

论著·临床研究

20 MHz 高频超声对不同时期增生性瘢痕的声像学研究*

杨茹茜¹, 田新立², 王雪², 张静^{1△}

(1. 电子科技大学医学院附属妇女儿童医院/成都市妇女儿童中心医院妇女保健指导中心, 四川 成都 611731; 2. 西南医科大学附属医院整形烧伤外科, 四川 泸州 646000)

[摘要] **目的** 通过观察不同时期增生性瘢痕皮肤的超声声像图特点、瘢痕厚度和回声强度的差异, 为 20 MHz 高频超声对增生性瘢痕分期的客观评估和诊断提供参考和指导。**方法** 选取 2019 年 9 月至 2023 年 6 月西南医科大学附属医院整形烧伤外科收治的增生性瘢痕患者 65 例, 按不同时期增生性瘢痕分为早期组(< 3 个月, 20 例)、增殖期组(3~<6 个月, 15 例)、重塑期组(6~<12 个月, 15 例)和成熟期组(≥12 个月, 15 例), 同时使用随机抽样方法选取川、滇、黔、渝区域正常皮肤志愿者 20 例作为正常皮肤组。使用 20 MHz 高频超声采集瘢痕、正常皮肤声像图, 检测皮肤全层厚度, 真皮上、下层回声强度等, 并且行苏木精-伊红染色在光镜下观察瘢痕组织病理结构。**结果** 早期组、成熟期组患者表皮均较平整, 早期组患者皮肤各亚层分界较清楚且微血管数量增加, 成熟期组患者分界不清楚、排列紊乱、微血管数量降低; 增殖期组和重塑期组患者表皮不平整, 向上隆起, 真皮层和皮下组织结构完整, 分界较清楚, 真皮层胶原纤维粗大排列紊乱。增殖期组和重塑期组患者皮肤全层均明显厚于早期组、成熟期组、正常皮肤组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$); 早期组患者厚度与正常皮肤组比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。早期组和增殖期组患者真皮上、下层回声变化均呈降低趋势, 重塑期组和成熟期组患者上层回声变化均呈升高趋势; 真皮下层低回声维持至重塑期, 然后从重塑期至成熟期呈升高趋势。成熟期组患者真皮层回声强度与正常皮肤组比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$); 正常皮肤真皮回声强度较均一, 成熟期组患者真皮层回声强度不均一。**结论** 20 MHz 高频超声显示出不同时期增生性瘢痕具有特征性的超声表现, 反映了不同时期增生性瘢痕的临床表现和组织结构的变化, 对增生性瘢痕分期的客观评估和诊断具有重要的临床意义。

[关键词] 增生性瘢痕; 高频超声; 瘢痕分期; 声像学

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2024.23.007

中图法分类号: R619+.6; R445.1

文章编号: 1009-5519(2024)23-4001-06

文献标识码: A

The study of Sonography of hyperplastic scar at different stages with 20 MHz high-frequency ultrasound*

YANG Ruqian¹, TIAN Xinli², WANG Xue², ZHANG Jing^{1△}

(1. Women's Health Guidance Center, Women and Children's Hospital Affiliated to the School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China/Chengdu Women and Children's Center Hospital, Chengdu, Sichuan 611731, China; 2. Department of Plastic and Burn Surgery, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou, Sichuan 646000, China)

[Abstract] **Objective** To provide reference and guidance for the objective assessment and diagnosis of hypertrophic scar staging using 20 MHz high-frequency ultrasound by observing the differences in sonographic characteristics, scar thickness, and echo intensity of hypertrophic scar skin at different stages. **Methods** A total of 65 patients with hypertrophic scars admitted to the Plastic Surgery and Burn Department of the Affiliated Hospital of Southwest Medical University from September 2019 to June 2023 were enrolled and divided into an early stage group (<3 months, $n=20$), a proliferative stage group (3~<6 months, $n=15$), a remodeling stage group (6~<12 months, $n=15$), and a mature stage group (≥12 months, $n=15$) based on the stage of their hypertrophic scars. Additionally, 20 normal skin volunteers from Sichuan, Yunnan, Guizhou, and Chongqing were randomly selected as the normal skin group. 20 MHz high-frequency ultrasound was used to acquire images of scars and normal skin, and the full-thickness of the skin and echo intensity of the upper and lower dermis were measured. Hematoxylin and eosin staining was also performed to observe the pathological

