

· 指南与共识 ·

急慢性创面的光照治疗全国专家共识(2020 版)

中国老年医学学会烧创伤分会

通信作者:黄跃生,深圳市人民医院 南方科技大学第一附属医院 暨南大学第二临床

医学院创面修复科,创面修复研究所 518020, Email: yshuang1958@163.com;

程彪,解放军南部战区总医院烧伤整形科,广州 510010

Email: chengbiaocheng@163.com

【摘要】 一般来说,不同种类的光在创面治疗中发挥不同的作用,但波长相近的不同种类的光又存在部分类似或相同的治疗功能。光照治疗的重要性逐渐被认识到,目前光照治疗已成为临床创面治疗的重要手段。红光因在加速创面愈合、减轻疼痛、控制渗液量等方面的效果突出,目前在创面治疗中应用最广。我们通过查阅大量文献,筛选出高质量的证据文章,并经创面修复领域专家反复研讨,形成具有指导意义的急慢性创面的光照治疗专家共识,为创面修复的光照治疗提供科学、规范的应用指导。

【关键词】 伤口愈合; 光疗法; 专家共识; 适应证; 禁忌证

基金项目:国家重点研发专项(2017YFC1103301);广州健康医疗协同创新项目(201508020253);军事医学创新工程专项(18CXZ029)

DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200507-00257

National expert consensus on application of phototherapy in acute and chronic wounds (2020 version)

The Burn and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society

Corresponding authors: Huang Yuesheng, Department of Wound Repair, Institute of Wound Repair, Shenzhen People's Hospital, the First Affiliated Hospital of Southern University of Science and Technology, the Second Clinical Medical College of Jinan University, Shenzhen 518020, China, Email: yshuang1958@163.com; Cheng Biao, Department of Burns and Plastic Surgery, General Hospital of Southern Theater Command of PLA, Guangzhou 510010, China, Email: chengbiaocheng@163.com

【Abstract】 In general, different kinds of light play different roles in the treatment of wound, but the different kinds of light with similar wavelengths have some similar or the same therapeutic function. The importance of phototherapy has been gradually discovered and phototherapy has become an important means of clinical wound treatment. At present, red light is the most widely used light in wound treatment for the outstanding effects in accelerating wound healing, alleviating pain, controlling effusion volume. Through reviewing a large number of literature and screening out high-quality evidence articles, combined with the repeated discussion of experts in the field of wound repair, the expert consensus on phototherapy in acute and chronic wounds is formulated with guiding significance, which can provide scientific and standardized application guidance for light treatment in wound repair.

【Key words】 Wound healing; Phototherapy; Expert consensus; Indications; Contraindications

Fund program: National Key Research and Development Plan of China (2017YFC1103301); Health and Medical Treatment Collaborative Innovation Major Special Projects of Guangzhou (201508020253); Military Medical Innovation Special Projects (18CXZ029)

DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20200507-00257

1 背景介绍

皮肤被覆于体表,是人体最外部的器官,也是人体最大的器官,皮肤极易遭受各类损伤。当皮肤遭受损伤,产生急慢性创面时,加速修复、维护皮肤屏障功能极为重要。除手术治疗,非手术治疗(光、电、磁疗等)应用越来越受到关注。国内外研究证实,某些特定光波的照射可通过光生物调节作用或光生物刺激作用影响某些生物活性物质的释放,促进相关细胞的增殖、迁移,从而起到控制炎症反应、促进组织修复、加速创面愈合的作用。光照治疗利用低功率光波,非侵入性地照射人体,激发人体自身修复潜能,促进创面愈合,成为临床创面治疗的重要手段,具有较好的临床应用前景^[1-3]。但由于创面复杂的发病机制等,尽管光照治疗已得到认可,但其在各类不同创面中应用时的光能量、治疗时间等指标或方式的选择仍有待解决。光照治疗分为可见光疗法及不可见光疗法,前者主要包括红光疗法和蓝光疗法等,后者主要包括红外线疗法和紫外线疗法。在创面治疗领域,不同种类的光起着不同的作用,波长相近的不同种类光又存在部分类似或相同的治疗功能^[4-6]。近年来由于对抗生素过分依赖和滥用,创面感染的耐药情况越来越严重,光照治疗可能因在辅助控制创面感染、促进创面愈合方面的良好效果,成为方便、安全、有效的创面治疗手段^[3],但仍有诸多细节需要明确。因此,有必要对光照治疗在创面修复中的作用机制、用法与光能量进行进一步探讨,并通过文献检索和专家应用后的体会形成光照治疗在创面修复中应用的建设性意见。

2 光的生物学作用及修复创面的机制

2.1 光的生物学作用

光是物质运动的一种形式,是一种辐射能,具有波粒二象性,也就是说光既是一种由电荷振动产生的电磁波,又是由特殊的微粒物质——光量子组成的粒子流,即光是一种以电磁波的形式运动着的光子流。光辐射的粒子称为光子或光量子,具有动能和质量,其能量大小与频率成正比,与波长成反比。

光照射到生物体上,由生物体内的组织、细胞吸收,各类组织、细胞对光能的吸收和蓄积必然伴随其运动形式的某种变化,从而产生各种物理、化学和生物学效应。可见光中波长越长的光,对组织的穿透能力越强,其中红光穿透能力最强。红光大部分在真皮层被吸收,紫光基本上被表皮吸收。另外,可产生生物学效用的还有红外线和紫外线。既往研究多关注光的温热作用和光化学作用,其中波长较长的光以温热作用为主,波长较短的光以光化学作用为主。随着人们对光认识的深入,低能量光照治疗(LLLT),又称低强度光照治疗倍受关注,它是指利用波长为 600~1100 nm、能量输出功率为 1~500 mW、能量密度为 0.04~50.00 J/cm² 的红光或者近红外光,对目标组织或者细胞进行照射,这些以光热、光电、光化学效应为基础的光在组织修复中的应用就是光生物调节作用^[7]。在此基础上,系统或局部应用光敏剂,经适宜波长的光激发产生光动力反应,影响细胞的功能与代谢,加速组织修复,拓展成为创面的光动力治疗。

