龄、激素变化和光照等多重因素共同作用引发[1] [2]。皮肤分为表皮、真皮和皮下脂肪三层，表皮层负责屏障功能，真皮层则提供支撑和弹性，依赖丰富的胶原蛋白和弹性纤维，而皮下脂肪层具有保温和缓冲作用。随着时间推移，这些功能逐渐减弱，皮肤结构发生显著变化，包括色素沉着加重、皮肤质地变粗糙、眼袋和黑眼圈加深，以及胶原蛋白和弹性纤维减少，导致皮肤松弛、皱纹加深和下垂[3] [4]。这些改变在面部和颈部尤为显著，表现为皱纹加深、皮肤松弛以及脂肪组织减少，从而加剧面部老化的外观特征[5]。

为了有效应对面颈部的衰老，现代医学美容依赖于科学的评估工具，精准化和个性化治疗成为趋势。常用的评估手段包括临床评分(如 AIRS 评分表、Lemperle 评分表和 Merz 皮肤衰老量表等) [6]-[9]，这些评分系统帮助医生从皱纹、松弛和色素变化等多个维度量化衰老特征。此外，皮肤生理参数测量能够评估皮肤弹性、水分含量和胶原蛋白密度[10]，而影像学技术(如二维、三维摄影及皮肤镜)则提供了精准的视觉数据，用于分析面部轮廓、皱纹深度和皮肤质地的变化[11] [12]。这些多维度的评估手段为个性化治疗方案的制定及治疗效果评估提供了可靠依据。

3. 聚焦超声波技术原理

3.1. 聚焦超声波的基本原理

聚焦超声波技术通过特殊设计的换能器阵列，将超声波精准聚焦于靶区，形成高能量密度的微小焦点区域。焦点能量密度比入射波高出数千倍，在靶区产生显著的生物效应，破坏靶组织并避免对周围正常组织的损伤。

3.2. HIFU、MFU 与 IFUS 技术的对比及效果

HIFU(高强度聚焦超声)、MFU(微聚焦超声)和 IFUS(强聚焦超声)是临床常用的聚焦超声技术，它们的技术参数、作用深度和效果有所不同。HIFU: 频率约 4 MHz/7 MHz, 能量 0.1~1 J, 聚焦深度 6~7.8 mm [13]。MFU: 频率 4~10 MHz, 能量 0.4-1.2 J/mm², 聚焦深度 1.5~5 mm。作用于真皮和 SMAS 层, 效果自然, 逐步显现, 持续 6~12 个月, 恢复期短[14]。IFUS: 能量 0.5~1.0 J, 焦点区域小。主要作用于浅层皮肤, 适用于敏感区域的精细提升, 效果快速但持续时间较短[9]。

3.3. 技术总结

HIFU、MFU 和 IFUS 这三种聚焦超声波技术本质上遵循相同的工作原理，都是通过在靶区形成热凝固点来实现皮肤紧致和提升效果。它们均能促进胶原纤维的变性收缩和新胶原蛋白的生成，从而改善皮肤松弛和皱纹问题。这些技术的主要区别在于超声波的频率、能量和聚焦深度，这些参数的微调使得它们能够适应不同深度的皮肤层次和特定部位的需求。无论选择哪种技术，它们都能提供非侵入性的皮肤紧致解决方案，在临床应用中可以根据个体需求灵活选择或结合使用，以实现理想的美容效果[13] [15]-[18]。

4. 聚焦超声波的临床应用与效果评估

4.1. 面颈部治疗效果的临床应用

在面颈部的临床应用中，聚焦超声技术展现出显著的非侵入性皮肤紧致效果。Alam 等(2010)的前瞻性研究表明，35 名受试者在治疗 90 天后，86% 的患者皮肤松弛有所改善，尤其是眉毛平均提升 1.7 毫米，最大提升达到 1.9 毫米[19]。Aşiran Serdar 等(2020)的回顾性分析显示，75 名受试者中，超过 80% 的患者在鼻唇沟、下颌线和颈部区域的皮肤紧致度呈现中度及以上改善，且 78% 的患者对疗效表示满意[20]。Fabi 和 Goldman (2014)通过 180 天的随访研究中发现盲法评估显示，66.7% 的患者有显著的治疗效果，77.8% 的受试者在全球美学改善量表(GAIS)得到改善。此外，该研究指出，年龄、皮肤类型及生活方式对治疗效果无显著影响，说明该技术适用于不同特征的患者群体[21]。