* 基金项目: 四川省医学会伤口疾病(泰阁)专项科研课题(2023TG04)。

作者简介: 杨茹茜(1994—), 硕士研究生, 中级技师, 主要从事烧伤康复、产后康复研究。△ 通信作者, E-mail: yangruxixi@qq.com。

structure of scar tissue under a light microscope. **Results** The epidermis was relatively smooth in both the early and mature stage groups. In the early stage group, the boundaries between the skin sublayers were relatively clear, with an increased number of microvessels, while in the mature stage group, the boundaries were unclear, arranged in disorder, and the number of microvessels was reduced. In both the proliferative and remodeling stage groups, the epidermis was uneven and uplifted, with intact dermal and subcutaneous tissue structures and clear boundaries. The collagen fibers in the dermis were coarse and arranged in disorder. The full-thickness of the skin in the proliferative and remodeling stage groups was significantly thicker than that in the early, mature stage, and normal skin groups, with statistically significant differences ($P < 0.05$). There was no statistically significant difference in thickness between the early stage group and the normal skin group ($P > 0.05$). The echo intensity of both the upper and lower dermis decreased in the early and proliferative stage groups, while it increased in the upper dermis in the remodeling and mature stage groups. The hypoechoic area in the lower dermis persisted until the remodeling stage and then increased from the remodeling to the mature stage. There was no statistically significant difference in dermal echo intensity between the mature stage group and the normal skin group ($P > 0.05$). The dermal echo intensity of the normal skin was relatively uniform, while that of the mature stage group was heterogeneous. **Conclusion** 20 MHz high-frequency ultrasound demonstrates characteristic sonographic features of hypertrophic scars at different stages, reflecting the clinical manifestations and structural changes of hypertrophic scars at different stages. It has important clinical significance for the objective assessment and diagnosis of hypertrophic scar staging.

[**Key words**] Hypertrophic scar; High-frequency ultrasound; Scar staging; Sonography

增生性瘢痕是结缔组织对创伤、炎症、手术或烧伤的异常创伤反应^[1],通常发生在深度的皮肤损伤后。将增生性瘢痕的发展阶段分为早期(炎症期)、增殖期、重塑期和成熟期。而目前针对增生性瘢痕分期的客观评估和诊断仍是难点。病理检查虽是诊断瘢痕的“金标准”,但因其有创、耗时较长等原因致使临床应用受限。目前,临床上常规使用的瘢痕分期评估指标仍然大多比较粗略,主要根据创面愈合后瘢痕增生时间、瘢痕血供等进行综合判定^[2],常因患者个体、瘢痕色素差异,甚至天气等外界因素而导致评定结果不可靠,难以准确、客观地进行增生性瘢痕的分期。而不同时期的增生性瘢痕治疗方案截然不同^[3],错误的分期诊断常导致临床医生制定错误的瘢痕治疗方案而严重影响疗效。因此,尤其需要一种客观、无创的工具精准地评估和诊断瘢痕分期,从而针对不同时期增生性瘢痕制定更优化的治疗方案。

高频超声已成为皮肤科检查的标准程序^[4],常用于皮肤肿瘤,如恶性黑色素瘤等。同时,高频超声在临床其他方面的使用也越来越广泛,如在跟腱损伤、嗜酸性筋膜炎等的诊疗和康复中的应用^[5-6]。频率大于 7 MHz 的超声可观察皮肤及其附件、皮下组织和深部结构(肌肉、肌腱、骨缘、局部淋巴结),但因频率较低、分辨率低不能用于显示皮肤的精细形态结构^[7]。而 20 MHz 高频超声穿透皮肤的深度为 8~10 mm,不仅可穿透较厚增生性瘢痕的全层,还具有高分辨率,可与组织学检查相媲美^[8]。所得超声声像图类似于瘢痕组织的解剖截面,是有效的瘢痕评估和监测治疗的方法^[9]。然而,目前少有使用 20 MHz 高频超声对不同时期增生性瘢痕进行观察和分析的研究。

故本研究使用 20 MHz 高频超声观察了不同时期增生性瘢痕与正常皮肤的差异,旨在为临床医生进行增生性瘢痕分期诊断和客观评估,以及治疗方案的制定提供参考和指导。

1 资料与方法

1.1 资料

1.1.1 一般资料 选取 2019 年 9 月至 2023 年 6 月西南医科大学附属医院整形烧伤外科收治的增生性瘢痕患者 65 例,按不同时期增生性瘢痕分为早期组(<3 个月,20 例)、增殖期组(3~<6 个月,15 例)、重塑期组(6~<12 个月,15 例)和成熟期组(≥12 个月,15 例);同时使用随机抽样方法选取川、滇、黔、渝区域正常皮肤志愿者 20 例作为正常皮肤组。5 组研究对象性别、年龄等一般资料比较。差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。本研究获西南医科大学附属医院伦理委员会审批(KY2019090)。

1.1.2 纳入标准 (1)年龄 18~60 岁;(2)增生性瘢痕位于除关节部位外的四肢肢体部位(临床研究发现面部瘢痕常因面部血供丰富易过度增生,且因面部凹凸不平常难以进行压力治疗;同时,关节处瘢痕因长期关节活动牵拉易形成皮肤褶皱,因此选择除关节部位外的四肢肢体部位);(3)使用常规传统防瘢痕治疗,包括压力治疗和硅酮类药物治疗;(4)对本研究知情并同意参与。