2.2 光照治疗在创面修复中的作用及机制

1988 年,Ohshiro 和 Calderhead 首次提出 LLLT 的功率为 0.01~1.00 W/cm²,波长为 300~10600 nm。低强度光在照射生物组织时,不会引起组织的不可逆性损伤,同时能够产生治疗作用,因此被广泛应用于临床。光照治疗可通过调节机体的免疫系统、循环系统、神经系统等,达到治疗目的^[8]。随着对光认识的不断深入,研究者对光对组织作用的认识已从大体水平到细胞水平、分子水平,逐渐由光的直接辐射,到利用其直接能量、生物调节功能。光照治疗已被推荐用于创面治疗。20 世纪 50 年代后,放射剂量学对现代放射治疗的巨大推动作用,促使光治疗学更科学,更具有针对性^[9]。光照治疗在创面治疗中的作用机制涉及细胞增殖、代谢,以及各种活性因子的释放等。

2.2.1 加快细胞分裂 线粒体是产生能量及新陈代谢的主要场所。有研究者观察到,细胞线粒体

对低强度光照射十分敏感,线粒体呼吸链上的细胞色素 c 等能选择性地吸收红光和近红外光。细胞色素 c 氧化酶(cytochrome c oxidase,CCO)是电子呼吸链的组成部分之一,CCO 活化使电子传递链耦合加强,电子传递加速,促进 ATP 的合成,细胞膜的离子泵活动增强,细胞内环磷酸腺苷浓度升高,从而引起 RNA 和蛋白质合成增加等一系列的生物效应^[10]。

2.2.2 增强细胞代谢 光可以促进蛋白质合成以及能量代谢,使细胞功能发生变化,并调节细胞基因活性,激活细胞的信号通路,刺激巨噬细胞释放细胞因子,使真皮乳头层胶原合成和生长因子分泌增加,基质金属蛋白酶分泌减少等,从而达到抗炎和促进创面修复的作用^[11]。活性氧簇是线粒体氧化代谢的正常产物,也是信号转导通路的重要信号分子,低能量光可以使细胞氧化还原电位向更大的氧化方向转变,活性氧类生成增加有利于增强细胞氧化还原活性。

2.2.3 调节多种细胞因子、炎症介质和生长因子的合成和分泌 LLLT 能够改变创面组织的细胞因子或生长因子的表达水平,从而调节细胞的生物学功能,如炎症、应激和免疫反应,从而促进创面愈合^[12]。

2.2.4 其他 光照治疗具有改善血液循环^[13-14]、减轻疼痛^[15]以及干预细菌生物膜形成等作用^[16-21]。

3 光在创面应用的适应证

皮肤被覆体表,光照射时皮肤是其首先作用的器官也是靶器官。皮肤各层对于不同波长光的吸收能力不同,光被吸收得越多,穿透的就越少。在不同创面采取的光照治疗有一定区别。

3.1 急性创面

2016 年,有学者运用荟萃分析方法系统评价红光辅助治疗急性创面的效果,结果显示红光辅助治疗组较未进行红光辅助治疗的对照组创面愈合时间更短,该研究为红光疗法在临床中应用提供重要循证证据,但是该研究中符合纳入标准的研究多是国内的临床研究,文献水平不高,提示今后应当进一步完善实验设计,增加样本量、减少偏倚、提高研究方法学的质量^[22]。

一项针对接受掺铒钇铝石榴石(erbium-doped yttrium aluminum garnet)/二氧化碳激光进行全面部、眼周和口周年轻化治疗的患者的前瞻性研究表明,采用波长 830、633 nm 的发光二极管(light emit-

ting diode, LED) 进行光照治疗, 每次 20 min, 能量密度分别为 55.98 J/cm^2 , 治疗后创面愈合时间明显缩短, 后遗症明显减轻^[23]。

研究表明, 红光照射与远红外光照射辅助急性创面治疗的效果相近, 红光治疗具有照射均匀、穿透深度深、操作方便、安全性强等优点, 但研究者观察到红光照射 10 min 和 20 min 的效果相近^[24]。另外, LED 红、蓝光联合照射较单纯红光或蓝光照射更能有效促进感染创面愈合, 减轻创面疼痛^[25]。一项用低剂量 LED 红光(波长 658 nm) 治疗 II 度和 III 度烧伤创面的双盲、安慰剂对照研究表明, 红光治疗后疼痛和瘙痒程度减轻, 炎症渗出物和纤维蛋白减少, 再上皮化和肉芽组织生长情况改善^[26]。

尽管目前的研究在观察对象、治疗参数等方面存在差异, 但可确定单波长有促进急性创面愈合的效果, 且可减少创面渗出、控制创面感染、减轻疼痛^[27]; 红、蓝光联合或红光与远红外光联合照射的效果更佳^[28]。对于剥脱性激光进行面部治疗所产生的创面, LED 的干预有助于加快创面修复, 减少后遗症, 且维持更长久的治疗效果, 但需根据创面面积, 进一步优化单位面积的照射剂量和治疗时间。

3.2 慢性创面

波长 400 ~ 3 000 nm 的光对于糖尿病足溃疡、动脉粥样硬化闭塞症、静脉曲张或血栓后综合征、压疮和骨髓炎的治疗均有一定作用。光照治疗可减少慢性创面分泌物, 促进上皮化, 增加免疫细胞数量, 促进细胞因子和趋化因子的分泌, 加速创面闭合, 从而促进创面愈合。虽然大部分研究没有采取适当的盲法及对照、随机或统计分析方法, 削弱了其结论, 但多数研究还是证实光照治疗对延迟愈合创面有改善作用^[29]。

