

神经靶向技术治疗慢性肩痛的研究进展 *

胡金鸽 徐松超 王 云[△]

(首都医科大学附属北京友谊医院麻醉手术中心, 北京 100050)

摘 要 慢性肩痛 (chronic shoulder pain, CSP) 是一类常见的功能受限性疾病, 病因复杂, 严重影响病人生活质量。治疗目标是缓解疼痛, 恢复运动和功能。治疗方法多种多样, 如外用和口服药物、糖皮质激素注射、理疗以及手术等。近年来, 神经阻滞、脉冲射频和冷冻神经镇痛术通过靶向神经成为治疗关节和脊柱慢性疼痛的成熟方法, 但关于 CSP 方面的临床应用研究却相对较少, 且国内外文献报道结果不一。超声设备和局部解剖学的发展扩大了其临床应用范围。本文将重点讨论肩部神经分布, CSP 的神经治疗靶点, 神经靶向技术以及相关研究进展, 为进一步的临床治疗提供新的思路与方法。

关键词 慢性肩痛; 解剖; 神经阻滞; 脉冲射频; 冷冻神经镇痛术

Research progress on neuromodulation techniques for chronic shoulder pain *

HU Jin-ge, XU Song-chao, WANG Yun[△]

(Anesthesiology and Surgery Center, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China)

Abstract Chronic shoulder pain (CSP) is a common functional limitation disease with complex etiology that significantly impacts patients' quality of life. The goal of treatment is to relieve pain and restore movement and function. There are a variety of treatment options, including topical and oral medications, corticosteroid injections, physical therapy, and surgery. In recent years, nerve blocks, pulsed radiofrequency, and cryoneurolysis have become mature methods for the treatment of chronic joint and spinal pain through targeting relevant nerves, but there are relatively few clinical studies on CSP, and the results of domestic and foreign literature are inconsistent. Progress in ultrasound equipment and regional anatomy has expanded their clinical applications. This article focuses on the distribution of shoulder nerves, neurotherapeutic targets of CSP, neural targeting technologies, as well as related research progress, offering new perspectives and methods for further clinical treatment.

Keywords chronic shoulder pain; anatomy; nerve block; pulse radiofrequency; cryoneurolysis

一、概述

肩痛是一种常见的主诉, 为仅次于腰痛和膝关节痛的肌肉骨骼疼痛, 常呈进行性加重、反复发作, 最终表现为慢性疼痛状态 (> 6 个月)^[1], 导致生活质量下降。慢性肩痛 (chronic shoulder pain, CSP) 年患病率约为 16%, 女性较为常见^[2]。主要原因是滑囊炎、肌腱病和粘连性肩关节囊炎 (又称肩周炎)^[3]。这种持久性可能与伤害性疼痛的神经生物学转化和调制有关^[4]。CSP 有多种治疗方式, 如无创方法 (如非甾体抗炎药、物理治疗、康复疗法等) 和有创方法 (如关节内糖皮质激素注射、区域阻滞、手术等)。口服药物或肩部注射治疗效果短暂; 外科手术治疗给个人和社会带来了较大的经济负担, 而且很大一部分病人在术后出现持续性疼痛。研究发现在接受

关节镜肩峰下减压术或肩锁关节切除术的 101 例病人中, 术后 6 个月时 CSP 的发生率为 35.6%^[5]。因此, 可能更需要选择具有长期效果的替代治疗, 肩关节神经靶向技术 (如神经阻滞、脉冲射频和冷冻神经镇痛术) 作为经济、安全、有效的方法, 能够在保留肩部复合体组织的情况下重复进行。近年来, 解剖路线图的出现为该技术开发了更多可选择靶点的机会, 更进一步扩大了应用范围, 对于有难治性肩部疼痛或者手术禁忌证的病人, 该类技术可能是一种很好的替代治疗方法。本文主要探讨以肩部原发病变为治疗, 结合近年的临床研究, 回顾性分析 CSP 病人接受神经靶向治疗后的临床效果和结局, 总结临床经验, 为临床医师提供借鉴。

* 基金项目: 北京市医院管理中心临床技术创新项目 (XMLX202106)