1.1.3 排除标准 (1)年龄小于 18 岁或大于 60 岁;(2)存在严重全身性、代谢性或传染性疾病;(3)进行过光电及内注射等侵入性瘢痕治疗;(4)瘢痕形成 1 年后仍处于充血增殖期或未进入重塑期;(5)对超声专用凝胶过敏;(6)未遵从医嘱进行压力治疗和硅酮

类药物治疗。

1.2 方法

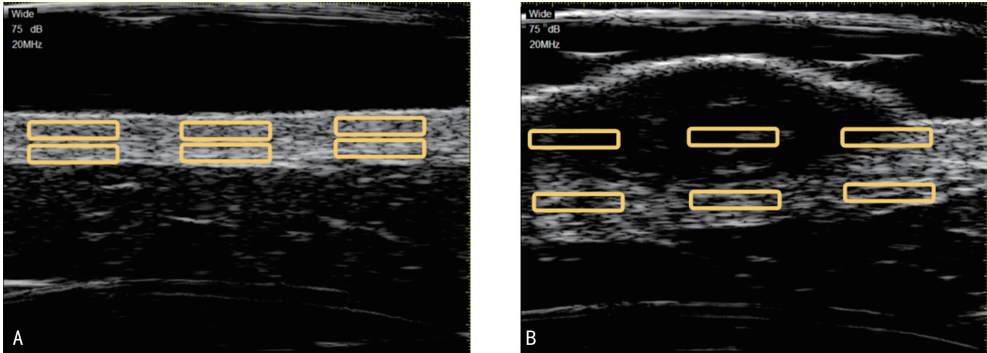
1.2.1 20 MHz 高频超声检测 检测前清洗检测部位皮肤,于检测部位皮肤处涂抹超声专用凝胶,探头与皮肤表面垂直,轻微接触皮肤,避免探头加压,每个部位采集 3 张超声声像图,使用仪器为 MD-310S 型皮肤超声影像仪(天津迈达医学科技股份有限公司),选择超声工作频率为 20 MHz,均由同一名医生进行

图片采集工作。检测项目包括皮肤全层厚度,真皮上、下层回声强度等。皮肤全层厚度检测使用 MD-310S 型皮肤超声影像仪软件的测量工具,每张超声声像图检测 3 处皮肤全层厚度,取平均值。真皮层回声强度检测使用 DFY-I 型超声图像定量分析诊断仪对超声声像图进行分析^[11],每张超声声像图分别于真皮上、下层选择 3 处相同面积区域进行回声强度检测,取平均值。见图 1。

表 1 5 组研究对象一般资料

组别	n	性别[n(%)]		年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	致伤原因[n(%)]			
		男	女		烧伤	烫伤	化学烧伤	电弧光烧伤
早期组	20	13(65.0)	7(35.0)	37.80±10.90	8(40.0)	7(35.0)	1(35.5)	4(20.0)
增殖期组	15	8(53.3)	7(46.7)	38.27±13.23	8(53.3)	6(40.0)	0	1(6.7)
重塑期组	15	9(60.0)	6(40.0)	35.67±9.27	7(46.7)	7(46.7)	1(6.7)	0
成熟期组	15	8(53.3)	7(46.7)	34.07±8.56	8(53.3)	5(33.3)	0	2(13.3)
正常皮肤组	20	10(50.0)	10(50.0)	36.60±9.12	—	—	—	—

注:—表示无此项。



注:A. 正常皮肤;B. 增生性瘢痕;黄色框内为回声强度测量区域。

图 1 瘢痕回声强度测量区域示例

1.2.2 苏木精-伊红(HE)染色 于 20 MHz 高频超声检测相同部位取瘢痕组织,保存于 4%多聚甲醛液中,石蜡包埋后按常规方法操作进行 HE 染色,在光镜下观察瘢痕组织病理结构。

1.3 统计学处理 使用 SPSS25.0 统计软件进行数据分析,使用 Shapiro-Wilk 分析对数据进行正态检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,使用单因素方差分析比较不同组别的厚度差异,然后两两比较采用 Bonferroni 法进行检验水平校正。因真皮上层和真皮下层属于配对设计,故采用重复测量设计方差分析比较不同组别差异,然后两两比较采用 Bonferroni 法进行检验水平校正。计数资料以率或构成比表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组研究对象皮肤光学图特点比较 早期组患者皮肤显微镜下显示皮肤的肤色偏红,血供明显偏高,皮下可见细小毛细血管,瘢痕平坦,皮肤张力正常;增殖期组患者皮肤显微镜下显示瘢痕存在大量增生性毛细血管,瘢痕皮肤边缘明显隆起,高于正常皮