国内外均有采用红光和红外光联合疗法对老年人 2 期压疮、下肢静脉性溃疡及糖尿病下肢溃疡等慢性创面进行辅助治疗的报道^[30-33]。2 项前瞻性随机双盲研究显示, 波长 625、660、850 nm 的光, 能量密度达到 2.4 J/cm^2 均能明显促进慢性创面愈合, 可能机制是光照治疗增加了创面微循环, 改善了创面基底情况^[34-35]。红蓝光联合应用比单纯红光更能有效促进创面愈合、减轻创面疼痛, 特别是对于自身免疫疾病所致的难愈性皮肤溃疡, 两者联合应用后创面愈合时间明显缩短^[36], 且连续治疗 10 d 均是安全、有效的^[37]。有研究者用波长 850 nm 的红外光、波长 660 nm 的红光及波长 405 nm 的紫外光照射糖尿病足溃疡, 每个照射部位能量密度总量

10 J/cm^2 , 每周 2 次, 共 3 周, 未见不良反应。低能量光照射后, 糖尿病足溃疡区血流灌注明显增加, 创面疼痛评分改善^[38]。溃疡性血管瘤的治疗是一项具有挑战性的治疗。适当管理波长 570 nm 的强脉冲光, 使其能量密度为 $38 \sim 48 \text{ J/cm}^2$, 不会引起紫癜、色素沉着或萎缩性瘢痕, 且可促进上皮化和控制疼痛。选择合适的波长、脉冲模式和能量流, 可防止溃疡扩大, 减少瘢痕形成^[39]。在临床上, 低能量光生物调节可消除乳腺癌等在放射治疗过程中引起的相关溃疡, 同时可减少创面炎症反应, 促进 Fb 增殖和胶原沉积^[40]。

虽然有一些研究目前不符合循证医学纳入标准, 但仍提供了一定的临床应用证据^[41]。在慢性创面治疗过程中, 低能量光(多个波长)、强脉冲光治疗的安全性、可行性、耐受性较好, 可改善慢性创面的基底, 特别是微循环情况, 且具有减轻创面局部疼痛等作用。对于一些特殊类型的难愈性创面, 如溃疡性血管瘤、放射治疗后组织溃疡等, 光照射治疗是一项可推荐的辅助性治疗手段。

3.2.1 糖尿病足溃疡 治疗组糖尿病足溃疡患者采用 LED 治疗, 能量密度 2.4 J/cm^2 , 波长 625、660、850 nm, 每周 3 次, 连续 8 周; 对照组糖尿病足溃疡患者采用宽带光照治疗, 波长 580 ~ 900 nm, 能量密度 0.72 J/cm^2 。治疗后治疗组糖尿病足溃疡患者血流量显著增加, 而对照组无明显改善。另外, 治疗组的创面床评分较对照组有显著改善, 说明 LED 光照治疗是糖尿病足溃疡的有效辅助治疗手段^[42]。波长 660 nm、能量密度 6 J/cm^2 的红光不仅可缩短糖尿病足溃疡修复过程, 甚至可使一些完全失去足部敏感性的患者恢复疼痛和触觉敏感性^[43]。

LLLTT 可改善糖尿病足溃疡血管和神经系统病变。近红外光谱法监测结果显示, LLLTT 后, 糖尿病足溃疡患者总血红蛋白浓度升高, 但不同光照强度对糖尿病足溃疡的治疗效果不同^[20, 44-45]。荟萃分析结果显示, 作为糖尿病足溃疡的无创治疗, LLLTT 可促进肉芽组织形成、缩短溃疡创面闭合时间, 从而有效减少溃疡面积, 提高创面愈合率。LLLTT 还可减轻糖尿病足溃疡疼痛, 且治疗过程中无不良事件发生^[46]。

2015 年, Feitosa 等^[47]进行的一项随机对照研究, 将 16 例糖尿病足溃疡患者分为激光治疗组和对照组。激光治疗组患者在常规创面护理的基础上采用波长 632.8 nm、功率 30 mW、能量密度 4 J/cm^2 的激光治疗, 每次治疗持续 80 s, 每周重复 3 次, 治疗

4 周后,患者创面大小和疼痛评分较仅接受常规创面护理的对照组患者明显改善。另一项研究中,与常规换药治疗的对照组患者相比,大部分接受功率密度 50 mW/cm^2 、波长 660 nm 激光治疗的糖尿病足溃疡患者创面再上皮化和肉芽生长情况得到显著改善^[48]。

LLLT 作为一种便携式、无(微)创、操作简单和经济有效的治疗方式,可明显控制糖尿病足溃疡的细菌负荷、改善血供和减轻疼痛,加速创面愈合,本共识积极推荐其在糖尿病足溃疡治疗中的应用,特别是簇状排列的 LED 效果更佳。但根据相似的光参数,筛选出最佳治疗参数,还需要更大的样本量和更长的随访期。

3.2.2 感染性创面 除 LLLT 对慢性创面细菌负荷具有一定的控制作用外,光动力疗法也被认为是另一种很有前途的杀灭微生物的治疗方法^[42]。2014 年, Morley 等^[49]对 32 例患者进行了 II 期随机安慰剂对照临床研究,其中包括 16 例慢性下肢溃疡患者和 16 例糖尿病足溃疡患者,每组中 8 例行光动力治疗,8 例为安慰剂对照,结果表明,光动力治疗表现出较强的杀菌效果,治疗后菌量中位数大幅降低,这种对感染性皮肤溃疡的显著杀菌作用有助于促进创面愈合。另有研究证实,光动力治疗可降低铜绿假单胞菌感染的下肢慢性皮肤溃疡的细菌负荷,促进溃疡创面愈合,但这种治疗作用的具体机制尚需深入探讨,需要在临床试验中进行更大样本的验证^[50]。

3.2.3 静脉性溃疡 有前瞻性随机对照试验表明,接受常规治疗 + 辅助 LLLT 有望提高静脉性溃疡愈合的质量、速度。应用波长 660 nm 、功率 30 mW 的红光治疗静脉性溃疡,治疗仪的治疗头距离创面 1 cm ,并应用电脑控制的程序进行扫描模式的光照治疗,效果较佳^[51]。由慢性静脉功能不全综合征引起的顽固性静脉性溃疡患者接受光生物调节治疗后,肉芽组织快速增长、溃疡闭合速度较常规换药治疗患者有显著改善^[52]。静脉性腿部溃疡患者接受波长 $480 \sim 3400 \text{ nm}$ 、功率密度 40 mW/cm^2 的光照治疗,每天 1 次,治疗 4 周后,创面面积和溃疡数量显著减少^[53]。Vitse 等^[54]进行一项前瞻性、随机、双盲、安慰剂对照的临床研究,将静脉性溃疡患者分成光照治疗组和安慰剂组,安慰剂组患者仅接受标准的创面护理,光照治疗组患者在此基础上进行波长 635 nm 的红光治疗,功率密度为 2.46 mW/cm^2 ,能量密度总量为 2.95 J/cm^2 ,持续治疗 12 周,每周 2 次。