[△] 通信作者 王云 wangyun129@ccmu.edu.cn



二、肩部神经分布

肩关节由盂肱关节、肩锁关节和胸锁关节组成。而肩部支配神经主要有 4 条, 分别为肩胛上神经 (suprascapular nerve, SSN)、肩胛下神经 (subscapular nerve, SCN)、腋神经 (axillary nerve, AN) 和胸外侧神经 (lateral pectoral nerve, LPN)。盂肱关节的支配神经可按象限划分, 后上象限由 SSN 支配, 后下象限由 AN 后支支配, 前上象限由 SCN 上支支配, 前下象限由 AN 主干支配。而肩锁关节则由 SSN 的肩峰支和 LPN 的关节支支配^[6]。熟悉肩关节和滑囊的支配神经的关节支走行, 对于提高肩部神经靶向操作的成功率和效率是至关重要的。

1. 肩胛上神经

SSN 为混合神经, 管理肩部感觉和运动。SSN 起自臂丛上干, 经颈后三角至斜方肌和肩胛舌骨肌深面, 与肩胛上动静脉伴行进入肩胛上横韧带下方的肩胛上切迹, 延伸至冈上窝。SSN 第一分支, 肩峰分支起源于肩胛上切迹的近端, 肩峰分支延续至肩胛上韧带深处, 并沿喙突后表面向外侧走行, 肩峰分支供应韧带、肩峰下滑囊和肩锁关节后方。该神经主干继续沿上外侧在冈上肌深面走行, 向喙锁韧带和喙肱韧带以及肩峰下滑囊供应关节支。SSN 在冈上肌深面分叉成内侧干和外侧干。内侧干主要为冈上肌提供神经支配, 而外侧干则沿着冈上窝深面到达冈孟切迹, 并发出关节支供应后上盂肱关节和肩峰下滑囊, 在冈下窝内, 外侧干发出分支供应冈下肌以及后上盂肱关节囊。在整个过程中, SSN 为肩峰下滑囊、肩锁韧带、喙锁韧带和喙肩峰韧带以及盂肱关节后囊提供感觉神经支配, 为冈上肌和冈下肌提供运动神经支配^[7-9]。

2. 肩胛下神经

SCN 起源于臂丛后束, 支配肩胛下肌和大圆肌。其中最靠上的肩胛下神经向上外侧走行, 到达肩胛下肌肌腱上缘, 发出一条关节支神经。在此部位, 该关节支神经在喙突下方和肩胛下肌肌腱的上缘之间走行, 支配喙突下囊和前上盂肱关节^[8]。

3. 腋神经

AN 为混合神经, 起源于臂丛后束, AN 沿着肩胛下肌表面向下外侧走行, 到达其下缘, 在该处向后穿过四边孔。AN 入四边孔前发出 1~2 个分支供应前下盂肱关节, 当 AN 穿过四边孔时, 分为前支和后支, 前支与旋肱后动脉伴行包绕肱骨外科颈, 并向肱骨外侧和肩峰下滑囊发出分支。后支支配小圆肌、后三角肌以及后下盂肱关节囊。在整个过程

中, AN 为小圆肌和三角肌提供运动神经支配, 同时为肩关节和肩部皮肤提供感觉神经支配^[7]。

4. 胸外侧神经

LPN 起源于臂丛外侧束, LPN 向前跨过腋动静脉, 穿过喙锁筋膜, 在胸大肌深面发出胸支供应胸大肌。LPN 还发出肩峰分支, 该分支沿着喙突上方向外侧走行, 在喙锁韧带的正前方与相应胸肩峰动静脉形成神经血管束, 该分支沿着喙肩韧带终于肩锁关节, 并向喙锁韧带、喙肩韧带以及肩峰下滑囊提供分支。在整个过程中, LPN 供应肩锁关节、喙锁韧带和喙肩韧带以及肩峰下滑囊, 这些均由伤害性纤维高度支配^[7,9]。