肤表面,质地较硬韧,皮肤张力较大;重塑期组患者皮肤显微镜下显示瘢痕皮肤血供丰富,色素较深,皮肤张力有所减小;成熟期组患者皮肤显微镜下显示皮肤色素不均一,皮肤血供明显减少,并且皮肤表面出现较多较大褶皱,皮肤张力明显减小;正常皮肤组志愿者皮肤显微镜下显示皮肤表面光滑,纹理细腻,血供正常,存在健康毛囊和汗毛。见图 2。

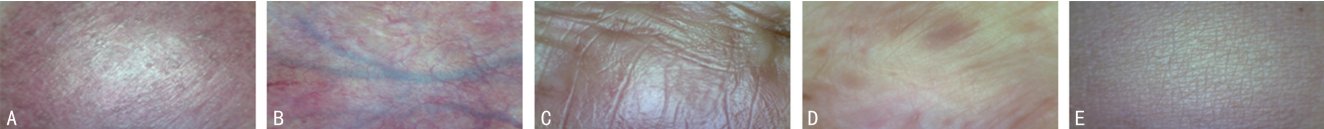
2.2 各组研究对象皮肤超声声像图特点比较 (1)皮肤全层厚度:增殖期组和重塑期组患者皮肤全层明显增厚,早期组、成熟期组患者及正常皮肤组志愿者皮肤均较薄。(2)组织结构排列:正常皮肤组志愿者皮肤各层组织结构完整,分界清楚,依次为表皮的高回声带、真皮层的不同强度的分散回声、浅筋膜的高回声带及皮下脂肪的低回声或无回声层;早期组患者表皮较平整,真皮层和皮下组织结构完整,分界较清楚;增殖期组和重塑期组患者表皮不平整,向上隆起,真皮层和皮下组织结构完整,分界较清楚;成熟期组患者表皮虽较平整,但真皮层和皮下组织分界不清楚,排列紊乱。(3)真皮层回声强度:早期组患者表皮成连续性高回声状态,在表皮下层和真皮上层间出现

一条低回声带;增殖期组患者低回声区表现为真皮全层的低回声区域或无回声区域;重塑期组患者真皮层回声表现为真皮上层呈略低回声、真皮下层呈低回声状态;成熟期组患者和与正常皮肤组志愿者真皮层回声强度高于早期组、增殖期组、重塑期组;正常皮肤组志愿者真皮回声强度较均一,成熟期组患者真皮层回声强度不均一。见图 3。

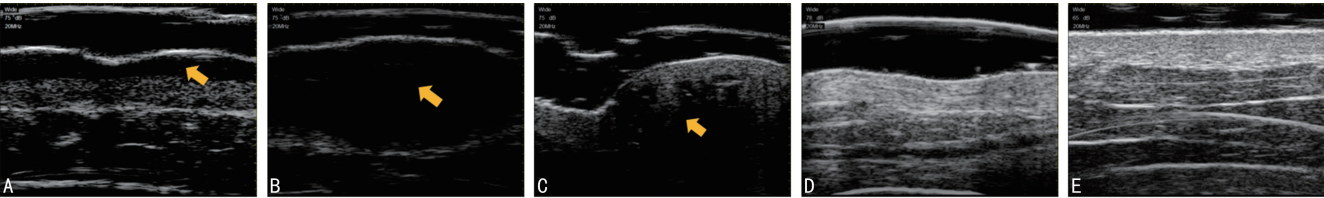
2.3 各组研究对象皮肤病理改变比较 早期组患者大量炎症细胞浸润,微血管数量增加。增殖期组患者大量肌成纤维细胞、组织增生明显、胶原纤维粗大排列紊乱,以及细胞外基质过度沉积,且微血管数量逐渐增加。重塑期组患者微血管部分或全部被薄而窄

的腔闭塞,细胞和胶原蛋白密度也下降。成熟期组患者有少量微血管和成纤维细胞,胶原蛋白密度呈进行性降低。正常皮肤组志愿者少量成纤维细胞和微血管,胶原纤维及成纤维细胞排列整齐松散,微血管腔开放。见图 4。

2.4 各组研究对象皮肤全层厚度比较 增殖期组和重塑期组患者皮肤厚度 [分别为 (5.34 ± 1.44) 、 (5.40 ± 1.24) mm] 均明显厚于早期组、成熟期组、正常皮肤组 [分别为 (2.13 ± 0.47) 、 (3.79 ± 1.44) 、 (2.09 ± 0.56) mm], 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$);早期组患者皮肤厚度与正常皮肤组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见图 5。

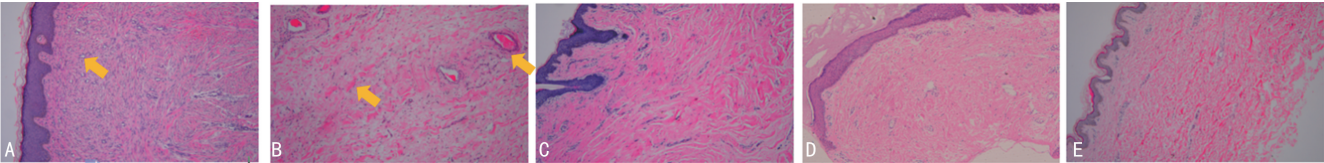


注:A. 早期组;B. 增殖期组;C. 重塑期组;D. 成熟期组;E. 正常皮肤组。
图 2 各组研究对象皮肤光学图特点比较(30×)