治疗 2 周和 12 周后,光照治疗组患者创面疼痛较安慰剂组减轻,但 2 组患者在创面愈合情况方面无明显差别^[54]。研究者对常规治疗辅以光照治疗提高静脉性溃疡的愈合速度与质量存在争议,但可以明确的是该方法可减轻创面疼痛效果。同时,这种非侵入式、非药理学干预手段在预防静脉性溃疡发生方面有一定作用,但在静脉性溃疡治疗方面,光照治疗还缺乏关键的参数(给予方式、能量密度),未来的研究应继续优化这些参数。

3.2.4 压疮 有研究者进行一项随机对照试验以探讨多波长($660 \sim 940 \text{ nm}$)光疗法治疗脊髓疾病患者压疮的效果,治疗组患者接受 14 次(每周 3 次)能量密度为 4.5 J/cm^2 的多波长光照治疗,对照组采用模拟光照治疗,结果显示,多波长光照治疗对压疮的愈合情况有一定改善,但整体影响不显著^[55]。另有研究显示,2 期压疮患者进行 12 周的单色光(波长 $660, 880 \text{ nm}$)脉冲生物调节治疗后,压疮面积减少 80%,而采用常规治疗的对照组患者压疮面积减少 50%^[56]。

2013 年, Taradaj 等^[57]进行一项单盲、随机临床研究,评估波长 658 nm 的红色激光及波长 $808, 940 \text{ nm}$ 的近红外激光治疗压疮的效果,激光器的输出功率为 50 mW 、光斑大小为 0.1 cm^2 、在组织表面的能量密度为 4 J/cm^2 ,扫描器距离创面 50 cm ,结果表明,波长 658 nm 的红色激光治疗压疮的效果最佳,波长 $808, 940 \text{ nm}$ 的近红外激光治疗并没有明显提高压疮创面的愈合率。

2017 年,有学者对 LLLT 在压疮中的作用进行系统回顾,结果显示,使用波长为 658 nm 的 LLLT 治疗 1 个月后,压疮面积显著缩小,愈合率提高,但仍缺乏足够的科学证据来确保 LLLT 治疗对压疮的有效性^[58]。

使用激光扫描模式治疗压疮创面十分有效,单次治疗剂量、频率和治疗总量不同可能产生不同的临床结果。当前的证据表明,红光较近红外光有更好的加速压疮愈合的效果,但近红外光在减轻创面疼痛和控制创面感染方面效果更佳。

4 使用方法

能量密度为 $0.1 \sim 10 \text{ J/cm}^2$ 、波长 $405 \sim 1000 \text{ nm}$ 的光照治疗似乎对各种慢性创面都有一定治疗效果;从 LED 到激光器的一系列光源也都有被使用,并有各自特定的优点和局限性;但目前对标准化的治疗参数如波长、剂量和治疗结果仍缺乏共识,从而

阻碍临床方案推荐。以已报道的文献^[41,59]为基础,本共识认为,无创、经济、多用途的光照射轻型装置是一种有吸引力的创面处理工具,在严格的临床研究基础上制订最佳的临床使用方案是未来的方向。创面光照治疗参数存在很大差别^[7,60-62],无论是波长、输出功率、能量密度、照射时间、频次都有待进一步验证和细化,创面治疗患者无不适感可持续治疗 20~30 min,每天 1 次或 2 次;对大范围切口应分区域治疗,采用电脑控制的程序进行扫描治疗,或簇状的 LED 排列治疗是较佳选择。

各类急慢性创面仍推荐红光光照治疗,但照射时间、距离、功率密度、照射面积均应根据创面情况适当调整^[63]。建议慢性创面首选半导体式的激光二极管,波长为 660 和 890 nm、功率密度为 50 mW/cm²、能量密度为 2 J/cm²,辐照时间为 30 s,光源距离创面 1 cm。但要证明 LLLT 的长期有效性和安全性,需要更大的样本量和更长的随访期^[44]。远红外光治疗以热辐射效应为主,照射时间为每次 10 min,常规疗程为 4 周,并可根据创面情况延长 14 d,但应避免热损伤。

虽然多种照射剂量显示出对急慢性创面的疗效,但未来需要对治疗创面单位面积的剂量(组织表面辐照度)和照射时间进行仔细校准,以达到更好的治疗效果。对于一些慢性创面,辐照强度、治疗频次、剂量、波长等参数有待优化,以改善慢性难愈性创面的治疗效果。

有证据表明,当近红外光联合红光治疗创面时,一些特有的生物反应将表现出治疗反应。但应注意避免近红外光的热效应,并关注其组织渗透能力。若加用其他波长的光,如蓝光,可能有助于控制创面疼痛和感染^[41]。因此,不同波长光的组合效应可能更强,更有利于不同情况组织缺损的修复^[55]。在创面治疗过程中,光照治疗不排斥与其他治疗手段联合应用,如与浓缩血小板产品的联用^[64]、配合电刺激治疗^[65]等均可尝试。

5 光照治疗创面的优势

光照治疗在创面修复中有自身的特点,其优点主要包括以下几点。(1)作用于人体局部,全身的不良反应少。(2)不会引起肝肾代谢功能障碍及人体正常菌群失调。(3)临床适应证多,禁忌证相对较少。(4)可为各类创面患者提供快速治疗,无须接受过多的检查。(5)大部分创面的光照治疗为无创、非接触式治疗,患者舒适度较高,治疗操作相对