Suh 等(2011)在亚洲人群中的研究也得出类似结论，发现治疗后 8 周，77% 和 73% 的患者分别报告了鼻唇沟和下颌线的改善。组织学分析进一步支持了这些临床观察，显示胶原纤维增加 23.7%，真皮厚度增加，弹性纤维结构改善[22]。Shome 等(2019)的盲研究则进一步证实了该技术在中下面部紧致中的有效性，93% 的患者显现出显著改善，85% 的患者对治疗结果表示满意[23]。

聚焦超声技术在局部区域的应用同样取得了良好结果。Pak 等(2014)和 Oni 等(2014)分别评估了其在眼睑和下颌部的治疗效果，发现大多数患者在单次治疗后获得了显著改善[24] [25]。同样的，Suh 等(2012)的前瞻性研究结果表明，应用聚焦超声技术改善眶周皮肤松弛方面客观改善率为 86.67%，主观改善率为 100% [26]。Sasaki 等(2017)关于木偶纹的治疗研究显示，高能量组的效果可持续一年，尽管皮肤弹性变化不显著，研究者建议未来开展大规模随机对照试验，以更全面评估该技术的疗效[27]。

4.2. 其他部分临床应用

除了面颈部的应用外，聚焦超声技术在其他身体部位的临床应用同样表现出良好的效果。Gold 等(2014)评估了聚焦超声技术对膝盖上方皮肤松弛的提升效果。该前瞻性试验纳入 30 名女性，最终在 28 名受试者评估中，有 24 名(86%)在术后 90 天和 180 天的随访中显示膝盖皮肤松弛明显改善[28]。Goldberg 和 Hornfeldt (2014)评估了聚焦超声在臀部提升、紧致和平滑方面的效果。研究结果显示，在治疗后 180 天，89.5%的受试者在臀部提升和紧致方面表现出改善[29]。

Fabi 等(2013)进行了一项前瞻性临床试验，评估聚焦超声技术在胸部松弛及皱纹治疗中的效果。研究共纳入 24 名中度至重度胸部皱纹的女性受试者。随访结果显示，90 天和 180 天时，分别有 46%和 62%的受试者的胸部皱纹评分改善了 1 至 2 级，大多数受试者对治疗结果表示满意[30]。为进一步验证疗效，Fabi 等(2015)开展了另一项扩大样本量的临床试验，在 77 名可评估受试者中，180 天时有 66.4%在 GAIS 上显示改善。分别有约 75%和 65%的受试者在 90 天和 180 天时表现出不同程度的改善，大多数受试者对结果满意。不良反应多为轻度[31]。

Alster 等(2012)的研究进一步拓展了聚焦超声技术的应用范围，涵盖了多个身体部位。他们评估了聚焦超声对拉紧上臂、大腿和膝盖皮肤的安全性和有效性。研究结果表明，各治疗部位的皮肤凹陷和松弛均得到改善，尤其在上臂和膝盖部位效果较为显著[32]。

4.3. 长期疗效

一项研究表明，聚焦超声技术在面部和颈部皮肤紧致与提升方面具有显著且持久的效果。一项前瞻性开放标签研究针对 25 至 60 岁的患者进行了个性化聚焦超声治疗的长期效果评估。结果显示，治疗后 90 天和 180 天时，分别有 90%和 100%的受试者在自我评估及 GAIS 上报告了整体改善；这一改善效果在一年后仍维持在 95%。在一年随访时，患者报告的改善包括下垂减少 79%、皱纹和细纹减少 58%，以及皮肤纹理改善 47% [33]。

此外，其他案例研究同样展示了聚焦超声的长期效果。一名 28 岁女性在单次接受治疗后，在 1 个月、5 个月及 12 个月时下脸及颈部均出现明显改善；另一名 37 岁女性在接受单次治疗 13 个月，额下区域也表现出良好的改善效果[34]。