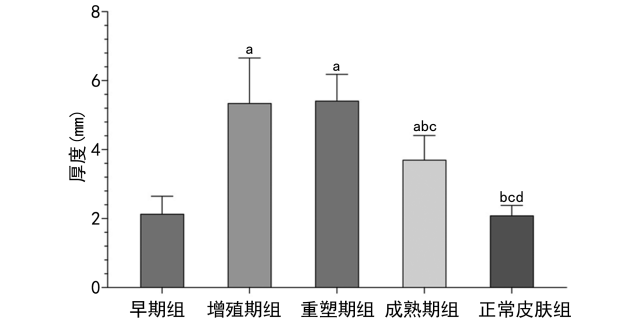
注:A. 早期组,黄色箭头为表皮下层出现的一条低回声带;B. 增殖期组,黄色箭头为真皮全层的无回声区域;C. 重塑期组,黄色箭头为真皮下层的低回声区域;D. 成熟期组;E. 正常皮肤组。

图 3 各组研究对象皮肤超声声像图特点比较



注:A. 早期组,黄色箭头为微血管;B. 增殖期组,黄色箭头为微血管与粗大的胶原纤维;C. 重塑期组;D. 成熟期组;E. 正常皮肤组。

图 4 各组研究对象皮肤病理改变比较(HE,100×)



注:与早期组比较,^a $P < 0.05$;与增殖期组比较,^b $P < 0.05$;与重塑期组比较,^c $P < 0.05$;与成熟期组比较,^d $P < 0.05$ 。

图 5 各组研究对象皮肤全层厚度比较

2.5 各组研究对象皮肤真皮层回声强度比较 (1)早期组患者真皮上层回声强度明显低于正常皮肤组,且早期组和增殖期组均呈降低趋势,早期组患者真皮上层回声强度明显高于增殖期组,增殖期组和成熟期

组患者真皮上层回声强度均呈升高趋势,增殖期组患者真皮上层回声强度明显低于重塑期组,重塑期组真皮上层回声强度明显低于成熟期组,差异均有统计学意义($P < 0.05$);成熟期组患者真皮上层回声强度与正常皮肤组比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。(2)早期组和增殖期组患者真皮下层回声强度均呈降低趋势,低回声维持至重塑期,然后从重塑期至成熟期呈升高趋势,增殖期组和重塑期组患者真皮下层回声强度均明显低于早期组、成熟期组、正常皮肤组,差异均有统计学意义($P < 0.05$);早期组和成熟期组患者真皮下层回声强度与正常皮肤组比较,增殖期组和重塑期组患者真皮下层回声强度比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。(3)早期组患者真皮上层回声强度明显低于真皮下层,重塑期组患者真皮下层回声强度明显低于真皮上层,差异均有统计学意义($P < 0.05$);

增殖期组和成熟期组患者真皮上、下层回声强度比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

表 2 各组研究对象皮肤真皮层回声强度比较($\bar{x}\pm s$, dB)				
组别	<i>n</i>	真皮上层	真皮下层	<i>P</i>
早期组	20	63.24±13.26	99.30±16.70	<0.001
增殖期组	15	25.82±7.67 ^a	23.93±11.10 ^a	0.594
重塑期组	15	40.53±11.64 ^{ab}	21.10±7.99 ^a	<0.001
成熟期组	15	105.10±12.92 ^{abc}	99.52±15.53 ^{bc}	0.117
正常皮肤组	20	112.65±10.16 ^{abcd}	102.40±19.05 ^{bcd}	0.001
组别效应		$F=188.656$	$P<0.001$	
皮层效应		$F=0.021$	$P=0.886$	
交互效应		$F=45.824$	$P<0.001$	

注:与早期组比较,^a $P<0.05$;与增殖期组比较,^b $P<0.05$;与重塑期组比较,^c $P<0.05$;与成熟期组比较,^d $P<0.05$ 。

3 讨 论

高频超声因具有高分辨率,皮肤测量与组织形态测量具有很强的相关性,且高频超声能实时并动态进行显微解剖的体积检查^[8],被认为是研究组织实际状态最好的观察方法^[12]。因此,大多数专家一致认为,高频超声是在主观的临床检查、触诊及显微组织学研究之间架起桥梁的一种方法。本研究希望能通过 20 MHz 高频超声客观观察不同时期增生性瘢痕皮肤表现出的声像学特点,以反映不同时期增生性瘢痕的临床表现和组织结构的变化。