简单,使用风险相对较小。因此,当患者全身情况较差,一些常规有创治疗受限时,光照治疗是一项值得推荐的治疗措施与手段^[32]。当一些难愈性创面经常规手段治疗无效时,可选择光照治疗^[49,66];特别是一些机体状态(恶性肿瘤晚期、全身系统多脏器衰竭)使治疗受限时,可采用光照治疗这种非接触、无创式的治疗。在创面治疗过程中,既可以采用不同波长光的组合,也可以采用光与其他手术、非手术治疗,如与浓缩血小板产品、电刺激等的联用。

6 禁用或慎用

光与药物不同,在机体内无残留,不存在后遗效应。各色光对机体或细胞进行照射时会产生不同生物调节作用,必须控制照射时间、剂量等,防止对组织、细胞产生不良影响。一般高热、出血倾向、活动性肺结核及重症动脉硬化、重症心肾疾病、活动性结核病、光敏性疾病、中毒伴发热、恶性肿瘤的局部、妊娠期、月经期女性盆腔部位、有出血性和凝血疾病为光照治疗的相对禁忌证。

7 注意事项

光照治疗已成为临床创面治疗的重要手段,但在应用中应该注意以下几点。(1)光照治疗前一定要进行充分的创面基底准备工作。坏死组织清创极为重要,充分暴露肉芽组织,为光照治疗做准备。(2)注意光能量密度的衰减。清创完成后在创面上使用促进创面愈合的药物或使用透明敷贴、泡沫敷料、负压引流等进行治疗,与在开放性裸露创面进行光照治疗相比,应缩短光源与创面的距离,并将治疗时间在常规治疗基础上延长 5~10 min。如果有不透光的敷料覆盖创面,如黑色敷料,则建议打开敷料进行光照治疗。(3)选择合适波长和强度的光源。光照治疗的光强度远高于自然光,光污染的可能性确实存在,需要做好光源防护措施。即便波长(640±10)nm 的红光及波长(460±10)nm 的蓝光照治疗波段安全性比较高,光照治疗头面部时,患者也一定要佩戴遮光眼罩,做好防护。(4)针对首次进行光照治疗的患者一定要进行相关的治疗教育工作。LLLTT 的光强度较常规人工照明或自然光线高出多个能量级别,对患者感官或心理刺激比较大,提前告知患者治疗开始后可能会出现强光刺激现象,可避免患者心理紧张或眼部肌肉紧张引发不适,否则可能因心理作用等原因造成患者治疗感受不佳、治疗中断,甚至产生医患纠纷。

急性创面的光照治疗全国专家共识(2020 版)编写组

顾问:付小兵(解放军总医院)、夏照帆(海军军医大学第一附属医院)、孙永华(北京积水潭医院)、陈璧(空军军医大学第一附属医院)
组长:黄跃生(深圳市人民医院 南方科技大学第一附属医院 暨南大学第二临床医学院)

专家组成员(单位名称以拼音排序,姓名以姓氏笔画排序):安徽医科大学第一附属医院徐庆连,北京积水潭医院沈余明、张国安,成都市第二人民医院王德怀,甘肃省人民医院周军利,哈尔滨市第五医院李宗瑜,海军军医大学第一附属医院唐洪泰,河北医科大学第一医院冯建科、张庆富,吉林大学中日联谊医院高庆国,江南大学附属医院(无锡市第三人民医院)吕国忠,解放军南部战区总医院程颺,解放军总医院第四医学中心杨红明、姚咏明,空军军医大学第一附属医院胡大海、费舟,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院张家平,南昌大学第一附属医院郭光华,南通大学附属医院张逸,山东大学第二附属医院姜笃银,上海交通大学医学院附属瑞金医院陆树良,天津市第一中心医院李小兵,武汉大学同仁医院暨武汉市第三医院谢卫国,战略支援部队特色医学中心姜玉峰,浙江大学医学院附属第二医院韩春茂,《中华创伤杂志》刘国栋,《中华烧伤杂志》王旭、梁光萍,中南大学湘雅医院吴英、张丕红、黄晓元

执笔:程颺(解放军南部战区总医院)