肩部感觉感受器包括机械感受器和伤害感受器 (如游离神经末梢)。这两种类型存在于肩关节囊、滑囊和韧带中。疼痛发生器定义为伤害感受器密度最高的区域, 如肩峰下滑囊、喙肩韧带、喙锁韧带、肱二头肌肌腱长头和肱骨横韧带。肩峰下滑囊和盂肱关节前囊含有最多的伤害感受器和机械感受器, 是治疗的主要靶点^[10]。

三、肩部神经靶向部位

选择性靶向 SSN、AN 和 LPN 的分支最有可能提供临床相关的疼痛缓解。在实施脉冲射频或冷冻神经镇痛术前应该进行诊断性神经阻滞, 阻滞疼痛缓解 $\geq 50\%$ 表明获益的可能性大。解剖学研究已经确定了 SSN、AN 和 LPN 终末感觉关节支的位置和治疗安全区。对于肩后部或后外侧疼痛的病人, 仅治疗 SSN 和 AN 的末端感觉支; 对于肩前疼痛的病人, 仅治疗 LPN 的分支; 如果疼痛包括整个肩部, 则治疗 3 条神经的终末感觉关节支^[11]。

1. 肩胛上神经

用于盂肱关节的前部和下部、肩锁关节、肩峰下滑囊和喙锁韧带持续疼痛的病人。进针部位集中在肩胛上切迹处, 在该处 SSN、肩胛上动脉和静脉的关系多变, 但经常可以看到动脉在韧带上方, 而神经在韧带下方穿行。在置针时, 要小心避免进入靠近 SSN 的肩胛上动脉。通常首选由内侧向外侧平面内入路。这样的入路往往同时阻滞感觉和运动, 影响肩外展。而根据最近一项解剖学研究, 肩胛上切迹和冈孟切迹之间的中点, 是选择性靶向 SSN 外侧干的理想位点, 保留内侧干 (保留肩外展, 内侧干运动支供应冈上肌的前部), 但上述中点射频消融不覆盖 SSN 肩峰分支, 由于肩峰分支供应韧带、肩峰下滑囊和肩锁关节后部, 因此该区域疼痛的病人需单独处理肩峰分支, 可定位于肩胛上切迹外侧的前上关节孟^[12]。



2. 腋神经

用于 AN 支配的肩部结构（孟肱关节的前部和下部）疼痛的病人。常规选在肱骨大结节的后外侧。解剖上肩胛下肌深部间隙可实现对 SCN 关节支和 AN 前支的阻断，这些分支均位于肩胛下肌深筋膜平面内，该界面很容易分离^[13,14]。而小圆肌深部平面即小圆肌和肱骨头之间，主要针对 AN 后支的分支，这些关节支通过小圆肌深处，到达四边孔出口处的后下孟肱关节囊。

3. 胸外侧神经

用于 LPN 支配的肩部结构（肩锁关节、肩峰下滑囊和前上孟肱关节）疼痛的病人。第三肋骨处的胸大肌和胸小肌之间的筋膜间平面作为 LPN 的靶位置^[13]；而 LPN 肩峰支是其终末感觉分支，与胸肩峰动脉伴行，比较浅表，定位在喙突尖端和锁骨之间。Eckmann 等^[15]的病例报告研究中，1 例前肩部疼痛病人接受 LPN 肩峰支的射频消融，静息和活动疼痛缓解持续 > 3 个月，且无运动无力。

四、神经靶向技术及其研究进展

神经靶向技术（如神经阻滞、射频治疗^[11]和冷冻神经镇痛术^[8]）在治疗 CSP 方面可能是有效的、微创的、有前途的方法。其他如周围神经电刺激也已逐渐开展^[4]。超声作为引导工具因其独特的优势，如便携性、实时评估以及避免辐射危害等目前广泛应用。

