

本文引文格式:崔莉,曹娟. 2 940 nm 波长点阵铒激光联合雷公藤内酯软膏对兔耳增生性瘢痕 VEGF 表达影响的实验研究[J]. 右江民族医学院学报, 2024, 46(5): 667-670, 675.

【论著与临床报道】

2 940 nm 波长点阵铒激光联合雷公藤内酯软膏对兔耳增生性瘢痕 VEGF 表达影响的实验研究

崔莉¹, 曹娟²

(1. 淮南联合大学医学院, 安徽 淮南 232038;
2. 淮南东方医院集团总医院皮肤科, 安徽 淮南 232001)

摘要:目的 探讨 2 940 nm 波长点阵铒激光联合雷公藤内酯软膏对兔耳增生性瘢痕的疗效及其对瘢痕组织中血管内皮生长因子(VEGF)表达的影响。方法 制备 40 只大耳白兔耳缘增生性瘢痕模型, 随机分为阴性对照组、地塞米松对照组、雷公藤治疗组、点阵激光治疗组、雷公藤激光联合治疗组。雷公藤组外搽雷公藤内酯软膏, 激光组采用 2 940 nm 波长点阵铒激光打孔, 联合组两者联合使用, 对照组涂地塞米松软膏。6 个月后检测各组瘢痕厚度指数、重量、组织学改变及 VEGF 表达水平。结果 联合治疗组瘢痕形态最佳, 颜色、质地和充血情况接近正常皮肤; 厚度指数为 (1.15 ± 0.14), 重量 (1.35 ± 0.18) g, 均低于其他组 ($P < 0.05$); 成纤维细胞数量 (165.63 ± 22.98) 个, VEGF 表达 (105.35 ± 14.61) pg/mL, 也低于其他组 ($P < 0.05$)。结论 2 940 nm 波长点阵铒激光联合雷公藤内酯软膏可有效改善兔耳增生性瘢痕, 疗效优于单一治疗, 其作用机制可能与抑制 VEGF 表达、减少成纤维细胞增生有关。

关键词: 2 940 nm 点阵铒激光; 雷公藤内酯软膏; 增生性瘢痕; 血管内皮生长因子

中图分类号: R285 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5817(2024)05-0667-05

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2024.05.003

Experimental study on the effects of 2940 nm fractional erbium laser combined with triptolide ointment on VEGF expression in hypertrophic scars in the rabbit ears

CUI Li¹, CAO Juan²

(1. School of Medicine, Huainan Union University, Huainan 232038, Anhui, China;
2. Department of Dermatology, General Hospital of Huainan Oriental Hospital Group, Huainan 232001, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To investigate the efficacy of 2 940 nm fractional erbium laser combined with triptolide ointment on hypertrophic scars in the rabbit ears and its effect on the expression of vascular endothelial growth factor (VEGF) in scar tissue. **Methods** A hypertrophic scar model was established on the ear margins of 40 large-ear white rabbits, which were randomly divided into the negative control group, dexamethasone control group, triptolide treatment group, fractional laser treatment group, and combined triptolide and laser treatment group. The triptolide treatment group was treated with external application of triptolide ointment, the fractional laser treatment group was treated with 2 940 nm fractional erbium laser, and the combined group received both treatments, the control group was treated with dexamethasone ointment. Six months after treatment, scar thickness index, weight, histological changes, and VEGF expression levels were measured in each group. **Results** The scars in the combined treatment group exhibited the best morphology, with color, texture, and congestion close to normal skin. The thickness index in the combined treatment group was (1.15 ± 0.14), and the weight was (1.35 ± 0.18) g, both lower than those in the other groups ($P < 0.05$). The

基金项目:安徽省高等学校科学研究项目(2023AH051163)

第一作者:崔莉,硕士,讲师,主治医师,研究方向:皮肤美容, E-mail:cl56856@163.com

number of fibroblasts in the combined treatment group was (165.63 ± 22.98) , and the VEGF expression level was (105.35 ± 14.61) pg/mL, both lower than those in the other groups ($P < 0.05$). **Conclusion** The combination of 2 940 nm fractional erbium laser and triptolide ointment effectively improves hypertrophic scars in rabbit ears, with efficacy superior to monotherapy. The mechanism of action may be related to the inhibition of VEGF expression and reduction of fibroblast proliferation.

