

· 指南与共识 ·

医用射频皮肤美容与治疗专家共识

Experts consensus on the application of medical radiofrequency in cosmetic dermatology and treatment

中华医学会皮肤性病学分会皮肤激光医疗美容学组

中华医学会皮肤激光技术应用研究中心

中国医师协会美容与整形医师分会激光学组

中华医学会医学美学与美容学分会激光美容学组、皮肤美容学组

[关键词] 射频, 医用; 皮肤美容治疗; 共识

[中图分类号] R454.1 R751.05 [文献标识码] A [文章编号] 1674-1293(2021)04-0193-05

1 射频的定义

射频 (radiofrequency, RF) 是介于调幅、调频无线电波之间的高频交流变化电磁波, 其能量以电或磁的形式 (波) 在空间存在并传播。其频率范围很广, 可以在数百 kHz 到数百 MHz 的范围内。RF 通过电热作用对组织进行切割、切除、电灼、消融及电凝等, 从而达到去除病灶、治疗疾病的目的。RF 作用于真皮甚至皮下组织, 产生柱状的热损伤带, 引起胶原纤维的即刻收缩, 继而产生创伤后修复反应, 是 RF 应用于皮肤美容与治疗领域的基础^[1]。

2 射频的基本原理和参数

耦合到人体组织的电磁场, 可以对其产生加热效应。射频加热的机制主要取决于射频的工作频率, 其加热机制有以下两种: 一是通过在交变电磁场中带电粒子的位移产生离子电流; 二是交流电磁场中极性水分子的旋转。这两种现象均会对受影响的粒子与生物组织产生相互作用, 这种相互作用导致电磁能量的体积耗散, 从而加热和升高生物组织的温度。在较低频率下, 主要的加热机制是离子电流, 而在 10 MHz 以上的频率, 造成水分子旋转机制逐步起主导作用, 并且在 30 ~ 40 MHz 以上

的频率下, 这种机制开始产生比离子电流更多的热量。机体眼睛和睾丸对 RF 特别敏感^[2]。

RF 可选择性向真皮和皮下组织传递热能, 治疗即刻出现短期的原发性的胶原收缩, 随后可逆性热损伤启动皮肤的修复机制, 上调 I 型胶原 mRNA 的表达, 引起新的胶原纤维合成, 并导致胶原重塑, 这一过程发生于 RF 治疗后 2 ~ 6 个月, 持续时间较长^[1]。

RF 的作用主要有两个特点: ①与皮肤色素关系不大, 治疗深肤色人群时具有优势。② RF 穿透深, 可加热至真皮深层乃至皮下脂肪, 促使纤维隔膜收缩, 从而能有效治疗皮肤松弛^[3]。

射频场由电场和磁场组成, 通常用每平方米的瓦特数 (W/m^2) 来表达电场的大小, 而用每平方米的安培数 (A/m^2) 来表达磁场的大小。另外还可以用功率密度 (power density) 来精确记录一个远离发射源的区域中的能量大小。实验显示机体对非辐射源处 RF 能量的吸收频率以 80 ~ 100 MHz 最好^[2]。

3 射频分类

3.1 单极射频

3.1.1 有回路单极射频 (monopolar RF) 有回路单极射频使用接触皮肤电极和接地电极传递电流^[4]。当电流

DOI: 10.11786/sypfbxzz.1674-1293.20210401

执笔人: 杨蓉娅 (中国人民解放军总医院第七医学中心), 尹锐 (陆军军医大学第一附属医院)

参与共识起草专家名单 (以姓氏笔画为序):

尹恒 (卓正医疗); 尹锐 (陆军军医大学第一附属医院); 卢忠 (上海复旦大学附属华山医院); 刘红梅 (北京梅颜医疗美容诊所); 刘丽红 (卓正医疗); 李凯 (第四军医大学西京医院); 严淑贤 (上海复旦大学附属华山医院); 李雪莉 (河南省人民医院); 杨蓉娅 (解放军总医院第七医学中心); 陈瑾 (重庆医科大学附属第一医院皮肤科); 林彤 (中国医学科学院皮肤病医院); 苑凯华 (广州紫馨医疗美容医院); 赵小忠 (北京小忠丽格医疗美容门诊部); 夏志宽 (解放军总医院第七医学中心); 高琳 (第四军医大学西京医院); 董继英 (上海交通大学医学院附属第九人民医院); 简丹 (中南大学湘雅医院); 蔡宏 (空军特色医学中心)