4.4. 联合应用

已有多项研究探讨了聚焦超声与其他技术结合应用于面部年轻化治疗的效果和安全性。Kerscher 等(2019)的研究表明，聚焦超声与钙羟基磷灰石(CaHA)填充物联合应用于改善下面部轮廓与紧致度时，能有效提升皮肤厚度和紧致度，且效果可维持至少 48 周，无明显不良反应[35]。孙叶培等(2023)和李秋涛等(2022)的研究进一步证实，聚焦超声与黄金微针联合应用在面部年轻化治疗中能够有效减少皱纹，改善皮肤敏感状态，具有较高的安全性和显著的临床疗效[36] [37]。这些研究共同支持了聚焦超声在联合治疗中的应用潜力，表明其在面部年轻化方面的显著作用。

4.5. 安全性与不良反应

在聚焦超声技术的临床应用中，尽管其在皮肤紧致和提升方面展现出显著的治疗效果，安全性问题仍是研究的重点之一。聚焦超声技术在多项研究中被证实为有效的非侵入性治疗手段，同时也伴随一定的不良反应。这些不良反应的种类和严重程度各异，但大多数情况下是暂时性的，并可通过适当的处理加以控制。以下将结合相关研究，详细分析聚焦超声在面颈部应用的安全性及可能出现的不良反应。

Harris 和 Sundaram (2015)研究了聚焦超声对 52 名 Fitzpatrick III 到 VI 型皮肤光敏感成人的治疗效

果。研究表明,大部分受试者未出现严重不良反应,只有3例短暂的不良事件,且均在90天内自愈,无长期后遗症。此外,通过摄影、GAIS和患者满意度问卷的评估,证实聚焦超声在面部和颈部皮肤紧致和提升方面有效,且伴随极低的副作用风险[38]。

与此相似,Kerscher等(2019)对22名有下颌线和颏下区域皮肤松弛的女性进行了聚焦超声治疗。研究检测了治疗后的皮肤生理学变化,发现治疗后即刻的皮肤温度和TEWL(经表皮失水率)等指标短暂变化,但很快恢复正常。皮肤弹性和密度在长期随访中也显示出良好的改善,且无显著不良事件[7]。

然而,尽管聚焦超声技术展现出有效的治疗效果,一些研究仍报告了轻微至中度的不良反应。常见反应包括术后疼痛、潮红、水肿和紫癜,这些通常是短期热效应引起,数天内可自行缓解[39]。Chan等(2011)报告了25%的治疗案例中出现局部瘀青。此外,某些患者可能出现条片状红肿、荨麻疹样反应或白色条棱状凸起,这与治疗时的能量密度过高或局部累计发射次数有关[40][41]。严重情况下可能出现水疱、瘢痕或色素沉着,这通常与不当的治疗参数相关[39]。

神经系统的不良反应也值得关注,部分患者经历短暂性运动神经麻痹或感觉迟钝,这些症状通常在数周内缓解[38][39]。Sathaworawong等(2018)指出,某些神经损伤如面部不对称或口角歪斜也可能发生,但一般会在数月内自愈[42]。总体而言,虽然不良反应确实存在,但大多数是短暂且可控的,适当的处理可以有效减少这些风险。

5. 操作优化与临床应用

随着聚焦超声技术在临床应用中的深入研究,优化操作方式已成为提升治疗效果的重要途径。Sasaki等(2017)开展的一项研究进一步探讨了治疗密度对效果的影响。在该研究中,154名患者被随机分为低密度和高密度两组,其中高密度组的治疗线数量是低密度组的两倍。六个月后,通过盲评的GAIS评估治疗效果,结果显示低密度组的改善率为70.3%,而高密度组的改善率达到80.2%。这表明,增加治疗密度有助于提升治疗效果[27]。

在技术创新方面,弧形打点技术作为一种新型治疗方法,尤其适用于中下面部的皮肤紧致。与传统纵向打点相比,弧形打点在横向和纵向的提升效果均优于前者。在60名受试女性中,即刻改善率达90%,12周后达到93.3%,且术后疼痛感较低,显示出良好的临床耐受性[43]。