Key words: 2940 nm fractional erbium laser; Triptolide ointment; hypertrophic scar; vascular endothelial growth factor

增生性瘢痕是皮肤创伤后组织过度修复所致的一种常见病变,不仅影响外观,严重者还会导致功能障碍,给患者带来沉重的生理和心理负担。目前,增生性瘢痕的发生机制尚未完全阐明,可能与细胞外基质代谢异常、基因调控失常、生物活性因子紊乱等多种因素相关^[1-3]。血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)作为促进血管生成的关键因子,在增生性瘢痕中大量表达,引发瘢痕血管增生,为瘢痕成纤维细胞的过度增殖和胶原沉积提供营养基础,是影响瘢痕发生发展的重要分子^[4-5]。目前,增生性瘢痕的治疗手段多种多样,但疗效欠佳或存在不良反应。中药在瘢痕治疗领域展现出新的应用前景。雷公藤是一种传统中药,其所含雷公藤甲素、雷公藤红素等活性成分可有效抑制成纤维细胞的增殖趋化和细胞外基质合成,对培养的瘢痕成纤维细胞具有显著抑制作用^[6]。然而,雷公藤外用制剂难以有效渗透吸收长期制约了其临床应用。2 940 nm 波长点阵激光是一种新型的微剥脱疗法,可在皮肤形成均匀的微孔通道,有利于药物的渗透吸收。研究表明,单独应用 2 940 nm 点阵激光可通过抑制 VEGF 表达改善增生性瘢痕^[7]。因此,本研究拟在增生性瘢痕动物模型中联合应用点阵激光打孔和雷公藤外用制剂,观察其对瘢痕的疗效及对 VEGF 表达的影响,旨在探索雷公藤联合点阵激光治疗增生性瘢痕的有效性和潜在机制,为临床应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 制备兔耳增生性瘢痕动物模型 大耳白兔从笼中取出固定,用酒精棉球消毒一侧耳缘皮肤后用 5 mL 注射器抽取 3% 戊巴比妥钠,缓慢经兔耳缘静脉注射,用量为 1 mL/kg。然后酒精棉球消毒兔耳腹侧皮肤,用手术刀在兔双侧耳腹侧分别做 3 个边长为 1 cm 的正方形切口,切口间距 2 cm,切除全层皮肤,直至软骨膜表面,并完整切除软骨膜。创面用干棉球压迫止血后涂搽金霉素眼膏,创面暴露,无需包扎。术后第 1 天开始观察伤口愈合及瘢痕形成情况。2 个月后切取增生块进行组织病理学观察,符合增生性瘢痕组织特征的造模动物进行下一步实验。增生性瘢痕组织特征如下:瘢痕隆起于皮肤表面;边界清晰;颜色呈红色或

紫色;质地较硬。

1.2 动物及分组 将造模成功的 40 只大耳白兔随机分为 5 组:阴性对照组、地塞米松对照组、雷公藤治疗组、点阵激光治疗组、雷公藤激光联合治疗组。雷公藤治疗组、雷公藤激光联合治疗组采用雷公藤内脂软膏局部外搽加薄膜敷贴封包,每天 1 次。点阵激光治疗组、雷公藤激光联合治疗组采用 Er:YAG 2 940 nm 波长点阵激光在增生性瘢痕上进行激光打孔,建立药物渗透通道,每周 1 次。地塞米松组采用地塞米松软膏剂外搽,每天 1 次。实验兔由北京维通利华实验动物技术有限公司提供,所有实验动物符合《中华人民共和国实验动物管理条例》的要求。动物合格证书号:合格证书号为 SCXK(京)2021-0012;动物伦理批号:JN.No20231115S0481105[474]。