通讯作者: 杨蓉娅, E-mail: rongyay@sina.com

传到皮肤,会对真皮进行容积加热,通过即刻和长期热效应改善皮肤松弛^[5]。代表性仪器频率为 6.78 MHz。它可在皮肤 3~6 mm 的可控深度处产生 65℃~75℃ 的治疗区间,并通过冷却装置保护表皮^[5,6]。

3.1.2 无回路单极射频(unipolar RF) 无回路单极射频没有接地电极,代表性仪器频率为 40.68 MHz,它可对真皮、脂肪等组织产生容积加热^[7]。

3.1.3 双聚能单极射频(D-focused RF) 聚焦单极射频在内部调整频率 40.68 MHz 不变的前提下,通过提高外部调制频率,压缩射频正弦波波形,并通过波相匹配技术,调整正弦波传播方向,使射频波震荡中心热作用更集中,能量更聚焦,可使靶组织温度达到 55℃~65℃。高频射频移相器的使用实现了射频波的相位调整,精准控制相位移动在皮下 1.5、2.5、3.5、4.5 mm 深度,解决了传统射频穿透深度不可控的问题^[8]。

3.2 双极射频(bipolar RF)

双极射频由两个对称正负电极组成,穿透深度大约是两个电极之间距离的一半,因此穿透深度较浅^[5]。由于其作用有限,目前在临床上已较少单独使用。

3.3 多极射频(multipolar RF)

多极射频由 3 个或 3 个以上电极构成,所有电极交替互换正负电荷,在任意两个电极间形成电流回路,多条电流回路使治疗能量聚集,故使用相对低的功率就能获得足够的能量,从而能够迅速提高治疗区域皮肤组织温度^[9]。此外,多级射频治疗时患者不需要佩戴电极板或电极垫片,多个电极正负极交替互换,不仅增加了治疗头的作用面积,还能使皮肤组织加热更为均匀,可以有效节省治疗时间,增强治疗安全性及舒适度。

3.4 点阵射频(fractional RF)

点阵射频通过阵列式排布双极射频电极产生电流,点阵模式加热局部真皮层,形成微小的热损伤带,具有表皮损伤小,创面愈合快的优势。根据作用机制,点阵射频分为非侵入性点阵射频及侵入性点阵射频(即微针射频)^[10]。

3.4.1 非侵入性点阵射频 通过矩阵式排列的正/负电极直接接触皮肤发射能量,电极接触部位的表皮形成微剥脱,真皮可见不连续加热区域,单个加热区域由浅至深是剥脱-凝固-坏死及亚坏死组织的连续变化,形成上窄下宽的水滴型,能量越高剥脱比例越多,反之则凝固坏死和亚坏死的比例越多。非侵入性电极治疗时需保持治疗区域皮肤干燥,因潮湿的皮肤阻抗极低,能量发射时可以在正负电极之间的皮肤表面直接形成回路,对表皮造成损伤。

3.4.2 侵入性微针点阵射频 又称微针点阵射频,利用点阵式分布的绝缘或非绝缘微针将射频能量直接传递至靶组织,具有射频加热和微针机械损伤的双重作用。这类射频微针分为两类:一类是绝缘微针,它通过表皮刺入至真皮乳头层,针尖发射射频,由于针体绝缘,故热

效应可以有效集中于真皮层;另一类是半绝缘微针,它刺入真皮后的针体能发射射频能量,尽管它产生的热损伤区域较大,但是它主要利用了表皮和真皮之间阻抗的差异,使射频电流更容易通过真皮,故对表皮的损伤依然很小。通常,射频能量大小、作用的时间和微针的深度均可以调节,微针的深度和射频作用的时间主要影响射频所导致的热损伤组织学改变,而能量大小可能与真皮热损伤的密度有关。