6. 聚焦超声在皮肤年轻化疗效评估中的量化检测技术应用

近年来,聚焦超声在皮肤年轻化中的应用不断推广,临床疗效评估从传统的主观判定逐渐向量化检测技术过渡。传统上,GAIS等主观评分被广泛用于评估治疗效果,但随着技术进步,越来越多的研究采用客观量化的手段以更精确地评估治疗效果。以下几项研究展示了量化评估技术在聚焦超声疗效评估中的应用。

Isik等的研究采用皮肤镜技术对皮肤老化进行评估,皮肤镜能够检测肉眼无法察觉的细微老化特征,如早期的日晒斑、毛细血管扩张以及色素沉着障碍。通过皮肤镜照片老化量表(DPAS)对暴露于阳光的面部区域进行量化评估,包括毛细血管扩张、色素变化及皱纹等老化迹象。研究表明,DPAS在日晒引起的皮肤老化的早期诊断及治疗效果评估中具有较高的可靠性[44]。

Pak等(2014)使用CT扫描技术对聚焦超声改善下眼睑老化的效果进行了评估。通过CT图像测量眶隔最突出点到基线的距离变化,发现治疗后该距离显著缩短。CT扫描不仅提供了精确的术前术后对比,还能客观反映皮肤及深层组织的变化,有助于更加精细地分析治疗效果[25]。

Oni等(2014)在一项研究中(N=70),利用Auto3D对颈部治疗的患者进行定量评估,结果显示72.9%的受试者在颏下区域达到了可见的20.0 mm²组织提升效果[24]。

Zhu 等(2023)的研究采用三维成像系统(3dMDface 系统)评估聚焦超声的皮肤紧致效果。该系统通过捕捉皮肤地形变化,精确记录面部组织的细微差异,即使在动态环境下也能提供高精度数据。研究还结合 B 超检查,量化分析治疗前后脂肪厚度的变化,记录皱纹、毛孔及色素沉着等参数的变化,为聚焦超声的疗效提供了多维度的客观数据支持[45]。

7. 讨论

聚焦超声技术作为一种新兴的非侵入性皮肤年轻化手段,在临床应用中表现出显著的效果。多项研究证实,其在改善面部和颈部皮肤松弛、皱纹和轮廓上具有持久的疗效,适用于不同年龄和皮肤类型的患者,显著拓展了其临床应用范围。安全性方面,聚焦超声整体表现良好,大多数不良反应较轻微且为短期现象。然而,面部神经密集区域的应用仍存在发生严重并发症的风险,需引起重视。随着技术的不断优化,治疗参数如治疗密度的调整和新治疗方案的出现,使个体化治疗方案愈发重要。聚焦超声与其他技术的联合应用展现出协同效果,为综合解决皮肤老化问题提供了新的途径。疗效评估逐渐向客观化、量化方向发展,先进的评估手段提高了治疗效果的精确性,为制定更为个性化的治疗方案提供了依据。未来的研究方向应包括更大规模、长期的随机对照试验,深入探讨其作用机制,优化个体化治疗策略,探索与其他技术联合应用的潜力,并进一步拓展其在身体其他部位的应用前景。综上所述,聚焦超声在皮肤年轻化领域具有广阔的前景。随着技术的优化和个性化治疗的应用,其在美容医学中的作用将进一步增强。但仍需更多高质量的研究来验证其长期效果与安全性,并探索更广泛的应用可能性。