1.3 观察指标 各组大耳白兔治疗 6 个月 after 在同样麻醉条件下切取含周围正常组织的瘢痕组织标本,分成两份组织均冻存于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱并进行以下指标的测定。规范取组织标本的方法如下:在相同的麻醉条件下(使用 3% 戊巴比妥钠,1 mL/kg,经耳缘静脉注射),对取样区域进行消毒后,选择瘢痕中心区域并包括周围正常皮肤组织,使用灭菌手术刀或环钻切取全层皮肤样本。将样本立即分为两份,一份放入 10% 中性缓冲液福尔马林中固定,用于组织学观察;另一份速冻后保存于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱,用于生化指标测定。对每个样本进行编号并记录相关信息,处理取样部位伤口,并密切观察动物恢复情况。

1.3.1 瘢痕厚度指数的测量 用游标卡尺分别测量各组瘢痕处皮肤厚度及邻近正常组织的皮肤厚度,精度为 0.02 mm。瘢痕指数 = (兔耳瘢痕处皮肤厚度 - 邻近正常组织皮肤厚度) / 邻近正常组织皮肤厚度。

1.3.2 瘢痕重量测量 上述测量完成后,采用环钻法,切取各组瘢痕的中间组织,对各组织块进行称重。

1.3.3 成纤维细胞密度测定 以上各组织块称重后,进行石蜡包埋切片,400 倍光镜下观察 HE 染色切片,在瘢痕中央浅部、中央深部,两侧部各随机选取 10 个矩形视野,目测计数并计算切片内单位面积成纤维细胞的数量,结果取均数。成纤维细胞的细胞核通常呈现深蓝色或紫色,而细胞质则呈现浅粉红色。细胞排

列往往呈现出一定的方向性,在瘢痕组织中,会观察到成纤维细胞沿着胶原纤维束的方向排列。

1.3.4 各组瘢痕组织中 VEGF 的表达 将目标组织(1 g)剪碎后进行匀浆,离心后取上清液。采用双抗体两步夹心酶联免疫吸附法(ELISA)检测。利用购买的 ELISA 试剂盒(购自 R&D Systems 公司,批号为 202301XVEGF)分别检测上清液中 VEGF 的浓度。按产品说明书操作,在结合抗体的微量滴定板中分别加入倍比稀释的标准品和样品,孵育 30 min,缓冲液洗涤 3 次,加入酶标抗休孵育 30 min,洗涤 3 次。加入底物液反应 20 min,终止反应。450 nm 波长下测光吸收值。根据标准品和样品的光吸收值,计算样本中 VEGF 的含量。

1.4 统计学方法 实验数据应用 SPSS 22.0 软件分析,正态计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示,多组间样本比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LSD 法, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组瘢痕厚度指数、瘢痕重量比较 阴性对照组的瘢痕厚度指数最高,瘢痕重量也最重。地塞米松对照组的瘢痕厚度指数和瘢痕重量均低于阴性对照组($P < 0.05$)。雷公藤治疗组的瘢痕厚度指数和重量较地塞米松组进一步降低,差异有统计学意义($P < 0.05$)。点阵激光治疗组的瘢痕厚度指数和重量与雷公藤组相当,两者间无明显差异。雷公藤激光联合治疗组的瘢痕厚度指数和重量最低,不仅低于对照组($P < 0.05$),也低于单一雷公藤或激光治疗组($P < 0.05$),见表 1。

2.2 各组瘢痕组织标本中成纤维细胞数量比较 阴性对照组的成纤维细胞数量最多。地塞米松对照组成纤维细胞数量少于阴性对照组($P < 0.05$)。雷公藤

治疗组和点阵激光治疗组的成纤维细胞数量进一步降低,与地塞米松组差异有统计学意义($P < 0.05$)。雷公藤激光联合治疗组成纤维细胞数量最少,不仅少于对照组($P < 0.05$),也少于单一雷公藤或激光治疗组($P < 0.05$),见表 2。从组织切片 HE 染色图(见图 1)中也可以直观看出,对照组瘢痕区域成纤维细胞增生最为明显,而联合治疗组则最少。