1. 选择性神经阻滞

SSN 为肩关节提供约 70% 的感觉神经支配，肩胛上神经阻滞 (suprascapular nerve block, SSNB) 最常用，而 AN 和 LPN 阻滞往往作为辅助治疗。SSNB 的镇痛作用主要包括减少外周伤害性信息输入，降低脊髓背角伤害性神经元的外周敏化和中枢敏化，以及减少 P 物质、神经生长因子以及支配肩关节的传入神经纤维，从而广泛用于治疗各种急性和慢性肩部疼痛，如肩袖病变、风湿性肩关节炎、粘连性肩关节囊炎和偏瘫肩痛^[16]。在肩胛上切迹处实施 SSNB（远端入路）最常见，但有以下局限性：首先，神经位置较深，可视化程度受限；其次，SSN 的关节分支通常在肩胛上切迹近端已经分叉，存在阻滞不全的可能。除了上述提到的位点外，肩胛舌骨肌下方的近端入路可为粘连性肩关节囊炎病人提供功能改善和疼痛缓解，疗效长达 12 周（与远端入路类似）^[17]。

一项荟萃分析显示，SSNB 治疗 CSP 方面与关节内注射疗效相似，优于安慰剂和物理治疗，但其维持时间有限^[18]。SSNB 是粘连性肩关节囊炎病人

的有效治疗选择，可显著改善疼痛和活动度^[19]。在难治性粘连性肩关节囊炎病人中采用连续 SSNB（10 天）治疗，发现在第 6 个月时，平均视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分和残疾评分分别降低了 2.6 和 9.5^[20]。偏瘫性肩痛病人接受 SSNB 治疗，1 周后 VAS 评分为 4.1 ± 3.7 （阻滞前为 7.8 ± 1.3 ），1 个月时的生活质量评分显著改善^[16]。临床上也常联合其他疗法，如经皮电刺激^[21]、糖皮质激素注射^[15]以及激光治疗^[22]，效果良好。目前需要更多的随机对照研究 (randomized controlled trial, RCT) 标准化 SSNB 以及比较其与关节内注射和其他非手术治疗，以充分确定其在 CSP 治疗中的作用。

2. 脉冲射频

脉冲射频 (pulsed radiofrequency, PRF) 通过向神经组织输送电场和热脉冲来缓解疼痛，与传统的连续射频不同，PRF 电流为脉冲式释放，通过脉冲电流产生的磁场达到其生物学效应，不引起神经和周围组织损伤。由于 PRF 提供神经调节作用，影响促炎细胞因子的产生，还可改善关节活动度^[23]，因此 PRF 在治疗 CSP 方面越来越受关注。PRF 往往单一靶向 SSN，也有报道称可以安全地同时靶向 SSN 和 AN^[24]，但后者与 SSNB 相比在治疗 CSP 的临床实用性尚未得到证实。

目前临床上关于 PRF 应用于 CSP 的研究类型多为病例分析和前瞻性/回顾性研究，而 RCT 较少。超声引导下 SSN 的 PRF 以治疗 CSP 的前瞻性研究表明，PRF 可以快速、长时间控制疼痛^[25]；SSN 的 PRF 联合糖皮质激素治疗 CSP 的镇痛效果持续长达 6 个月^[26]。此外，有研究发现 SSN 的 PRF 联合自体富血小板血浆注射对于治疗粘连性肩关节囊炎具有协同作用^[27]。PRF 治疗 CSP 的相关 RCT 研究见表 1。

3. 冷冻神经镇痛术

冷冻神经镇痛术是直接应用低温气体（约 -70℃，N₂O 或 CO₂）导致靶神经发生可逆性损伤，即沃勒变性，不损伤周围组织，可用于治疗术后急性疼痛、慢性疼痛状态以及痉挛状态^[35]。镇痛效果取决于冷冻探头的温度。冷冻神经镇痛术是治疗许多急慢性疼痛疾病一种非常安全有效的方法，过去 50 年的使用证明了其并发症和不良反应的发生率非常低，没有永久性神经损伤或神经瘤的病例。该技术传统上通过手术切口应用，但超声引导下的经皮实施方式为疼痛医师在术前和术后操作提供了便利，便携式手持冷冻神经松解装置的出现进一步促进了可及性^[36]。