基金项目

广州市科技计划项目资助,基金编号:2024A03J1041。

参考文献

- [1] Pardo, L.M., Hamer, M.A., Liu, F., Velthuis, P., Kayser, M., Gunn, D.A., *et al.* (2019) Principal Component Analysis of Seven Skin-ageing Features Identifies Three Main Types of Skin Ageing. *British Journal of Dermatology*, **182**, 1379-1387. <https://doi.org/10.1111/bjd.18523>
- [2] Wong, Q.Y.A. and Chew, F.T. (2021) Defining Skin Aging and Its Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 22075. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01573-z>
- [3] Eun, H.C. (2001) Cutaneous Photodamage in Asians. *The Journal of Dermatology*, **28**, 614-616. <https://doi.org/10.1111/j.1346-8138.2001.tb00045.x>
- [4] Wysong, A., Joseph, T., Kim, D., Tang, J.Y. and Gladstone, H.B. (2013) Quantifying Soft Tissue Loss in Facial Aging: A Study in Women Using Magnetic Resonance Imaging. *Dermatologic Surgery*, **39**, 1895-1902. <https://doi.org/10.1111/dsu.12362>
- [5] Buchanan, D.R. and Wulc, A.E. (2015) Contemporary Thoughts on Lower Eyelid/Midface Aging. *Clinics in Plastic Surgery*, **42**, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.cps.2014.09.003>
- [6] Buchner, L., Vamvakias, G. and Rom, D. (2010) Validation of a Photonumeric Wrinkle Assessment Scale for Assessing Nasolabial Fold Wrinkles. *Plastic and Reconstructive Surgery*, **126**, 596-601. <https://doi.org/10.1097/prs.0b013e3181de243b>
- [7] Kerscher, M., Nurrisyanti, A.T., Eiben-Nielson, C., Hartmann, S. and Lambert-Baumann, J. (2019) Skin Physiology and Safety of Microfocused Ultrasound with Visualization for Improving Skin Laxity. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, **12**, 71-79. <https://doi.org/10.2147/ccid.s188586>
- [8] Niforos, F., Liew, S., Acquilla, R., Ogilvie, P., Safa, M., Signorini, M., *et al.* (2017) Creation and Validation of a Photonumeric Scale to Assess Volume Deficiency in the Infraorbital Region. *Dermatologic Surgery*, **43**, 684-691. <https://doi.org/10.1097/dss.0000000000001088>
- [9] Pavicic, T., Ballard, J.R., Bykovskaya, T., Corduff, N., Hirano, C., Park, J., *et al.* (2021) Microfocused Ultrasound with Visualization: Consensus on Safety and Review of Energy-Based Devices. *Journal of Cosmetic Dermatology*, **21**, 636-647. <https://doi.org/10.1111/jocd.14666>
- [10] 辛聪. 汉族健康人群皮肤水分与表皮密度、厚度在面部年轻化中的相关性分析[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽

医科大学, 2020.