3.5 混合系统

射频技术在解决皮肤松弛下垂中的作用明确,但皮肤的光老化除了松垂之外还包括皮肤纹理的改变、皱纹、细纹、色素增生以及毛细血管扩张等。为此诞生了混合系统,即射频与其他光电手段包括强脉冲光(intense pulsed light, IPL)、真空系统、脉冲磁场、红外线(infrared, IR)等的整合^[11]。

3.5.1 光电协同系统(electro-optical synergy, ELOS)

ELOS 系统使用的是基于射频和光学设备的协同效应。光学部分包含 400 nm 以上可见光到近红外光范围的波段光(通常有 400~980 nm; 580~980 nm; 680~980 nm)或单波长激光。射频和光能同时发射,在作用部位同时解决多个皮肤问题,同时较低的阻抗使射频产生预期效果所需的能量水平会降低,舒适度增加,不良反应也随之降低。

3.5.2 超频系统 超频系统即单极射频和线状超声的联合。超声波可以产生机械振荡作用,从而增加细胞的渗透性,增加血流和促进组织的代谢。另外超声还能增加组织导电性能,可以协同射频能量穿透到更深的位置。

3.5.3 多级射频和脉冲磁场的联合系统 多级射频和脉冲磁场的联合系统是在发射射频的同时释放脉冲磁场(pulsed magnetic field, PMF),脉冲磁场自身并不产生热量,而是通过置于皮肤上方的线圈,从而诱导磁场穿过皮肤,形成负电荷电流(涡流),改变真皮细胞膜上带电受体的电位,从而影响成纤维细胞表面受体的分布。也可以通过改变环磷腺苷代谢促进胶原蛋白生成,与多级射频可以起到更好的协同作用^[12]。

4 射频的临床应用

4.1 皮肤美容领域

4.1.1 紧肤除皱 目前认为单极射频是非侵入方式治疗皮肤松弛的金标准^[13]。它穿透深,穿透力强,治疗后 1~10 个月随访显示 80% 患者的皮肤松弛仍有改善,55% 的患者有皮肤纹理的改善,效果维持持久^[14]。患者均未出现瘢痕、疼痛或脂肪萎缩等严重并发症。双极射频有效穿透深度低于单极射频,深部组织无法获得足够的能量,需要短时间内重复治疗以保证疗效。点阵射频在皮肤深层加热的同时,对表皮存在点状剥脱效应。Dayan 等^[15]对 247 例下颌和颈部皮肤松弛患者的治疗满意度达 93%,在皮肤纹理的改善上具有明显效果。微

针射频结合了微针和射频的治疗模式,能相对安全可控的在皮肤深层进行加热。Clementoni 和 Munavalli^[16]观察 33 例下面部和颈部轻度皮肤松弛患者,治疗后 6 个月发现患者的颈颞角与颌下角分别降低了 28.58° 和 16.68°,在对下面部和颈部皮肤松弛治疗和紧肤提升中存在优势。

4.1.2 射频溶脂 射频对脂肪细胞和脂肪代谢存在明确的影响。射频技术利用交流电在脂肪细胞中产生离子流和局部热量,一定程度上改善脂肪和脂肪团的外观。单极容积式射频仪可进行更广泛、更深层的加热,被推荐用于脂肪和脂肪团的治疗^[17]。Kennedy 等^[18]回顾了 31 个临床研究,2 937 例患者接受了射频及其他多种技术减少皮下脂肪或身体轮廓的治疗,大多数患者都获得了满意的疗效,其中射频研究的满意率为 71% 和 97%。射频溶脂技术与其他溶脂技术相比,疗效相当,但是在治疗的周期、能量、治疗方式上缺乏相应的共识性研究。