表 1 PRF 治疗 CSP 的 RCT 研究

发表年份	作者	靶点	目标人群	分组	随访周期	结论
2023	Foula 等 ^[28]	关节内 PRF	粘连性肩关节囊炎	PRF 组 $n = 15$ 臭氧注射组 $n = 15$ 皮质类固醇注射组 $n = 15$	2 个月	超声引导下肩关节内注射皮质类固醇、三氧或 PRF 均能显著改善粘连性肩关节囊炎病人的 VAS 评分、SPADI 和 ROM。PRF 组与其他两组相比，在第 2、4、8 周时，ROM 改善更多
2019	Yan 等 ^[29]	肩部神经	粘连性肩关节囊炎	PRF 组 $n = 68$ 假手术组 $n = 68$	3 个月	PRF 组在 6 周和 12 周时，VAS 评分、SPADI 评分和 SF-36 量表改善
2021	Kim 等 ^[30]	SSN	偏瘫肩痛	PRF 组 $n = 10$ 皮质类固醇注射组 $n = 10$	2 个月	两组治疗后 NRS 评分均显著降低，但皮质类固醇注射组减少更明显；两组所有时间点被动 ROM 均显著增加，但皮质类固醇注射组明显高于 PRF 组
2020	Alanbay 等 ^[31]	SSN	偏瘫肩痛	PRF 组 $n = 15$ 利多卡因阻滞组 $n = 15$	3 个月	PRF 组在第 1、3 个月的 VAS 评分和 ROM 显著高于 NB 组；PRF 组 3 个月时 GAS 评分的阳性变化率显著高于 NB 组
2022	陈亮等 ^[32]	SSN	偏瘫肩痛	PRF 组 $n = 45$ SSNB 组 $n = 45$	6 个月	PRF 组术后 6 个月的 VAS 评分显著 < 术前，而 SSNB 组 VAS 评分恢复至术前水平；PRF 组术后 6 个月对乙酰氨基酚的使用量显著 < 神经阻滞组；PRF 组偏瘫侧 ROM 术后 1、3 和 6 个月与术前相比显著增高
2024	Bergamaschi 等 ^[33]	SSN	慢性肩痛	PRF 组 $n = 18$ SSNB 组 $n = 20$	3 个月	PRF 组在 2、4 和 8 周时的活动 NRS 评分较低；PRF 组 12 周时静息 NRS 评分较低；两组间 ROM 无差异
2017	Ökmen 等 ^[34]	SSN	慢性肩痛	PRF 组 $n = 30$ 光生物调节组 $n = 29$	6 个月	PRF 组和 PBMT 组的 VAS 评分、SPADI 和 NHP 值显著降低，但两组间差异无统计学意义

视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS)；肩关节疼痛与功能障碍指数 (shoulder pain and disability index, SPADI)；关节活动度 (range of motion, ROM)；健康状况调查问卷 (short form-36 questionnaire, SF-36)；数字分级评分法 (numerical rating scale, NRS)；目标达成量表 (goal attainment scale, GAS)；诺丁汉健康量表 (Nottingham health profile, NHP)

冷冻神经镇痛术已用于治疗各种慢性疼痛疾病，包括归因于骨关节炎的膝关节疼痛、颞下颌关节病、神经病理性疼痛、幻肢痛等^[36]。在 Stogicza 等^[8]的报告中，4 例有肩袖疾病病史，保守治疗无效且不适合手术的病人在诊断性阻滞阳性后接受了超声引导下肩关节囊的冷冻消融术，针对 SSN、LPN、SCN 和 AN 前支的关节支，所有病人在术后 6~12 个月内疼痛缓解 $\geq 60\%$ ，无任何运动障碍和不良反应。1 例双侧中重度盂肱关节骨关节炎的病人在双侧肩胛上切迹处进行肩胛上神经冷冻松解术，7 个月后，病人的活动范围、功能和疼痛评分均有所改善^[37]。此外，冷冻神经镇痛术可能是围手术期多模式镇痛方案的一个良好的补充，可提供有效的局部镇痛，持续时间通常为数周至数月，目前该技术已应用于全膝关节置换术、开胸术、乳房切除术和肩关节置换手术等^[36]。Ilfeld 等^[38]报告了 2 例接受肩关节手术的病人在术前接受超声引导下经皮冷冻神经镇痛术，射频消融肩胛上切迹上方的 SSN，病人术后镇痛效果良好，疼痛评分始终 < 2，并且相对于对照组，所需的阿片类药物显著较少。随着超声在临床实践中的应用越来越标准化，疼痛