- [11] Xiong, Z., Jiang, Z. and Liu, K. (2019) Midline Volume Filler Injection for Facial Rejuvenation and Contouring in Asians. *Aesthetic Plastic Surgery*, **43**, 1624-1634. <https://doi.org/10.1007/s00266-019-01498-z>
- [12] Li, J., Jiang, Z., Xiong, Z., Liang, M., Bai, Y., Jiang, W., et al. (2022) Clinical Effects of Injectable Collagen in Lower-Lid Pretarsal Fullness Rejuvenation. *Chinese Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*, **4**, 110-114. <https://doi.org/10.1016/j.cjprs.2022.08.003>
- [13] Goel, A., Molvi, M.A.H. and Gatne, V. (2016) HIFU: New Paradigm for Non-Surgical Facelift in Indian Skins. *Gavin Journal of Dermatology Research and Therapy*, **2016**, 37-41.
- [14] Guillen Fabi, S. (2015) Noninvasive Skin Tightening: Focus on New Ultrasound Techniques. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, **8**, 47-52. <https://doi.org/10.2147/ccid.s69118>
- [15] Day, D. (2014) Microfocused Ultrasound for Facial Rejuvenation: Current Perspectives. *Research and Reports in Focused Ultrasound*, **2**, 13-17. <https://doi.org/10.2147/rrfu.s49900>
- [16] Khan, U. and Khalid, N. (2021) A Systematic Review of the Clinical Efficacy of Micro-Focused Ultrasound Treatment for Skin Rejuvenation and Tightening. *Cureus*, **13**, e20163. <https://doi.org/10.7759/cureus.20163>
- [17] Suh, D.H., Kim, D.H., Lim, H.K., Lee, S.J., Song, K.Y. and Kim, H.S. (2016) Intense Focused Ultrasound (IFUS) with a Modified Parameter on Facial Tightening: A Study on Its Safety and Efficacy. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, **18**, 448-451. <https://doi.org/10.1080/14764172.2016.1225961>
- [18] Wulkan, A., Fabi, S. and Green, J. (2016) Evaluation of a Novel Microfocused Ultrasound with Three-Dimensional Digital Imaging for Facial Tightening: A Prospective, Randomized, Controlled Trial. *Facial Plastic Surgery*, **32**, 269-275.
- [19] Alam, M., White, L.E., Martin, N., Witherspoon, J., Yoo, S. and West, D.P. (2010) Ultrasound Tightening of Facial and Neck Skin: A Rater-Blinded Prospective Cohort Study. *Journal of the American Academy of Dermatology*, **62**, 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2009.06.039>
- [20] Aşiran Serdar, Z., Aktaş Karabay, E., Tatlıparmak, A. and Aksoy, B. (2019) Efficacy of High-Intensity Focused Ultrasound in Facial and Neck Rejuvenation. *Journal of Cosmetic Dermatology*, **19**, 353-358. <https://doi.org/10.1111/jocd.13008>
- [21] Fabi, S.G. (2014) Microfocused Ultrasound with Visualization for Skin Tightening and Lifting: My Experience and a Review of the Literature. *Dermatologic Surgery*, **40**, S164-S167. <https://doi.org/10.1097/dss.0000000000000233>
- [22] Suh, D.H., Shin, M.K., Lee, S.J., Rho, J.H., Lee, M.H., Kim, N.I., et al. (2011) Intense Focused Ultrasound Tightening in Asian Skin: Clinical and Pathologic Results. *Dermatologic Surgery*, **37**, 1595-1602. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2011.02094.x>
- [23] Shome, D., Vadera, S., Ram, M.S., Khare, S. and Kapoor, R. (2019) Use of Micro-Focused Ultrasound for Skin Tightening of Mid and Lower Face. *Plastic and Reconstructive Surgery—Global Open*, **7**, e2498. <https://doi.org/10.1097/gox.00000000000002498>
- [24] Oni, G., Hoxworth, R., Teotia, S., Brown, S. and Kenkel, J.M. (2014) Evaluation of a Microfocused Ultrasound System for Improving Skin Laxity and Tightening in the Lower Face. *Aesthetic Surgery Journal*, **34**, 1099-1110. <https://doi.org/10.1177/1090820x14541956>
- [25] Pak, C.S., Lee, Y.K., Jeong, J.H., Kim, J.H., Seo, J.D. and Heo, C.Y. (2014) Safety and Efficacy of Ulthera in the Rejuvenation of Aging Lower Eyelids: A Pivotal Clinical Trial. *Aesthetic Plastic Surgery*, **38**, 861-868. <https://doi.org/10.1007/s00266-014-0383-6>
- [26] Suh, D., Oh, Y., Lee, S., Rho, J., Song, K., Kim, N., et al. (2012) A Intense-Focused Ultrasound Tightening for the Treatment of Infraorbital Laxity. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, **14**, 290-295. <https://doi.org/10.3109/14764172.2012.738912>
- [27] Sasaki, G.H., Abelev, N. and Papadopoulos, L. (2017) A Split Face Study to Determine the Significance of Adding Increased Energy and Treatment Levels at the Marionette Folds. *Aesthetic Surgery Journal*, **37**, 947-960. <https://doi.org/10.1093/asj/sjx055>
- [28] Gold, M.H., Sensing, W. and Biron, J. (2014) Use of Micro-Focused Ultrasound with Visualization to Lift and Tighten Lax Knee Skin. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, **16**, 225-229. <https://doi.org/10.3109/14764172.2014.949273>
- [29] Goldberg, D.J. and Hornfeldt, C.S. (2014) Safety and Efficacy of Microfocused Ultrasound to Lift, Tighten, and Smooth the Buttocks. *Dermatologic Surgery*, **40**, 1113-1117. <https://doi.org/10.1097/dss.0000000000000126>
- [30] Fabi, S.G., Massaki, A., Eimpunth, S., Pogoda, J. and Goldman, M.P. (2013) Evaluation of Microfocused Ultrasound with Visualization for Lifting, Tightening, and Wrinkle Reduction of the Décolletage. *Journal of the American Academy of Dermatology*, **69**, 965-971. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2013.06.045>
- [31] Fabi, S.G., Goldman, M.P., Dayan, S.H., Gold, M.H., Kilmer, S.L. and Hornfeldt, C.S. (2015) A Prospective Multicenter