本研究结果显示,在瘢痕皮肤组织结构排列方面,早期瘢痕在 HE 染色中显示表皮平整,真皮层出现大量炎症细胞浸润,瘢痕组织呈炎症反应,同时,高频超声也显示,早期瘢痕表皮较平整,瘢痕皮肤各亚层分界清楚;增殖期和重塑期瘢痕在 HE 染色中显示真皮层大量肌成纤维细胞、胶原纤维粗大排列紊乱、组织增生明显,以及细胞外基质过度沉积,同时,高频超声也显示,瘢痕表皮不平整,瘢痕组织向上隆起。有研究表明,皮肤中主要以 I、Ⅲ型胶原为主,Ⅲ型胶原纤维细小且具有良好的弹性,在一定的愈合张力作用下较易形成规则的排列,而其中 I 型胶原纤维的过度分泌是瘢痕组织纤维化的物质基础,胶原纤维粗大且排列紊乱^[13-14]。而成熟期瘢痕在 HE 染色中显示有少量成纤维细胞,胶原蛋白密度呈进行性降低,且排列不平整,同时,高频超声也显示,表皮虽较平整,但真皮层和皮下组织分界不清楚,排列紊乱,推测可能与增生性瘢痕形成过程中 I、Ⅲ型胶原含量和比例发生显著变化, I 型胶原相对量呈升高趋势,Ⅲ型胶原则占比越来越少有关^[13-14];同时,有研究发现,瘢痕组织中的成纤维细胞大量增殖,促进组织纤维化,导致成熟期增生性瘢痕真皮层、皮下组织与深部组织如肌肉、神经等紧密粘连^[15]。

本研究结果显示,在瘢痕皮肤真皮层回声强度方面,早期增生性瘢痕真皮上层回声强度明显低于正常

皮肤,增殖期、重塑期增生性瘢痕真皮全层回声强度均低于正常皮肤,差异均有统计学意义($P<0.05$);成熟期真皮全层回声强度与正常皮肤比较,差异无统计学意义($P>0.05$);真皮上层回声变化为早期至增殖期呈降低趋势,增殖期、重塑期至成熟期呈升高趋势;真皮下层回声变化为早期至增殖期呈降低趋势,低回声维持至重塑期,然后从重塑期至成熟期呈升高趋势。有研究发现,真皮回声强度取决于真皮含水量、不同类型胶原的数量和平衡,以及胶原和弹性蛋白纤维的空间方向^[16-17]。本研究通过高频超声发现,早期增生性瘢痕的表皮下层和真皮上层间出现一条窄低回声带,呈瘢痕含水量增加表现。同时,有研究发现,早期由于炎性渗出等原因瘢痕含水量增加^[18];另有研究发现,透明质酸是早期肉芽组织的主要成分,并且在增生性瘢痕的乳头状真皮中主要以窄条的形式存在,而透明质酸可调节水和蛋白质的稳定性,瘢痕含水量增加^[19],与本研究结果相符。本研究通过高频超声发现,增生性瘢痕增殖期表现为真皮全层的低回声区域或无回声区域,重塑期真皮层回声则表现为真皮上层呈略低回声、真皮下层呈低回声状态,推测可能与透明质酸和纤维连接蛋白作为细胞外基质的主要成分,在增殖期和重塑期增生性瘢痕中显著增加^[20-21],异常的蛋白多糖代谢导致增生性瘢痕含水量增加相关^[22];同时,有研究发现,增生性瘢痕中的微血管密度与真皮层回声强度呈负相关^[23-25],可能与血管在超声下为低回声表现有关。本研究结果显示,成熟期增生性瘢痕真皮全层回声强度与正常皮肤比较,差异无统计学意义($P>0.05$),推测可能与成熟期增生性瘢痕中的微血管狭窄或闭塞、微血管密度大幅降低导致真皮层回声强度升高相关^[26]。

本研究结果显示,不同时期增生性瘢痕因不同病理生理结构和组织学特征导致不同时期增生性瘢痕具有特征性的回声强度表现,因此,可通过 20 MHz 高频超声建立不同时期增生性瘢痕的超声诊断标准,为临床医生进行增生性瘢痕分期的诊断提供客观影像学依据。同时,有研究发现,瘢痕的病变程度与含水量呈正相关,治疗反应良好的瘢痕组织含水量明显降低^[27],真皮回声强度明显升高;YAG 激光也能有效地将增生性瘢痕的回声强度改变为等回声,提示治疗后瘢痕改善,组织正常化^[28]。因此,20 MHz 高频超声可实时、无创、动态地观察和反映增生性瘢痕的疗效。因本研究只纳入了进行过常规保守防瘢痕治疗(压力治疗和硅酮类治疗)患者,未纳入进行过光电、内注射等治疗的患者,为此,可为临床光电、内注射等治疗的疗效观察提供一个基线数据,建立了客观标准。