医师能够在慢性疼痛的门诊治疗中常规进行冷冻神经镇痛术，使得疼痛治疗技术不断改进，为病人提供更好的疗效和安全性。三种肩部神经靶向方式的比较见表 2。

4. 其他治疗技术

周围神经刺激 (peripheral nerve stimulation, PNS) 将施加的电流引导至支配疼痛区域感觉的传入神经元，有证据表明中枢和外周机制参与 PNS 的镇痛效果，部分作用机制基于疼痛的门控理论^[39]。既往电极导线的放置和测试过程侵入性强且耗时长，但目前允许通过超声引导下经皮入路更快速地放置极小的绝缘电导线。PNS 可以靶向 SSN 和 AN，为各种 CSP 问题提供疼痛缓解^[40]。PNS 常用于慢性偏瘫肩痛病人，可提供适度和短期的疼痛缓解，改善身体功能，提高生活质量。一项 RCT 发现，接受 PNS 的病人（基线平均疼痛评分为 7.5/10）在 16 周时的疼痛评分平均为 3.0/10，而接受常规护理的病人为 6.1/10^[41]。

五、总结

CSP 管理采用多学科治疗，目标是在优化病人结局和满意度的同时最大限度地减少疼痛。解剖学研究为疼痛医师提供了开发新位点的思路，这些靶



表 2 三种肩部神经靶向方式比较

镇痛方式	优点	缺点
周围神经阻滞（或置管）	减少阿片类药物的使用；减少术后恶心和呕吐；起效迅速，易于执行，超声引导下安全性提高	效果维持时间有限；运动阻滞；置管相关并发症
脉冲射频	无神经炎、传入神经阻滞疼痛或神经瘤形成的风险；保留肩部组织结构	需要重复治疗；镇痛效果变异性大；可能导致肌肉无力
冷冻神经镇痛术	无神经瘤形成的风险；体内无残留，不良反应小；镇痛时间持续数周至数月，阿片类药物耗量显著减少；设备简单，易于操作，耐受性好，起效快	无法撤销或滴定效果；操作时间较长；镇痛持续时间不可预测，需要重复治疗；可能导致肌肉无力

点主要针对盂肱关节和肩锁关节的感觉传入，最大限度减少运动阻滞。肩部神经靶向技术包括神经阻滞、PRF 和冷冻神经镇痛术，目前选用靶点单一，多为 SSN，研究实施具体参数差异性较大，加之研究较多为小样本，证据级别不高。不同技术各有优劣，根据 CSP 的病因、病程、治疗方法的机制，选择何种治疗方案，这些需要未来针对不同类型 CSP 进行高质量 RCT 来探索相应最佳治疗靶点和治疗参数，更好地量化神经靶向技术对该类疾病的益处，解决临床疼痛治疗中的一大难题。

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

[1] Crookes T, Wall C, Byrnes J, *et al.* Chronic shoulder pain[J]. *Aust J Gen Pract*, 2023, 52(11):753-758.

[2] Lucas J, van Doorn P, Hegedus E, *et al.* A systematic review of the global prevalence and incidence of shoulder pain[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1):1073.

[3] Messina C, Banfi G, Orlandi D, *et al.* Ultrasound-guided interventional procedures around the shoulder[J]. *Br J Radiol*, 2016, 89(1057):20150372.

[4] Gofeld M, Agur A. Peripheral nerve stimulation for chronic shoulder pain: a proof of concept anatomy study[J]. *Neuromodulation*, 2018, 21(3):284-289.

[5] Brix LD, Thillemann TM, Bjørnholdt KT, *et al.* High prevalence of persistent pain 6 months after arthroscopic subacromial decompression and/or acromioclavicular joint resection[J]. *SICOT J*, 2019, 5:21.

[6] Tran J, Peng PWH, Agur AMR. Anatomical study of the innervation of glenohumeral and acromioclavicular joint capsules: implications for image-guided intervention[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2019, 44:452-458.