- Pilot Study of the Safety and Efficacy of Microfocused Ultrasound with Visualization for Improving Lines and Wrinkles of the Décolleté. *Dermatologic Surgery*, **41**, 327-335. <https://doi.org/10.1097/dss.0000000000000322>
- [32] Alster, T.S. and Tanzi, E.L. (2012) Noninvasive Lifting of Arm, Thigh, and Knee Skin with Transcutaneous Intense Focused Ultrasound. *Dermatologic Surgery*, **38**, 754-759. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2012.02338.x>
- [33] Werschler, W. and Werschler, P.J.S. (2016) Long-Term Efficacy of Micro-Focused Ultrasound with Visualization for Lifting and Tightening Lax Facial and Neck Skin Using a Customized Vectoring Treatment Method. *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, **92**, 27-33. <https://www.semanticscholar.org/paper/Long-term-Efficacy-of-Micro-focused-Ultrasound-with-Werschler-Werschler/9166a995b6f8300f3ff9cde46842367a88dc67be>
- [34] Brobst, R.W., Ferguson, M. and Perkins, S.W. (2012) Ulthera: Initial and Six Month Results. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America*, **20**, 163-176. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2012.02.003>
- [35] Kerscher, M., Nurrisyanti, A.T., Eiben-Nielson, C., Hartmann, S. and Lambert-Baumann, J. (2018) Clinical and Biophysical Outcomes of Combining Microfocused Ultrasound with Visualization and Calcium Hydroxylapatite Filler for Facial Treatment. *Dermatology and Therapy*, **9**, 135-142. <https://doi.org/10.1007/s13555-018-0273-y>
- [36] 李秋涛, 徐娟, 王海如, 等. 微聚焦超声技术联合黄金微针和舒敏治疗仪在面部敏感性皮肤的临床应用[J]. 中国医疗美容, 2022, 12(10): 56-61.
- [37] 孙叶培, 崔诗悦, 唐春. 微聚焦超声联合黄金微针技术在面部皮肤年轻化治疗中的应用[J]. 中国美容医学, 2023, 32(7): 122-125.
- [38] Harris, M.O. and Sundaram, H.A. (2015) Safety of Microfocused Ultrasound with Visualization in Patients with Fitzpatrick Skin Phototypes III to VI. *JAMA Facial Plastic Surgery*, **17**, 355-357. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2015.0990>
- [39] 陈秀娜, 唐静, 田艳丽, 赵小忠. 聚焦超声在面部松弛应用中的不良反应及应对措施[J]. 中国美容医学, 2019, 28(9): 30-32.
- [40] Chan, N.P.Y., Shek, S.Y.N., Yu, C.S., Ho, S.G.Y., Yeung, C.K. and Chan, H.H.L. (2011) Safety Study of Transcutaneous Focused Ultrasound for Non-invasive Skin Tightening in Asians: Study of Transcutaneous Focused Ultrasound. *Lasers in Surgery and Medicine*, **43**, 366-375. <https://doi.org/10.1002/lsm.21070>
- [41] Yalici-Armagan, B. and Elcin, G. (2020) Evaluation of Microfocused Ultrasound for Improving Skin Laxity in the Lower Face: A Retrospective Study. *Dermatologic Therapy*, **33**, e14132. <https://doi.org/10.1111/dth.14132>
- [42] Sathaworawong, A. and Wanitphakdeedecha, R. (2017) Nerve Injury Associated with High-Intensity Focused Ultrasound: A Case Report. *Journal of Cosmetic Dermatology*, **17**, 162-164. <https://doi.org/10.1111/jocd.12464>
- [43] 彭阳红, 焦泽龙, 雷涛, 卢洁, 瞿绍军. 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.
- [44] Isik, B., Gurel, M.S., Erdemir, A.T. and Kesmezacar, O. (2013) Development of Skin Aging Scale by Using Dermoscopy. *Skin Research and Technology*, **19**, 69-74. <https://doi.org/10.1111/srt.12033>
- [45] Zhu, J., Han, Y., Liu, Y., Chang, R., Gao, W., Gong, X., et al. (2023) Evaluation of a Novel Microfocused Ultrasound with Three-dimensional Digital Imaging for Facial Tightening: A Prospective, Randomized, Controlled Trial. *Dermatology and Therapy*, **14**, 233-249. <https://doi.org/10.1007/s13555-023-01078-9>