利益冲突 所有编写组成员均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 张丽,付小兵. 光学疗法治疗慢性难愈合创面的研究进展[J]. 感染、炎症、修复,2015,16(4):251-254. DOI:10.3969/j.issn.1672-8521.2015.04.017.
- [2] Suan LP, Bidin N, Cherg CJ, et al. Light-based therapy on wound healing: a review [J]. Laser Phys, 2014, 24(8):083001. DOI: 10.1088/1054-660X/24/8/083001.
- [3] Whelan HT, Smits RL Jr, Buchman EV, et al. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing [J]. J Clin Laser Med Surg, 2001, 19(6):305-314. DOI: 10.1089/104454701753342758.
- [4] Davidson SF, Brantley SK, Das SK. The effects of ultraviolet radiation on wound healing [J]. Br J Plast Surg, 1991, 44(3):210-214. DOI: 10.1016/0007-1226(91)90129-8.
- [5] Kaiser MR, Davis SC, Mertz BA. Effect of ultraviolet radiation-induced inflammation on epidermal wound healing [J]. Wound Repair Regen, 1995, 3(3):311-315. DOI: 10.1046/j.1524-475X.1995.30311.x.
- [6] 毛和水,姚敏,方勇. 弱激光疗法在创面愈合中的作用研究进展[J]. 中华烧伤杂志,2012,28(6):462-465. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2012.06.019.
- [7] Petz FFC, Félix JVC, Roehrs H, et al. Effect of photobiomodulation on repairing pressure ulcers in adult and elderly patients: a systematic review [J]. Photochem Photobiol, 2020, 96(1):191-199. DOI: 10.1111/php.13162.
- [8] Hönigsmann H. History of phototherapy in dermatology [J]. Photochem Photobiol Sci, 2013, 12(1):16-21. DOI: 10.1039/c2pp25120e.
- [9] Enwemeka CS. Light is light [J]. Photomed Laser Surg, 2005, 23(2):159-160. DOI: 10.1089/pho.2005.23.159.
- [10] Whinfield AL, Aitkenhead I. The light revival: does phototherapy promote wound healing? A review [J]. Foot (Edinb), 2009, 19(2):117-124. DOI: 10.1016/j.foot.2009.01.004.
- [11] Silveira PC, Silva LA, Fraga DB, et al. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in wound healing by low-level laser therapy [J]. J Photochem Photobiol B, 2009, 95(2):89-92. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2009.01.004.
- [12] Beckmann KH, Meyer-Hamme G, Schröder S. Low level laser therapy for the treatment of diabetic foot ulcers: a critical survey [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2014, 2014:626127. DOI: 10.1155/2014/626127.
- [13] Kwan RL, Wong WC, Yip SL, et al. Pulsed electromagnetic field therapy promotes healing and microcirculation of chronic diabetic foot ulcers: a pilot study [J]. Adv Skin Wound Care, 2015, 28(5):212-219. DOI: 10.1097/01.ASW.0000462012.58911.53.
- [14] Tang EG, Arany PR. Tissue regeneration with photobiomodulation [J]. Proceedings of the SPIE, 2013, 8569(21):18-22. DOI:10.1117/12.2019284.
- [15] Han KY, Lim S. Red and near infrared light from light emitting diodes for therapeutic applications [J]. Nanoscience Nanotechnology Letters, 2016, 8(1):90-93. DOI: 10.1166/nnl.2016.2118.
- [16] de Freitas LF, Hamblin MR. Proposed mechanisms of photobiomodulation or low-level light therapy [J]. IEEE J Sel Top Quantum Electron, 2016, 22(3):7000417. DOI: 10.1109/JSTQE.2016.2561201.
- [17] Percival SL, Francolini I, Donelli G. Low-level laser therapy as an antimicrobial and antibiofilm technology and its relevance to wound healing [J]. Future Microbiol, 2015, 10(2):255-272. DOI: 10.2217/fmb.14.109.
- [18] Corsi A, Lecci PP, Bacci S, et al. Early activation of fibroblasts during PDT treatment in leg ulcers [J]. G Ital Dermatol Venereol, 2016, 151(3):223-229.
- [19] Tchanquefossuo CN, Ho D, Dahle SE, et al. Low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer: a review of clinical experiences [J]. J Drugs Dermatol, 2016, 15(7):843-848.
- [20] Salvi M, Rimini D, Molinari F, et al. Effect of low-level light therapy on diabetic foot ulcers: a near-infrared spectroscopy study [J]. J Biomed Opt, 2017, 22(3):038001. DOI: 10.1117/1.JBO.22.3.038001.
- [21] Jeres SW, Abrahamse H, Hourel NN. The JAK/STAT signaling pathway and photobiomodulation in chronic wound healing [J]. Cytokine Growth Factor Rev, 2017, 38:73-79. DOI: 10.1016/j.cytogfr.2017.10.001.
- [22] 谢南珍,王太武,程红纓. 红光辅助伤口治疗效果的 meta 分析 [J]. 创伤外科杂志,2016,18(4):217-222. DOI:10.3969/j.issn.1009-4237.2016.04.008.
- [23] Trelles MA, Allones I, Mayo E. Combined visible light and infrared light-emitting diode (LED) therapy enhances wound healing after laser ablative resurfacing of photodamaged facial skin [J]. Medical Laser Application, 2006, 21(3):165-175. DOI: 10.1016/j.mla.2006.06.001.
- [24] 蒋琪霞,周昕,彭青,等. 红光和红外线辅助伤口治疗的照射时间与效果观察 [J]. 医学研究生学报,2011,24(4):381-385. DOI:10.3969/j.issn.1008-8199.2011.04.012.
- [25] 蒲晓华,罗红,邹同荣. LED 红蓝光照射治疗创伤性感染伤口的临床研究 [J]. 中国美容整形外科杂志,2018,29(11):648-651,669. DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2018.11.003.
- [26] De Oliveira RA, Boson LLB, Portela SMM, et al. Low intensity LED therapy (658 nm) on burn healing: a series of cases [J]. Lasers Med Sci, 2018, 33(4):729-735. DOI: 10.1007/s10103-017-2399-z.
- [27] Heiskanen V, Hamblin MR. Photobiomodulation: lasers vs. light emitting diodes? [J]. Photochem Photobiol Sci, 2018, 17(8):1003-1017. DOI: 10.1039/c8pp90049c.
- [28] Ankri R, Lubart R, Taitelbaum H. Estimation of the optimal wavelengths for laser-induced wound healing [J]. Lasers Surg Med, 2010,42(8):760-764. DOI: 10.1002/lsm.20955.