综上所述,通过 20 MHz 高频超声观察不同时期的增生性瘢痕皮肤发现,不同时期增生性瘢痕组织的皮肤全层厚度、回声强度和超声声像图均具有特征性

表现,反映了不同时期增生性瘢痕患者的临床表现和组织结构的变化。20 MHz 高频超声对增生性瘢痕分期的客观诊断和治疗方案的制定及效果的客观监测具有重要临床意义。但因本研究只观察除关节部位外的四肢肢体部位的增生性瘢痕,未分类讨论不同肢体部位对研究结果的影响,因此,尚需进一步研究讨论不同部位增生性瘢痕对研究结果的影响。

参考文献

[1] LEE H J, JANG Y J. Recent understandings of biology, prophylaxis and treatment strategies for hypertrophic scars and keloids[J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19(3): 711.

[2] CHUN Q, ZHIYONG W, FEI S, et al. Dynamic biological changes in fibroblasts during hypertrophic scar formation and regression[J]. *Int Wound J*, 2016, 13(2): 257-262.

[3] OGAWA R, DOHI T, TOSA M, et al. The latest strategy for keloid and hypertrophic scar prevention and treatment: The nippon medical school (NMS) protocol[J]. *J Nippon Med Sch*, 2021, 88(1): 2-9.

[4] SATTLER E. High frequency ultrasound[J]. *Hautarzt*, 2015, 66(7): 493-498.

[5] LIU W, ZHUANG H Y, SHAO D Z, et al. High-frequency color doppler ultrasound in diagnosis, treatment, and rehabilitation of Achilles tendon injury[J]. *Med Sci Monit*, 2017, 23: 5752-5759.

[6] 章若画, 闵仲生, 谭城. 嗜酸性筋膜炎 1 例治疗前后 22MHz 高频超声影像比较[J]. *中国皮肤性病学杂志*, 2017, 31(6): 633-635.

[7] BARCAUI E D O, CARVALHO A C P, LOPES F P P L, et al. High frequency ultrasound with color doppler in dermatology [J]. *An Bras Dermatol*, 2016, 91(3): 262-273.

[8] BEZUGLY A. High frequency ultrasound study of skin tumors in dermatological and aesthetic practice [J]. *Med Ultrason*, 2015, 17(4): 541-544.

[9] ELREFAIE A M, SALEM R M, FAHEEM M H. High-resolution ultrasound for keloids and hypertrophic scar assessment[J]. *Lasers Med Sci*, 2020, 35(2): 379-385.

[10] 黎丹. 表观遗传学与病理性瘢痕发病机制初探 [D]. 重庆: 重庆医科大学, 2019.

[11] 王志刚, 邹建中, 廖翠容, 等. 超声图像定量诊断研究: 附 123 例分析[J]. *上海生物医学工程*, 1995, 16(1): 22-26.

[12] BHATTA A K, KEYAL U, LIU Y Q. Applica-

tion of high frequency ultrasound in dermatology[J]. *Discov Med*, 2018, 26(145): 237-242.

[13] 李桂锋. 病理性瘢痕的药物治理进展[J]. *中国美容医学*, 2014, 23(9): 765-769.

[14] 张斐. 点阵 CO₂ 激光 Scaar Fx 对兔耳增生性瘢痕中 I / III 型胶原比值的影响[D]. 衡阳: 南华大学, 2014.

[15] 张秀丽, 唐正东. 瘢痕研究进展[J]. *中国中西医结合皮肤性病学杂志*, 2012, 11(4): 268-270.

[16] GNIADDECKA M, GNIADDECKI R, SERUP J, et al. Ultrasound structure and digital image analysis of the subepidermal low echogenic band in aged human skin: Diurnal changes and interindividual variability [J]. *J Invest Dermatol*, 1994, 102(3): 362-365.

[17] POHLHAMMER J, O'BRIEN W D J. Dependence of the ultrasonic scatter coefficient on collagen concentration in mammalian tissues[J]. *J Acoust Soc Am*, 1981, 69(1): 283-285.

[18] 游玉芳. 超声动态监测兔耳增生性瘢痕修复过程的实验研究[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2013.

[19] BERTHEIM U, HELLSTRÖM S. The distribution of hyaluronan in human skin and mature, hypertrophic and keloid scars [J]. *Br J Plast Surg*, 1994, 47(7): 483-489.

[20] ALAISH S M, YAGER D R, DIEGELMANN R F, et al. Hyaluronic acid metabolism in keloid fibroblasts [J]. *J Pediatr Surg*, 1995, 30(7): 949-952.

[21] BABU M, DIEGELMANN R, OLIVER N. Fibronectin is overproduced by keloid fibroblasts during abnormal wound healing [J]. *Mol Cell Biol*, 1989, 9(4): 1642-1650.