[7] Tran J, Switzer-McIntyre S, Agur AMR. Overview of innervation of shoulder and acromioclavicular joints[J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2021, 32(4):667-674.

[8] Stogicza AR, Peng P. Cryoanalgesia for shoulder pain: a motor-sparing approach to rotator cuff disease[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2022, 47(9):576-580.

[9] Tran J, Peng P, Agur A, *et al.* Diagnostic block and radiofrequency ablation of the acromial branches of the lateral pectoral and suprascapular nerves for shoulder pain: a 3D cadaveric study[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, 46(4):305-312.

[10] Laumonerie P, Dalmás Y, Tibbo ME, *et al.* Sensory innervation of the human shoulder joint: the three bridges to break[J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2020, 29(12):e499-e507.

[11] Eckmann MS, Johal J, Bickelhaupt B, *et al.* Terminal sensory articular nerve radiofrequency ablation for the treatment of chronic intractable shoulder pain: a novel technique and case series[J]. *Pain Med*, 2020, 21(4):868-871.

[12] Tran J, Peng P, Agur A. Evaluation of suprascapular nerve radiofrequency ablation protocols: 3D cadaveric needle placement study[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2019, 44(11):1021-1025.

[13] Samaan A, Spinner D. Shoulder ablation approaches[J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2021, 32(4):675-682.

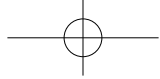
[14] Tran J, Agur A, Peng P. Deep plane to subscapularis approach for anterior shoulder analgesia: a tribute to Dr Darcy Price[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2019, 44:759-760.

[15] Eckmann MS, Lai BK, Uribe MA, *et al.* Thermal radiofrequency ablation of the articular branch of the lateral pectoral nerve: a case report and novel technique[J]. *AA Pract*, 2019, 13(11):415-419.

[16] Picelli A, Bonazza S, Lobba D, *et al.* Suprascapular nerve block for the treatment of hemiplegic shoulder pain in patients with long-term chronic stroke: a pilot study[J]. *Neurol Sci*, 2017, 38(9):1697-1701.

[17] Bae KH, Park KC, Jeong GM, *et al.* Proximal vs distal approach of ultrasound-guided suprascapular nerve block for patients with adhesive capsulitis of the shoulder: prospective randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2021, 102(5):819-827.

[18] Chang KV, Hung CY, Wu WT, *et al.* Comparison of the effectiveness of suprascapular nerve block with physical therapy, placebo, and intra-articular injection in management of chronic shoulder pain: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97(8):1366-1380.