4.2 皮肤治疗领域

4.2.1 瘢痕 尽管激光是瘢痕治疗的一线选择,但是由于射频的独特优势,使其在瘢痕治疗上占有重要地位^[19]。射频的靶基是极性水分子和带电粒子,不依赖皮肤靶色基,可以实现体积性或点阵模式加热,通过电热作用刺激、损伤/破坏瘢痕组织,启动机体创伤后的自我修复机制,促进真皮胶原纤维、弹性纤维的增生及重排,从而修复瘢痕^[20,21]。其中,微等离子体射频利用单极射频发射能量,将惰性气体(如氮气、氩气等)激发为等离子体状态,后者具有高温和高能量的性质,当其接触皮肤后,能量迅速传递给治疗区域的皮肤组织,在皮肤表面形成微剥脱,同时热量传导至真皮层,通过表皮剥脱重建和真皮加热重塑,获得瘢痕的弹性、平整度和色差等的改善^[22,23]。另外点阵射频、射频微针等也可以用于瘢痕治疗^[24]。近来,低温等离子体(non-therma plasma, NTP)也尝试用于瘢痕的治疗。在动物实验中,NTP 促进伤口愈合,可能通过抑制转化生长因子- $\beta 1$ (transforming growth factor, TGF- $\beta 1$)/Smad2/Smad3 信号通路并调节 α -SMA 和 I 型胶原的水平发挥其降低瘢痕形成的作用^[25]。对于瘢痕疙瘩,NTP 还可以下调表皮生长因子受体(epidermal growth factor receptor, EGFR)和信号转导及转录激活因子 3(signal transducer and activator of transcription 3, STAT3)的表达,抑制成纤维细胞的迁移^[26]。

4.2.2 黄褐斑 射频治疗黄褐斑的具体机制不清,推测可能是由于射频能量可以穿透真表皮基膜带,作用于真皮层,故能促使基膜带及真皮胶原和弹性纤维新生。同时射频的热刺激可能加快了老化的不健康的黑素细胞代谢和分解,所以临床上可用单极射频和点阵/微针射频来治疗黄褐斑^[27]。前者配合 1% 曲酸导入可以有效治疗黄褐斑^[28]。点阵射频和微针射频也可用于黄褐斑的治疗,一般采用低密度的剥脱和深穿透能量的方式来治疗^[29]。另外,微针射频联合低剂量的调 Q Nd:YAG 激光治疗也

是安全有效的^[30]。但是目前临床并未常规使用射频设备来治疗黄褐斑。

4.2.3 皮肤敏感 利用射频治疗皮肤敏感的主要机制可能是:首先,射频电流作用于皮肤,通过电离渗透作用使皮肤表面水分子电解为离子状态,迅速通过细胞间离子通道至基底层,补充水分;其次,射频技术产生的能量可刺激修复角质形成细胞功能的恢复、重建皮肤砖墙结构。上述作用可修复受损的皮肤屏障,提高皮肤对外界刺激的耐受性^[32,33]。目前多应用高频低能量多极射频进行治疗,一般每周治疗 1 次,需 6~10 次治疗。

4.2.4 炎症性皮肤病

射频治疗炎症性皮肤病的机制主要包括以下 3 个方面:①射频微针对痤疮脓肿部位和周围皮脂腺进行选择破坏;②射频产生的热刺激可使局部的血液循环改善,提高皮肤组织的新陈代谢;③热刺激后还可减轻痤疮的炎症反应,激活自身的抗炎作用^[34]。由于其他炎症性皮肤病常也伴有皮脂腺异常、免疫功能紊乱等因素,因此射频技术同样可改善除痤疮外的其他炎症性皮肤病,但其有效性及安全性还需进一步的研究。

4.3 黏膜治疗

目前临床上主要使用单极射频和双极射频来治疗阴道黏膜疾患。主要适应于阴道松弛干涩、萎缩性阴道炎、轻度尿失禁、外阴硬化苔藓、外阴松弛变形与色素沉着、与阴道环境相关的性功能障碍、轻中度压力性尿失禁^[35,36]。治疗时不同仪器参数设置不同,以个人能耐受为准。1 个疗程一般 3~5 次,治疗间隔时间 2~4 周,可以维持 6~12 个月。每次治疗后,患者能够立即恢复所有正常活动,包括性生活^[35]。