[22] BESSONART M N, MACEDO N, CARMONA C. High resolution B-scan ultrasound of hypertrophic scars [J]. *Skin Res Technol*, 2005, 11(3): 185-188.

[23] WU Y D, ZHANG Q Z, ANN D K, et al. Increased vascular endothelial growth factor may account for elevated level of plasminogen activator inhibitor-1 via activating ERK1/2 in keloid fibroblasts [J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2004, 286(4): C905-C912.

[24] MATOU S B E, COLLIEC-JOUAULT S, GALLY-FAUROUX I, et al. Effect of an oversulfated exopolysaccharide on angiogenesis induced by fibroblast growth factor-2 or vascular endothelial growth factor in vitro [J]. *Biochem Pharmacol*, 2005, 69(5): 751-759. (下转第 4012 页)

(7):1022-1028.

[8] NOAH A M,ALMGHAIRBI D,EVLEY R,et al. Preoperative inflammatory mediators and postoperative delirium: Systematic review and meta-analysis[J]. Br J Anaesth,2021,127(3): 424-434.

[9] STEINMETZ J,CHRISTENSEN K B,LUND T, et al. Long-term consequences of postoperative cognitive dysfunction [J]. Anesthesiology, 2009,110(3):548-555.

[10] PINHO C,CRUZ S,SANTOS A,et al. Postop- erative delirium: Age and low functional re- serve as independent risk factors [J]. J Clin Anesth,2016,33:507-513.

[11] RENGEL K F,PANDHARIPANDE P P,HUG- HES C G. Postoperative delirium[J]. Presse Med, 2018,47(4 Pt 2):e53-e64.

[12] JIN Z S,HU J,MA D Q. Postoperative deliri- um: Perioperative assessment, risk reduction, and management[J]. Br J Anaesth, 2020, 125 (4):492-504.

[13] DONG B,WANG J,LI P,et al. The impact of preoperative malnutrition on postoperative de- lirium: A systematic review and meta-analysis [J]. Perioper Med(Lond),2023,12(1):55.

[14] KARAS P L,GOH S L,DHITAL K. Is low se- rum albumin associated with postoperative complications in patients undergoing cardiac surgery? [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg,2015,21(6):777-786.

[15] SHIRVANI F, SEDIGHI M, SHAHZAMANI M. Metabolic disturbance affects postoperative cognitive function in patients undergoing car- diopulmonary bypass[J]. Neurol Sci, 2022, 43 (1):667-672.

[16] MUSTAFIC S,BRKIC S,PRNJAVORAC B,et al. Diagnostic and prognostic value of procalci- tonin in patients with sepsis[J]. Med Glas(Zen- ica),2018,15(2):93-100.

[17] KUPIEC A, ADAMIK B, KOZERA N, et al. Elevated procalcitonin as a risk factor for post- operative delirium in the elderly after cardiac surgery: A prospective observational study[J]. J Clin Med,2020,9(12):3837.

[18] XIANG D,XING H L,TAI H Y,et al. Preop- erative C-reactive protein as a risk factor for postoperative delirium in elderly patients un- dergoing laparoscopic surgery for colon carci- noma[J]. Biomed Res Int,2017,2017:5635640.

[19] GILL R,KEMP J A,SABIN C,et al. Human C- reactive protein increases cerebral infarct size after middle cerebral artery occlusion in adult rats[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2004, 24 (11):1214-1218.

[20] POL R A,VAN LEEUWEN B L,IZAKS G J, et al. C-reactive protein predicts postoperative delirium following vascular surgery [J]. Ann Vasc Surg,2014,28(8):1923-1930.

[21] SLOR C J,WITLOX J,ADAMIS D,et al. The trajectory of C-reactive protein serum levels in older hip fracture patients with postoperative delirium[J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2019, 34 (10):1438-1446.

(收稿日期:2024-04-20 修回日期:2024-08-20)

(上接第 4006 页)

[25] PHAN T T,LIM I J,CHAN S Y,et al. Sup- pression of transforming growth factor beta/ smad signaling in keloid-derived fibroblasts by quercetin:Implications for the treatment of ex- cessive scars[J]. J Trauma,2004,57(5):1032- 1037.

[26] 宋菲,刘英开,王西樵. 增生性瘢痕发生和演变 过程中微血管和氧分压动态变化的研究[J]. 上 海交通大学学报(医学版),2016,36(11):1553- 1557.

[27] HSU C K,TZENG S Y,YANG C C,et al. Non-in- vasive evaluation of therapeutic response in keloid scar using diffuse reflectance spectroscopy[J]. Bi- omed Opt Express,2015,6(2):390-404.

[28] MADNI T D,LU K R,NAKONEZNY P A,et al. Treating hypertrophic burn scar with 2940- nm Er:YAG laser fractional ablation improves scar characteristics as measured by noninvasive technology[J]. J Burn Care Res, 2019, 40 (4): 416-421.

(收稿日期:2024-04-16 修回日期:2024-08-27)