- [19] Jump CM, Waghmare A, Mati W, *et al.* The impact of suprascapular nerve interventions in patients with frozen shoulder: a systematic review and meta-analysis[J]. JBJS Rev, 2021, 9(12):12.
- [20] Martens G, Fontaine R, Goffin P, *et al.* Continuous suprascapular nerve blockade to potentiate intensive rehabilitation for refractory adhesive shoulder capsulitis: a cohort study[J]. Int Orthop, 2024, 48(2):495-503.
- [21] 王海燕, 王慧, 韩冲芳, 等. 肩胛上神经阻滞联合经皮穴位电刺激治疗肩周炎的疗效观察 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2020, 26(10):778-781.
- [22] Abodonya AM, Alrawaili SM, Abdelbasset WK. Evaluation of shoulder pain, disability, mobility, and quality of life in patients with adhesive capsulitis following suprascapular nerve block combined with low-intensity laser therapy[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2023, 27(3):845-851.
- [23] Albishi W, AbuDujain NM, Dakhil AB, *et al.* The utilization of radiofrequency techniques for upper extremity pain management[J]. Pain Physician, 2023, 26(2):125-135.
- [24] Esparza-Miñana JM, Mazzinari G. Adaptation of an ultrasound-guided technique for pulsed radiofrequency on axillary and suprascapular nerves in the treatment of shoulder pain[J]. Pain Med, 2019, 20(8):1547-1550.
- [25] Ergonenc T, Beyaz SG. Effects of ultrasound-guided suprascapular nerve pulsed radiofrequency on chronic shoulder pain[J]. Med Ultrason, 2018, 20(4):461-466.
- [26] Sinha P, Sarkar B, Goswami S, *et al.* Effectiveness of combination of ultrasonography-guided pulsed radiofrequency neuromodulation with steroid at the suprascapular nerve in chronic shoulder pain[J]. Pain Pract, 2020, 20(1):16-23.
- [27] 苏建林, 余想远, 赵国平, 等. 富血小板血浆联合肩胛上神经脉冲射频治疗急性带状疱疹合并慢性肩周炎 [J]. 中国疼痛医学杂志, 2023, 29(5):387-391.
- [28] Foula AS, Sabry LS, Elmulla AF, *et al.* Ultrasound-guided shoulder intraarticular ozone injection versus pulsed radiofrequency application for shoulder adhesive capsulitis: a randomized controlled trial[J]. Pain Physician, 2023, 26(4):E329-E340.
- [29] Yan J, Zhang XM. A randomized controlled trial of ultrasound-guided pulsed radiofrequency for patients with frozen shoulder[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(1):e13917.
- [30] Kim TH, Chang MC. Comparison of the effectiveness of pulsed radiofrequency of the suprascapular nerve and intra-articular corticosteroid injection for hemiplegic shoulder pain management[J]. J Integr Neurosci, 2021, 20(3):687-693.
- [31] Alanbay E, Aras B, Kesikburun S, *et al.* Effectiveness of suprascapular nerve pulsed radiofrequency treatment for hemiplegic shoulder pain: a randomized-controlled trial[J]. Pain Physician, 2020, 23(3):245-252.
- [32] 陈亮, 王进, 吴桂鹏, 等. 超声引导肩胛上神经脉冲射频结合物理疗法治疗脑卒中后肩关节疼痛的疗效分析 [J]. 介入放射学杂志, 2022, 31(5):495-498.
- [33] Bergamaschi ECQA, Sakata RK, Giraldez ALA, *et al.* Comparative randomized study between pulsed radiofrequency and suprascapular nerve block for the treatment of chronic shoulder pain[J]. Clin J Pain, 2024, 40(3):182-186.
- [34] Ökmen BM, Ökmen K. Comparison of photobiomodulation therapy and suprascapular nerve-pulsed radiofrequency in chronic shoulder pain: a randomized controlled, single-blind, clinical trial[J]. Lasers Med Sci, 2017, 32(8):1719-1726.
- [35] Ilfeld BM, Preciado J, Trescot AM. Novel cryoneurolysis device for the treatment of sensory and motor peripheral nerves[J]. Expert Rev Med Devices, 2016, 13(8):713-725.
- [36] Biel E, Aroke EN, Maye J, *et al.* The applications of cryoneurolysis for acute and chronic pain management[J]. Pain Pract, 2023, 23(2):204-215.
- [37] MacRae F, Boissonnault E, Hashemi M, *et al.* Bilateral suprascapular nerve cryoneurolysis for pain associated with glenohumeral osteoarthritis: a case report[J]. Arch Rehabil Res Clin Transl, 2023, 5(1):100256.
- [38] Ilfeld BM, Gabriel RA, Trescot AM. Ultrasound-guided percutaneous cryoneurolysis providing postoperative analgesia lasting many weeks following a single administration: a replacement for continuous peripheral nerve blocks?: a case report[J]. Korean J Anesthesiol, 2017, 70(5):567-570.
- [39] Mazzola A, Spinner D. Ultrasound-guided peripheral nerve stimulation for shoulder pain: anatomic review and assessment of the current clinical evidence[J]. Pain Physician, 2020, 23(5):E461-E474.
- [40] Strand N, D'Souza RS, Hagedorn JM, *et al.* Evidence-based clinical guidelines from the American Society of Pain and Neuroscience for the use of implantable peripheral nerve stimulation in the treatment of chronic pain[J]. J Pain Res, 2022, 15:2483-2504.
- [41] Wilson RD, Gunzler DD, Bennett ME, *et al.* Peripheral nerve stimulation compared to usual care for pain relief of hemiplegic shoulder pain: a randomized controlled trial[J]. Am J Phys Med Rehabil Acad Physiatr, 2014, 93 (1):17-28.