表 1 各组瘢痕厚度指数、瘢痕重量比较

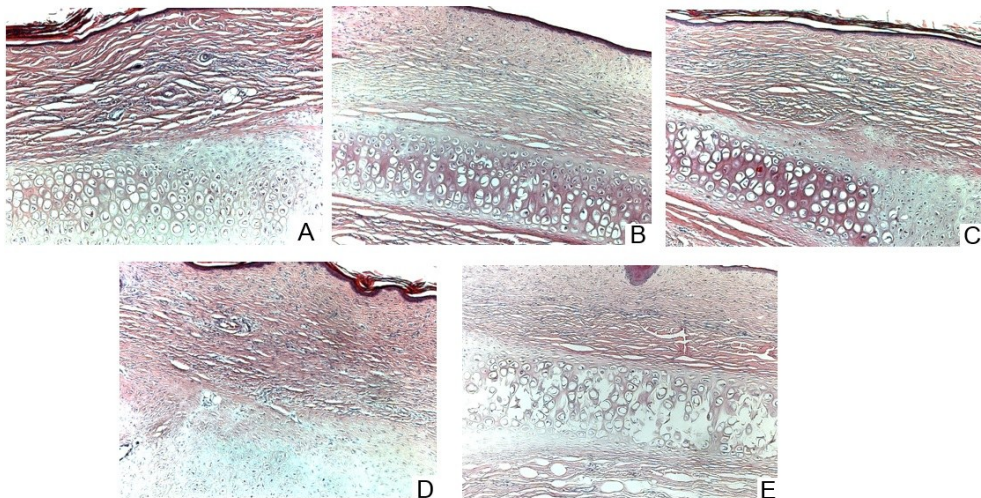
分组	n	瘢痕厚度指数	瘢痕重量/g
阴性对照组	8	3.58±0.48	3.65±0.48
地塞米松对照组	8	2.53±0.35 ^a	2.71±0.37 ^a
雷公藤治疗组	8	1.97±0.25 ^{ab}	2.04±0.28 ^{ab}
点阵激光治疗组	8	1.88±0.23 ^{ab}	1.82±0.23 ^{ab}
雷公藤激光联合治疗组	8	1.15±0.14 ^{abcd}	1.35±0.18 ^{abcd}
F		67.182	59.691
P		<0.001	<0.001

注:①表内计量资料数据以($\bar{x} \pm s$)表示。②与阴性对照组比较,a: $P < 0.05$;与地塞米松对照组比较,b: $P < 0.05$;与雷公藤治疗组比较,c: $P < 0.05$;与点阵激光治疗组比较,d: $P < 0.05$ 。

表 2 各组瘢痕组织标本中成纤维细胞数量比较

分组	n	成纤维细胞数量
阴性对照组	8	455.50±63.22
地塞米松对照组	8	316.50±43.65 ^a
雷公藤治疗组	8	222.25±30.84 ^{ab}
点阵激光治疗组	8	229.88±31.92 ^{ab}
雷公藤激光联合治疗组	8	165.63±22.98 ^{abcd}
F		60.762
P		<0.001

注:①表内计量资料数据以($\bar{x} \pm s$)表示。②与阴性对照组比较,a: $P < 0.05$;与地塞米松对照组比较,b: $P < 0.05$;与雷公藤治疗组比较,c: $P < 0.05$;与点阵激光治疗组比较,d: $P < 0.05$ 。



注:A. 阴性对照组;B. 地塞米松对照组;C. 雷公藤治疗组;D. 点阵激光治疗组;E. 雷公藤激光联合治疗组。

图 1 各组瘢痕组织 HE 染色图($\times 400$)

2.3 各组瘢痕组织中 VEGF 的表达水平比较 阴性对照组 VEGF 的表达水平最高。地塞米松对照组 VEGF 的表达水平较阳性对照组降低 ($P < 0.05$)。雷公藤治疗组和点阵激光治疗组的 VEGF 表达水平进一步下降,与地塞米松组差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。雷公藤激光联合治疗组 VEGF 的表达水平最低,不仅低于对照组 ($P < 0.05$),也低于单一雷公藤或激光治疗组 ($P < 0.05$),见表 3。