5 射频和其他医学美容治疗的联合应用

将射频治疗与其他医学美容治疗进行联合应用,应重点关注不良反应是否存在叠加、彼此间是否存在冲突等问题。因此,联合治疗应安排好合理的顺序和间隔时间^[37]。

5.1 与光电设备联合应用

总的原则是,优先安排无创性治疗,在短暂而且合理的间隔时间之后,再进行有创性治疗。当无创性射频与有创性激光设备联合或者有创性射频与无创性激光设备联合治疗时,建议先进行无创性治疗,间隔 2 周之后再行有创性治疗。

如果使用无创性射频与其他无创性激光设备进行联合应用,没有明确先后顺序。在确保无明显不良反应叠加的情况下,可以在同一天内先后完成治疗。两次治疗之间间隔数分钟至数小时不等,具体根据治疗后的反应决定。

如果使用有创性射频与其他有创性激光设备进行联合应用,一般根据治疗需求安排先后顺序,不同治疗之间间隔 1~3 个月。如果均为刺激胶原增生类的有创治疗,间隔时间应延长至 3 个月以上。

5.2 与微整形技术的联合应用

微整治疗常需使用到 A 型肉毒毒素、透明质酸、可吸收线材、纳米脂肪或脂肪胶等制剂或材料,与射频联合治疗时需要考虑不同治疗间的先后顺序。尽管目前研究已证实,射频治疗不会影响 A 型肉毒毒素的弥散,但是如果选择射频治疗与肉毒毒素注射在同一天同一部位进行时,应优先完成射频治疗,间隔数分钟至数小时,待皮肤组织冷却后,再根据患者的需求和耐受情况,进行肉毒毒素注射;如果先注射了肉毒毒素,则建议间隔 2 周后再进行同部位的射频治疗。射频治疗后当天即可进行透明质酸的注射;对于已完成透明质酸注射的患者,需要根据透明质酸分子量和交联程度不同而区别对待,2 周~3 个月以后再行射频治疗^[38]。射频治疗后当天待皮温恢复正常即可进行埋蛋白线治疗;如果已经进行了埋蛋白线治疗,一般需要间隔 3 个月以上再进行射频治疗^[39,40]。对脂肪填充而言,可以先进行射频治疗再进行脂肪填充,如已脂肪填充推荐 3~6 个月后进行射频治疗。

5.3 与手术的联合应用

射频治疗与手术进行联合应用时,一般先进行有创的手术治疗。术后应给予手术治疗充分的恢复时间,一般需要等待 1~2 个月,手术创伤愈合以后再进行射频治疗。

5.4 与微针联合治疗

根据患者不同情况,如需与射频(除外点阵微针射频)联合治疗,可采取先进行滚轮微针治疗,而后 2 周进行射频治疗;也可先进行无创射频治疗,当天无创射频治疗后待皮肤温度恢复正常后即刻进行滚轮微针治疗。

5.5 与聚焦超声联合治疗

聚焦超声在临床上可用于面部紧致提升,也可用于减脂塑形。它可通过在皮下组织中形成高能聚焦,产生热凝固点,达到面部紧致提升作用。与射频联合治疗,可有减脂并增加紧致提升的协同效果,根据求美者个体情况,可进行不同顺序方案选择,如先行射频治疗,待皮肤温度降至正常即可在同一天进行聚焦超声治疗;而若先进行聚焦超声治疗,建议至少间隔 2 周后再进行射频治疗。但考虑到避免热凝固区堆积,热效应过高而易引发不良反应的可能,两者间隔一定时间的治疗要比无间断序贯治疗更安全。