- [29] Fenyő M. Theoretical and experimental basis of biostimulation by laser irradiation[J]. *Opt Laser Tech*, 1984, 16(4): 209-215. DOI:10.1016/0030-3992(84)90029-X.
- [30] Landau Z, Migdal M, Lipovsky A, et al. Visible light-induced healing of diabetic or venous foot ulcers: a placebo-controlled double-blind study[J]. *Photomed Laser Surg*, 2011, 29(6): 399-404. DOI:10.1089/pho.2010.2858.
- [31] Schubert V. Effects of phototherapy on pressure ulcer healing in elderly patients after a falling trauma: a prospective, randomized, controlled study[J]. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 2001, 17(1): 32-38. DOI: 10.1034/j.1600-0781.2001.017001032.x.006.
- [32] Dehlin O, Elmståhl S, Gottrup F. Monochromatic phototherapy in elderly patients: a new way of treating chronic pressure ulcers? [J] *Aging Clin Exp Res*, 2003, 15(6): 259-263. DOI: 10.1007/BF03324507.
- [33] Caetano KS, Frade MA, Minatel DG, et al. Phototherapy improves healing of chronic venous ulcers[J]. *Photomed Laser Surg*, 2009, 27(1): 111-118. DOI: 10.1089/pho.2008.2398.
- [34] Frangež I, Nizič-Kos T, Frangež HB. Phototherapy with LED shows promising results in healing chronic wounds in diabetes mellitus patients: a prospective randomized double-blind study [J]. *Photomed Laser Surg*, 2018, 36(7): 377-382. DOI: 10.1089/pho.2017.4382.
- [35] Frangež I, Cankar K, Ban Frangež H, et al. The effect of LED on blood microcirculation during chronic wound healing in diabetic and non-diabetic patients-a prospective, double-blind randomized study[J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32(4): 887-894. DOI: 10.1007/s10103-017-2189-7.
- [36] 宋文亚, 陈俊婷, 龚文英. 红光照射联合湿性愈合在自身免疫疾病难愈性皮肤溃疡中的应用[J]. *护理实践与研究*, 2018, 15(23): 30-32. DOI:10.3969/j.issn.1672-9676.2018.23.012.
- [37] 谢南珍, 叶茂, 程红缨. LED 红/蓝光照射促进创伤后慢性伤口愈合的临床研究[J]. *第三军医大学学报*, 2016, 38(10): 1183-1187. DOI:10.16016/j.1000-5404.201512092.
- [38] Hughes M, Moore T, Manning J. A feasibility study of a novel low-level light therapy for digital ulcers in systemic sclerosis[J]. *J Dermatolog Treat*, 2019, 30(3): 251-257. DOI: 10.1080/09546634.2018.1484875.
- [39] Jorge BF, Del Pozo J, Castiñeiras I, et al. Treatment of ulcerated haemangiomas with a non-coherent pulsed light source: brief initial clinical report[J]. *J Cosmet Laser Ther*, 2008, 10(1): 48-51. DOI: 10.1080/14764170701846907.
- [40] Schindl A, Schindl M, Pernerstorfer-Schön H, et al. Low intensity laser irradiation in the treatment of recalcitrant radiation ulcers in patients with breast cancer-long-term results of 3 cases [J]. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 2000, 16(1): 34-37. DOI: 10.1034/j.1600-0781.2000.160109.x.
- [41] Mosca RC, Ong AA, Albasha O, et al. Photobiomodulation therapy for wound care: a potent, noninvasive, photoceutical approach[J]. *Adv Skin Wound Care*, 2019, 32(4): 157-167. DOI: 10.1097/01.ASW.0000553600.97572.d2.
- [42] Rosa SSRF, Rosa MFF, Marques MP, et al. Regeneration of diabetic foot ulcers based on therapy with red led light and a natural latex biomembrane[J]. *Ann Biomed Eng*, 2019, 47(4): 1153-1164. DOI: 10.1007/s10439-019-02220-5.
- [43] de Alencar Fonseca Santos J, Campelo MBD, de Oliveira RA, et al. Effects of low-power light therapy on the tissue repair process of chronic wounds in diabetic feet[J]. *Photomed Laser Surg*, 2018, 36(6): 298-304. DOI: 10.1089/pho.2018.4455.
- [44] Tchanque-Fossuo CN, Ho D, Dahle SE, et al. A systematic review of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer [J]. *Wound Repair Regen*, 2016, 24(2): 418-426. DOI: 10.1111/wrr.12399.
- [45] Weingarten MS, Samuels JA, Neidrauer M, et al. Diffuse near-infrared spectroscopy prediction of healing in diabetic foot ulcers: a human study and cost analysis [J]. *Wound Repair Regen*, 2012, 20(6): 911-917. DOI: 10.1111/j.1524-475X.2012.00843.x.
- [46] Li S, Wang C, Wang B, et al. Efficacy of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2018, 143: 215-224. DOI: 10.1016/j.diabres.2018.07.014.
- [47] Feitosa MC, Carvalho AF, Feitosa VC, et al. Effects of the low-level laser therapy (LLLT) in the process of healing diabetic foot ulcers[J]. *Acta Cir Bras*, 2015, 30(12): 852-857. DOI: 10.1590/S0102-865020150120000010.
- [48] Mathur RK, Sahu K, Saraf S, et al. Low-level laser therapy as an adjunct to conventional therapy in the treatment of diabetic foot ulcers[J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32(2): 275-282. DOI: 10.1007/s10103-016-2109-2.
- [49] Morley S, Griffiths J, Philips G, et al. Phase IIa randomized, placebo-controlled study of antimicrobial photodynamic therapy in bacterially colonized, chronic leg ulcers and diabetic foot ulcers: a new approach to antimicrobial therapy [J]. *Br J Dermatol*, 2013, 168(3): 617-624. DOI: 10.1111/bjd.12098.
- [50] Lei X, Liu B, Huang Z, et al. A clinical study of photodynamic therapy for chronic skin ulcers in lower limbs infected with *Pseudomonas aeruginosa* [J]. *Arch Dermatol Res*, 2015, 307(1): 49-55. DOI: 10.1007/s00403-014-1520-4.
- [51] Bavaresco T, Pires AUB, Moraes VM, et al. Low-level laser therapy for treatment of venous ulcers evaluated with the Nursing Outcome Classification: study protocol for a randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2018, 19(1): 372. DOI: 10.1186/s13063-018-2729-x.
- [52] Dixit S, Maiya AG, Umakanth S, et al. Closure of non-healing chronic ulcer in Klippel-Trenaunay syndrome using low-level laser therapy[J]. *BMJ Case Rep*, 2012, 2012: bcr-2012-006226. DOI:10.1136/bcr-2012-006226.
- [53] Medenica L, Lens M. The use of polarised polychromatic non-coherent light alone as a therapy for venous leg ulceration [J]. *J Wound Care*, 2003, 12(1): 37-40. DOI: 10.12968/jowc.2003.12.1.26456.
- [54] Vitse J, Bekara F, Byun S, et al. A double-blind, placebo-controlled randomized evaluation of the effect of low-level laser therapy on venous leg ulcers[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2017, 16(1): 29-35. DOI: 10.1177/1534734617690948.
- [55] Taly AB, Sivaraman Nair KP, Murali T, et al. Efficacy of multi-wavelength light therapy in the treatment of pressure ulcers in subjects with disorders of the spinal cord: a randomized double-blind controlled trial [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(10): 1657-1661. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.03.028.
- [56] Dehlin O, Elmståhl S, Gottrup F. Monochromatic phototherapy: effective treatment for grade II chronic pressure ulcers in elderly patients[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2007, 19(6): 478-483. DOI: 10.1007/BF03324734.
- [57] Taradaj J, Halski T, Kucharzewski M, et al. Effect of laser irradiation at different wavelengths (940, 808, and 658 nm) on pressure ulcer healing: results from a clinical study [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2013, 2013: 960240. DOI: 10.1155/2013/960240.
- [58] Machado RS, Viana S, Sbruzzi G. Low-level laser therapy in the treatment of pressure ulcers: systematic review [J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32(4): 937-944. DOI: 10.1007/s10103-017-2150-9.