表 3 各组瘢痕组织标本中 VEGF 的表达水平比较

单位:pg/mL		
分组	n	VEGF
阴性对照组	8	255.65±35.47
地塞米松对照组	8	198.75±27.59 ^a
雷公藤治疗组	8	166.47±23.16 ^{ab}
点阵激光治疗组	8	159.92±22.24 ^{ab}
雷公藤激光联合治疗组	8	105.35±14.61 ^{abcd}
F		37.368
P		<0.001

注:①表内计量资料数据以($\bar{x} \pm s$)表示。②与阴性对照组比较,a: $P < 0.05$;与地塞米松对照组比较,b: $P < 0.05$;与雷公藤治疗组比较,c: $P < 0.05$;与点阵激光治疗组比较,d: $P < 0.05$ 。

3 讨论

本研究通过建立大耳白兔耳缘增生性瘢痕模型,评价了 2 940 nm 波长点阵铒激光联合雷公藤内酯软膏对瘢痕的治疗效果及其对 VEGF 表达的影响。结果显示,联合治疗组在瘢痕形态、厚度指数、重量、成纤维细胞数量和 VEGF 表达水平等多个指标上均优于单一治疗组和对照组,提示联合治疗可有效改善兔耳增生性瘢痕。

增生性瘢痕的发生发展是一个复杂的过程,涉及多种分子信号通路的协同调控。VEGF 作为关键的血管生成因子,在瘢痕愈合过程中大量表达,引发瘢痕区域血管增生,为成纤维细胞的过度增殖和胶原沉积提供营养基础^[8]。具体分析,VEGF 通过与其受体(主要是 VEGFR-2)的结合,激活内皮细胞,促进其增殖和迁移,从而形成新的毛细血管网络。这些新生的血管为创伤区域提供充足的氧气和营养,有助于瘢痕血管的增生。血管的生成不仅为创伤部位提供了氧气和营养,同时还为成纤维细胞的活跃增殖提供了支持。成纤维细胞在瘢痕形成过程中发挥了核心作用,它们不仅负责合成和分泌胶原蛋白等细胞外基质成分,还在组织重塑中起到关键作用。本研究结果显示,阴性对照组的 VEGF 表达水平最高,而联合治疗组 VEGF 表达则显著降低,提示联合治疗可能通过下调 VEGF 的表达,抑制瘢痕区域血管生成,从而削弱成纤维细胞的活跃程度和胶原沉积,达到改善瘢痕的效果。

点阵激光是一种新型的微创治疗手段,通过在皮

肤表面打孔形成立体的热损伤区,刺激机体的创伤修复过程,诱导胶原重铺。研究发现,2 940 nm 点阵激光波长对水有较高的选择性吸收,在打孔过程中可精准控制热损伤深度,对周围组织热损伤较小,具有良好的安全性^[9-10]。同时,点阵激光打孔为药物的渗透提供了通路,有利于促进药物在瘢痕区域的吸收。本研究中,联合治疗组的疗效明显优于单一激光组,可能正是由于激光打孔后,雷公藤活性成分得以深层渗透吸收所致。

雷公藤是一种中药活性植物,其所含的雷公藤甲素、雷公藤红素等单体对成纤维细胞具有明确的抑制作用^[11]。在瘢痕形成过程中,成纤维细胞被趋化因子吸引到受损部位,参与组织修复。雷公藤甲素可以抑制这种趋化性,从而减少成纤维细胞在瘢痕部位的积聚。雷公藤甲素还能够抑制胶原的合成,从而减少瘢痕的形成和扩展。另一方面,雷公藤甲素还可下调 TGF- β 1 和 VEGF 等与瘢痕密切相关的生长因子的表达^[12]。TGF- β /Smad 信号通路是 TGF- β 1 调控成纤维细胞功能和瘢痕形成的主要途径。雷公藤甲素能够减少 TGF- β 1 引起的 Smad2/3 磷酸化,阻止其在细胞核中的转录活性,还可以上调 Smad7 的表达,进而抑制 TGF- β 信号传导。PI3K/Akt 信号通路在细胞存活、增殖和代谢中起重要作用。雷公藤甲素能够抑制 PI3K 的活性,减少下游 Akt 的磷酸化。Akt 的下游靶点 mTOR 在细胞生长和代谢中发挥关键作用,雷公藤甲素可以通过抑制 mTOR 信号减少细胞增殖和蛋白质合成。有研究发现,雷公藤红素还能促进成纤维细胞凋亡^[13],包括线粒体途径、死亡受体途径、抑制 NF- κ B 信号通路、调控 Bcl-2 家族蛋白、增加 ROS 生成和影响细胞周期。这些机制共同作用,显著减少成纤维细胞的数量,进而减少瘢痕形成和纤维化。