减脂塑型方面,高能聚焦超声主要包括聚焦非热能型超声和聚焦热能型超声。当与射频联合治疗时,可先用射频治疗所需部位 15~20 min 增加局部血液循环,这可能会增强聚焦超声的机械效应^[41],后再进行聚焦超声治疗破坏脂肪细胞;若先进行聚焦超声治疗,建议可在 1 周后进行射频治疗,加速脂肪代谢并收紧皮肤。

6 射频治疗的不良反应及临床注意事项

总体而言,射频治疗相对于其他能量美容技术更为安全,不良反应较少。其不良反应多数是暂时的,一过性的。严重不良反应常与治疗参数设置过高,使用了伪

劣的设备和(或)治疗头等有关。疼痛是最常见的不良反应,但是疼痛在一定程度上与疗效成正比;调整治疗等级或停止治疗后即可缓解^[42]。一过性红斑,大部分 24 h 内消退。水肿,治疗后即刻即可出现,一般 1~3 d 可自行消退。II 度烧伤,治疗后可观察到持续性红斑,形状大小与治疗头接触区域近似,之后出现清晰的结痂或小水疱,初始治疗后 6 d 或 7 d 消退。一过性皮肤凹陷,罕见。皮肤较薄区域更容易出现,由于治疗能量过高,脉冲重复叠加,深层组织过度加热导致脂肪萎缩和纤维间隔的过度收缩。一般 1~3 个月可自行恢复^[42]。脂肪坏死和脂肪萎缩非常罕见,可能是由于在局部过度操作而产生的脂肪液化变性。一过性色素沉着,偶见于点阵射频,等离子体射频等,与操作能量、密度有关^[43]。少见有皮下结节、血肿。一般治疗过程中能量密度设置过大、未及时增加适当的冷凝胶等引起。少见有治疗区域皮肤麻木,一般沿着神经分布,可自行消退,无需特殊处理。偶见瘢痕形成,多因治疗头接触不完全引起,也可因水疱发生后处理不当所致。

医用射频属于医学治疗范畴,需要有正规资质医生进行操作,治疗前应去除患者身体所佩戴的金属饰物。治疗过程中不建议使用镇静剂,局部阻滞剂或麻醉性止痛药,会影响热感觉反馈,增加不良事件的风险。治疗操作时治疗头应与皮肤贴合紧密,部分技术需要使用规范网格纸,避免脉冲叠加。适当的低能量,多次覆盖可以达到很好的效果,同时避免超高能量带来不良反应的风险。在皮下组织较薄部位(颧骨、下颌、颞部、前额)需减低能量^[44]。近年来的治疗方案已发展出一种新的模式,即采用较低能量、重复多遍治疗以及基于患者热感觉反馈的治疗终点,可消除或减轻难以接受的不良反应,并显著改善治疗相关的疼痛,使得大多数治疗可在非麻醉状态下实施^[17]。

【参考文献】

- [1] Zelickson BD, Kist D, Bernstein E, et al. Histological and ultrastructural evaluation of the effects of a radiofrequency-based nonablative dermal remodeling device: a pilot study [J]. Arch Dermatol, 2004, 140(2):204-209.
- [2] 卢忠. 皮肤激光医学与美容 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2008:9.
- [3] Fisher GH, Jacobson LG, Bernstein LJ, et al. Nonablative radiofrequency treatment of facial laxity [J]. Dermatol Surg, 2005, 31:(9 pt 2)1237-1241.
- [4] Alster TS, Lupton JR. Nonablative cutaneous remodeling using radiofrequency devices [J]. Clin Dermatol, 2007, 25(5):487-491.
- [5] Elsaie ML. Cutaneous remodeling and photorejuvenation using radiofrequency devices [J]. Indian J Dermatol, 2009, 54(3):201-205.
- [6] Sukal SA, Geronemus RG. Thermage: the nonablative radiofrequency for rejuvenation [J]. Clin Dermatol, 2008, 26(6):602-607.
- [7] Lolis MS, Goldberg DJ. Radiofrequency in cosmetic dermatology: a review [J]. Dermatol Surg, 2012, 38(11):1765-1776.
- [8] 王琴, 米晶, 董继英. 聚焦射频技术在面部年轻化中的应用 [J]. 组