- [59] Yadav A, Gupta A. Noninvasive red and near-infrared wavelength-induced photobiomodulation: promoting impaired cutaneous wound healing [J]. Photodermatol Photoimmunol Photomed, 2017, 33(1): 4-13. DOI: 10.1111/phpp.12282.
- [60] Schindl A, Schindl M, Schön H, et al. Low-intensity laser irradiation improves skin circulation in patients with diabetic microangiopathy[J]. Diabetes Care, 1998, 21(4):580-584. DOI: 10.2337/diacare.21.4.580.
- [61] Schindl A, Heinze G, Schindl M, et al. Systemic effects of low-intensity laser irradiation on skin microcirculation in patients with diabetic microangiopathy [J]. Microvasc Res, 2002, 64(2): 240-246. DOI: 10.1006/mvre.2002.2429.
- [62] Kazemi-Khoo N. Successful treatment of diabetic foot ulcers with low-level laser therapy[J]. The Foot, 2006, 16(4):184-187. DOI:10.1016/j.foot.2006.05.004.
- [63] Kopera D, Kokol R, Berger C, et al. Does the use of low-level laser influence wound healing in chronic venous leg ulcers? [J]. J Wound Care, 2005, 14(8): 391-394. DOI: 10.12968/jowc.2005.14.8.26825.
- [64] Park KY, Kim IS, Yeo IK, et al. Treatment of refractory venous stasis ulcers with autologous platelet-rich plasma and light-emitting diodes: a pilot study (Article) [J]. J Dermatol Treatment, 2013, 24(5): 332-335. DOI: 10.3109/09546634.2012.735637.
- [65] Kwan RL, Cheing GL, Vong SK, et al. Electrophysical therapy for managing diabetic foot ulcers: a systematic review [J]. Int Wound J, 2013, 10(2): 121-131. DOI: 10.1111/j.1742-481X.2012.01085.x.
- [66] Minatel DG, Frade MA, França SC, et al. Phototherapy promotes healing of chronic diabetic leg ulcers that failed to respond to other therapies [J]. Lasers Surg Med, 2009, 41(6): 433-441. DOI: 10.1002/lsm.20789.

(收稿日期:2020-05-07)

本文引用格式

中国老年医学学会烧伤分会. 急性慢性创面的光照治疗全国专家共识(2020 版) [J]. 中华烧伤杂志, 2020, 36(10):887-894. DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20200507-00257.

The Burn and Trauma Branch of Chinese Geriatrics Society. National expert consensus on application of phototherapy in acute and chronic wounds (2020 version) [J]. Chin J Burns, 2020, 36(10):887-894. DOI:10.3760/cma.j.cn501120-20200507-00257.

·科技快讯·**创面愈合:细胞的视角**

创面愈合是人体内最复杂的过程之一,涉及体内多种类型细胞在止血、炎症反应、增殖、再上皮化和结构等各个阶段空间和时间上的协同作用。单细胞技术的发展可使这些类型细胞的表型和功能异质性得以阐明。同时,在皮肤中也已发现一种罕见的干细胞亚群,它们在皮肤未受伤状态下是单能的,但在受伤后变成多能的。阐明每种类型细胞的作用以及它们之间的相互作用对于理解正常创面愈合机制起着重要作用。微环境的变化,包括机械力、活性氧、趋化因子、ECM 和生长因子的改变均可直接影响细胞的募集和活化,从而对创面愈合产生影响。单细胞技术可用于破译这些细胞在诸如慢性创面和增生性瘢痕等疾病状态下的变化,从而研发出促进创面愈合的有效治疗方案。

陈成,编译自《Physiol Rev》,2019,99:665-706;贺伟峰,审校

·读者·作者·编者·**本刊可直接使用英文缩写的常用词汇**

已被公知公认的缩略语如 ATP、CT、DNA、HBsAg、Ig、mRNA、PCR、RNA,可不加注释直接使用。对本刊常用的以下词汇,也允许直接使用英文缩写(按首字母排序)。

脱细胞真皮基质(ADM)	苏木精-伊红(HE)	动脉血氧分压(PaO ₂)
丙氨酸转氨酶(ALT)	重症监护病房(ICU)	磷酸盐缓冲液(PBS)
急性呼吸窘迫综合征(ARDS)	白细胞介素(IL)	反转录-聚合酶链反应(RT-PCR)
天冬氨酸转氨酶(AST)	角质形成细胞(KC)	全身炎症反应综合征(SIRS)
集落形成单位(CFU)	半数致死烧伤面积(LA50)	超氧化物歧化酶(SOD)
每分钟放射性荧光闪烁计数值(cpm)	内毒素/脂多糖(LPS)	动脉血氧饱和度(SaO ₂)
细胞外基质(ECM)	丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)	体表总面积(TBSA)
表皮生长因子(EGF)	最低抑菌浓度(MIC)	转化生长因子(TGF)
酶联免疫吸附测定(ELISA)	多器官功能障碍综合征(MODS)	辅助性 T 淋巴细胞(Th)
成纤维细胞(Fb)	多器官功能衰竭(MOF)	肿瘤坏死因子(TNF)
成纤维细胞生长因子(FGF)	一氧化氮合酶(NOS)	血管内皮生长因子(VEGF)
3-磷酸甘油醛脱氢酶(GAPDH)	动脉血二氧化碳分压(PaCO ₂)	负压封闭引流(VSD)

本刊编辑委员会