本研究结果显示,单独使用雷公藤软膏亦可改善瘢痕愈合,降低成纤维细胞数量和 VEGF 表达,但疗效不及联合组,可能是由于渗透吸收有限所致。当联合点阵激光后,雷公藤成分的渗透程度和浓度都将显著提高,从而发挥了更好地抗瘢痕作用。

总之,本研究初步证实了 2 940 nm 波长点阵铒激光联合雷公藤内酯软膏能有效改善兔耳增生性瘢痕,且联合治疗的疗效优于单一疗法。其作用机制可能与抑制 VEGF 表达、减少血管生成和成纤维细胞活跃度有关。点阵激光与中药外用制剂的联合运用,不仅发挥了两者协同增效的优势,而且避免了单纯药物外涂渗透吸收差的缺陷,是一种值得临床推广的增生性瘢痕综合治疗新模式。当然,本研究仅是初步的动物实验探索,后续还需进一步扩大样本量,延长观察时间,探讨药物安全性等,为临床应用奠定更为坚实的基础。

(下转第 675 页)

- al prediction in older adult cancer patients[J]. Clin Nutr, 2021,40(3):1224-1232.
- [5] WRIGHT G W, HUANG D W, PHELAN J D, et al. A probabilistic classification tool for genetic subtypes of diffuse large B cell lymphoma with therapeutic implications [J]. Cancer Cell, 2020,37(4):551-568.
- [6] 斯彩娟,王卫光,洪秀芳,等. NRS2002、SGA 在恶性肿瘤住院患者营养筛查与评估中的应用[J]. 浙江医学,2021,43(11):1192-1195.
- [7] NAUDIN S, SOLANS MARGALEF M, SABERI HOSNIJEH F, et al. Healthy lifestyle and the risk of lymphoma in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study [J]. Int J Cancer, 2020, 147(6): 1649-1656.
- [8] 黄凌莉,陈环球,孙甜甜. 多学科协作的全程营养管理模式在胃癌新辅助化疗患者中的应用[J]. 河北医科大学学报,2021,42(10):1220-1223.
- [9] 邢桂枚,谢璞,李敏,等. 探讨腰大肌指数对重症急性胰腺炎病人营养风险评估及预后判断价值[J]. 肠外与肠内营养,2022,29(2):110-115.
- [10] 许彭鹏,赵维莅. 中国临床肿瘤学会淋巴瘤诊疗指南解读之弥漫性大 B 细胞淋巴瘤的规范治疗[J]. 华西医学, 2019,34(4):351-354.
- [11] 肖竞英. 术前骨骼肌指数及预后营养指数对胰十二指肠切除术后并发症及预后评估的价值[D]. 兰州:兰州大学, 2021.
- [12] 刘爱宁,李媛媛,刘婷婷,等. 弥漫大 B 细胞淋巴瘤患者血清肿瘤负荷相关指标与临床分期、治疗效果及临床预后的关系[J]. 疑难病杂志,2020,19(11):1119-1124.
- [13] 栾春燕. 预后营养指数评估弥漫大 B 细胞淋巴瘤患者预后的临床价值[D]. 南京:东南大学,2022.
- [14] SKAARUD K J, VEIERØD M B, LERGENMULLER S, et al. Body weight, body composition and survival after 1 year; follow-up of a nutritional intervention trial in allo-HSCT recipients [J]. Bone Marrow Transplant, 2019,54(12):2102-2109.
- [15] BARR R D, GOMEZ-ALMAGUER D, JAIME-PEREZ J C, et al. Importance of nutrition in the treatment of leukemia in children and adolescents [J]. Arch Med Res, 2016,47(8):585-592.
- [16] 中国抗癌协会. 营养风险筛查[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志,2016,3(2):100-101.
- [17] 中国抗癌协会. 营养评估[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志, 2016,3(2):102-103.
- [18] 中国抗癌协会肿瘤营养专业委员会,中华医学会肠外肠内营养学分会. 血液系统肿瘤患者的营养治疗专家共识 [J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志,2022,9(2):185-189.
- [19] WOO H Y, OH S Y, LEE H, et al. Evaluation of the association between decreased skeletal muscle mass and extubation failure after long-term mechanical ventilation [J]. Clin Nutr, 2020, 39(9):2764-2770
- [20] 刘相良. L3 椎体骨骼肌指数与晚期肺癌患者营养不良相关性研究[D]. 长春:吉林大学,2019.
- [21] 韩芳,肖慧娟,张翔,等. 肝硬化及肝细胞癌患者腰肌横向厚度指数与营养风险的相关性分析[J]. 临床肝胆病杂志,2020,36(8):1753-1756.
- [22] ITO K, OOKAWARA S, IMAI S, et al. Muscle mass evaluation using psoas muscle mass index by computed tomography imaging in hemodialysis patients [J]. Clin Nutr ESPEN, 2021,44:410-414.