- 织工程与重建外科杂志, 2016, (3):183-185.
- [9] Sadick N, Rothaus KO. Aesthetic applications of radiofrequency devices [J]. *Clin Plast Surg*, 2016,43(3):557-565
- [10] 孙雯佳, 吴家强, 项蕾红. 点阵射频在皮肤美容领域的应用 [J]. *中华皮肤科杂志*, 2016, 49(10):751-754.
- [11] Jiang M, Yan F, Avram M, et al. A prospective study of the safety and efficacy of a combined bipolar radiofrequency, intense pulsed light, and infrared diode laser treatment for global facial photoaging [J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32(5):1051-1061.
- [12] 亢寒梅, 高琳, 王莉, 等. 多极射频结合强力磁脉冲技术针对面部年轻化疗效观察及安全评估 [J]. *中国美容医学*, 2018, 27(11):36-39.
- [13] Abraham MT, Mashkevich G. Monopolar radiofrequency skin tightening [J]. *Facial Plast Surg Clin North Am*, 2007, 15(2):169-177.
- [14] Edwards AF, Massaki ABMN, Fabi S, et al. Clinical efficacy and safety evaluation of a monopolar radiofrequency device with a new vibration handpiece for the treatment of facial skin laxity: A 10-month experience with 64 patients [J]. *Dermatol Surg*, 2013, 39(1pt1):104-110.
- [15] Dayan E, Chia C, Burns AJ, et al. Adjustable depth fractional radiofrequency combined with bipolar radiofrequency: a minimally invasive combination treatment for skin laxity [J]. *Aesthet Surg J*, 2019, 39(Suppl 3):S112-S119.
- [16] Clementoni MT, Munavalli GS. Fractional high intensity focused radiofrequency in the treatment of mild to Moderate laxity of the lower face and neck: A pilot study [J]. *Lasers Surg Med*, 2016, 48(5):461-470
- [17] 杨蓉娅, 廖勇. 皮肤美容激光与光治疗 [M]. 4版. 北京:北京大学医学出版社, 2020:8.
- [18] Kennedy J, Verne S, Griffith R, et al. Non-invasive subcutaneous fat reduction: a review [J]. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 2015, 29(9):1679-1688.
- [19] Seago M, Shumaker PR, Spring LK, et al. Laser treatment of traumatic scars and contractures: 2020 international consensus recommendations [J]. *Lasers Surg Med*, 2020, 52(2):96-116.
- [20] Taub AF. The treatment of acne scars, a 30-Year Journey [J]. *Am J Clin Dermatol*, 2019, 20(5):683-690.
- [21] Dai R, Xie H, Hua W, et al. The efficacy and safety of the fractional radiofrequency technique for the treatment of atrophic acne scar in Asians: A meta-analysis [J]. *J Cosmet Laser Ther*, 2017, 19(6):337-344.
- [22] Wang S, Mi J, Li QF, et al. Fractional microplasma radiofrequency technology for non-hypertrophic post-burn scars in Asians: A prospective study of 95 patients [J]. *Lasers Surg Med*, 2017, 49(6):563-569.
- [23] Lan T, Xiao Y, Tang L, et al. Treatment of atrophic acne scarring with fractional micro-plasma radio-frequency in Chinese patients: A prospective study [J]. *Lasers Surg Med*, 2018, 50(8):844-850.
- [24] Lan T, Tang L, Xia A, et al. Comparison of fractional micro-plasma radiofrequency and fractional microneedle radiofrequency for the treatment of atrophic acne scars: A pilot randomized split-face clinical study in China [J]. *Lasers Surg Med*, 2021, 53(7):906-913.
- [25] Wang, XF, Fanfg QQ, Jia B, et al. Potential effect of non-thermal plasma for the inhibition of scar formation: a preliminary report [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1):1064.