收稿日期:2024-05-26;修回日期:2024-07-17

(上接第 670 页)

参考文献:

- [1] 黎亦琪,谭军. 增生性瘢痕发生机制及治疗的研究进展 [J]. 长春中医药大学学报,2023,39(5):582-585.
- [2] 李仕一. 病理性瘢痕的发生机制及治疗新进展[J]. 中国美容医学,2022,31(4):169-173.
- [3] 唐玉婷,贺茜,万瑀,等. 紫草素调控 MicroRNA-382-5p 抑制人增生性瘢痕成纤维细胞纤维化[J]. 中国组织工程研究,2023,27(35):5642-5648.
- [4] YUAN B, UPTON Z, LEAVESLEY D, et al. Vascular and collagen target: a rational approach to hypertrophic scar management[J]. Adv Wound Care(New Rochelle), 2023,12(1):38-55.
- [5] 蔡玉梅,王朝阳,潘明孟,等. VEGF、Smad 在不同形态瘢痕组织形成过程中的表达及对比研究[J]. 中国医疗美容,2020,10(4):88-92.
- [6] 黄芳,石志军,雷燕,等. 雷公藤红素通过调控 GINS2 表达对瘢痕疙瘩成纤维细胞活力和凋亡的影响[J]. 中国病理生理杂志,2020,36(11):2043-2049.
- [7] 王家亮. 2940 nm 点阵钬激光对兔耳增生性瘢痕中 VEGF 的影响[D]. 太原:山西医科大学,2013.
- [8] 左俊,马少林. β -谷甾醇对增生性瘢痕成纤维细胞作用机制的网络药理学分析[J]. 中国组织工程研究,2024,28(2):216-223.
- [9] 李昂,李雪阳,杨帅,等. 2940 nm 点阵激光联合 595 nm 脉冲染料激光结合水光注射仪导入曲安奈德治疗增生性瘢痕效果观察[J]. 徐州医科大学学报,2021,41(3):219-222.
- [10] 王国胜. 2940 nm 点阵激光辅助增生性瘢痕的效果[J]. 医学美容,2021,30(7):71-72.
- [11] 丁香,刘健,陈晓露,等. 雷公藤甲素通过 miR-23a-3p/PTEN/PI3K/AKT/mTOR 改善强直性脊柱炎滑膜成纤维细胞作用机制[J]. 中华中医药杂志,2023,38(12):6024-6029.
- [12] 周晓红,盛泳佳,顾艳玲,等. 雷公藤红素调节 NOX4 信号抑制肝癌相关成纤维细胞转化的机制[J]. 中药材, 2020,43(9):2244-2249.
- [13] 许阿兰,龙婕瑛,王祥,等. 雷公藤甲素对类风湿性关节炎患者滑膜成纤维细胞 cGAS-STING 信号通路的影响 [J]. 中华中医药杂志,2022,37(2):1087-1090.

收稿日期:2024-06-03;修回日期:2024-07-26