- [26] Kang SU, Kim YS, Kim YE, et al. Opposite effects of non-thermal plasma on cell migration and collagen production in keloid and normal fibroblasts [J]. *PLoS One*, 2017, 12(11):e0187978.
- [27] Kwon SH, Na JI, Choi JY, et al. Melasma: updates and perspectives [J]. *Exp Dermatol*, 2019, 28(6):463-707.
- [28] Kim M, Kim SM, Kwon S, et al. Senescent fibroblasts in melasma pathophysiology [J]. *Exp Dermatol*, 2019, 28(6):719-722.
- [29] Sofen B, Prado G, Emer J. Melasma and post inflammatory hyperpigmentation: management update and expert opinion [J]. *Skin Therapy Lett*, 2016, 21(1):1-7.
- [30] Kwon HH, Choi SC, Jung JY, et al. Combined treatment of melasma involving low-fluence Q-switched Nd:YAG laser and fractional microneedling radiofrequency [J]. *J Dermatolog Treat*, 2019, 30(4):352-356.
- [31] 卢婉娇, 王鲁梅, 李俊杰, 等. 舒敏之星射频联合羟氯喹治疗面部敏感皮肤的疗效观察 [J]. *山西医科大学学报*, 2018, 49(4):410-412.
- [32] Kilmer S, Semchyshyn N, Shah G, et al. A pilot study on the use of a plasma skin regeneration device (Portrait PSR3) in full facial rejuvenation procedures [J]. *Lasers Med Sci*, 2007, 22(2):101-109.
- [33] Zheng Z, Goo B, Kim DY, et al. Histometric analysis of skin-radiofrequency interaction using a fractionated microneedle delivery system [J]. *Dermatol Surg*, 2014, 40(2):134-141.
- [34] Kwon TR, Choi EJ, Oh CT, et al. Targeting of sebaceous glands to treat acne by micro-insulated needles with radio frequency in a rabbit ear model [J]. *Lasers Surg Med*, 2017, 49(4):395-401.
- [35] Hoss E, Kollipara R, Fabi S. Noninvasive vaginal rejuvenation: radiofrequency devices [J]. *Skinmed*, 2019, 17(6):396-398.
- [36] Karcher C, Sadick N. Vaginal rejuvenation using energy-based devices [J]. *Int J Womens Dermatol*, 2016, 2(3):85-88.
- [37] 刘永生, 肖嵘. 现代激光美容 [M]. 北京:人民卫生出版社, 2019:268-269.
- [38] Hsu SH, Chung HJ, Weiss RA. Histologic effects of fractional laser and radiofrequency devices on hyaluronic acid filler [J]. *Dermatol Surg*, 2019, 45(4):552-556.
- [39] 赵涛, 郭伟楠, 陈慧, 等. 射频溶脂联合线性提拉术治疗237例面部年轻化的效果观察 [J]. *中华医学美学美容杂志*, 2019, 25(3):190-193.
- [40] 程含晶, 王宇燕, 张菊芳. 射频溶脂联合线性提拉术治疗不同程度面部皮肤松弛的效果观察 [J]. *现代实用医学*, 2020, 32(9):1098-1100.
- [41] Chang SL, Huang YL, Lee MC, et al. Combination therapy of focused ultrasound and radio-frequency for noninvasive body contouring in Asians with MRI photographic documentation [J]. *Lasers Med Sci*, 2014, 29(1):165-172.
- [42] Paasch U, Bodendorf MO, Grunewald S, et al. Skin rejuvenation by radiofrequency therapy: methods, effects and risk [J]. *J Dtsch Dermatol Ges*, 2009, 7(3):196-203.
- [43] Ekelem C, Thomas L, Van Hal M, et al. Radiofrequency therapy and noncosmetic cutaneous conditions [J]. *Dermatol Surg*, 2019, 45(7):908-930.
- [44] Chapas A, Biesman BS, Chan HHL, et al. Consensus recommendations for 4th generation non-microneedling monopolar radiofrequency for skin tightening: A delphi consensus pane [J]. *J Drugs Dermatol*, 2020, 19(1):20-26.

(收稿日期 2021-04-16 修回日期 2021-05-03)

(本文编辑 敖俊红)