

· 综述 ·

开放获取

慢性骨筋膜室综合征的诊治康复进展[△]张建¹, 许波^{1, 2*}

(1. 山东中医药大学第一临床医学院, 山东济南 250014; 2. 山东中医药大学附属医院显微骨科, 山东济南 250014)

摘要: 慢性骨筋膜室综合征 (chronic compartment syndrome, CCS) 是一种主要因劳累或运动导致患肢肿痛、感觉异常及神经功能障碍的疾病。其主要机制是筋膜室内压力增加导致组织灌注缺血, 临床较为罕见且诊断不足, 其病理生理学尚不明确。筋膜室内压 (intramuscular compartment pressure, IMCP) 测量是目前的确诊手段, 非侵入性检查逐渐成为替代诊断方法。筋膜切开术仍是首选治疗方法, 微创、内镜等新技术已显示出良好成效。目前 CCS 的临床诊治及预防康复缺乏规范指导。本文主要针对 CCS 的诊治康复进行综述, 以期为该疾病研究提供进一步思考。

关键词: 慢性骨筋膜室综合征, 筋膜室内压, 非侵入性诊断工具, 肉毒杆菌毒素 A, 开放性筋膜切开术

中图分类号: R686.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 23-2158-06

Progress in diagnosis, treatment and rehabilitation of chronic compartment syndrome // ZHANG Jian¹, XU Bo^{1,2}. 1. The First Clinical College, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, China; 2. Department of Microsurgery and Orthopedics, Affiliated Hospital, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, China

Abstract: Chronic compartment syndrome (CCS) is a disease in which swelling, pain, paresthesia and neurological dysfunction are caused mainly by exertion or exercise. Its main mechanism is tissue perfusion ischemia caused by increased pressure in the fascia compartment, which is rare and usually underdiagnosed in clinic setting, and its pathophysiology remains unclear. Intramuscular compartment pressure (IMCP) measurement is the current diagnostic method, and non-invasive testing is becoming an alternative diagnostic method. Fasciotomy is still the treatment of choice, and new techniques such as minimally invasive and endoscopy have shown good results. At present, the clinical diagnosis, treatment, prevention and rehabilitation of CCS lack standardized guidance. This paper mainly reviews the diagnosis, treatment and rehabilitation of CCS, in order to provide a reference for the study of this condition.

Key words: chronic compartment syndrome, intramuscular compartment pressure, noninvasive diagnostic tools, botulinum toxin A, open fasciotomy

慢性骨筋膜室综合征 (chronic compartment syndrome, CCS) 常见于青年运动员中, 女性青年患病率逐年上升^[1]。约 95% 的患者发于双侧小腿, 小腿前室和外侧室最常受累^[2]。主要表现为患肢肿痛、感觉异常及神经功能障碍, 休息后症状缓解但具有再现性。主要机制是筋膜室内容积减小, 顺应性下降, 引起筋膜室内压力增加, 导致组织灌注缺血。不恰当的训练方式、创伤、久坐、过度劳累、糖尿病和步态力学的改变是 CCS 的诱因^[3]。McGinley 等^[4]发现功能性肌肉压迫导致静脉阻塞可致 CCS。Lu 等^[5]发现液体滞留的心源性肝硬化和门静脉高压症也可致 CCS。目前 CCS 的诊断方法尚未统一, 保守和手术治疗也

存在争议, 预防康复措施缺乏标准。现将 CCS 的临床诊治及预防康复措施进行综述, 为该疾病研究提供进一步思考。

1 诊断

详询患者病史是诊断 CCS 发生和发展的关键, 通过体格检查, 采集患者症状体征, 有助于排除其鉴别诊断。在军事人群中, CCS 可能与胫骨应力综合征 (medial tibial stress syndrome, MTSS)、腓动脉卡压综合征 (popliteal artery entrapment syndrome, PAES) 或筋膜疝同时存在于单个患者中, 导致症状重叠^[6]。

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100942

△基金项目: 山东省中医药科技项目(面上项目)(编号:M-2023165)

作者简介: 张建, 在读硕士生, 研究方向: 骨与关节疾病, (电子信箱)17860503891@163.com

* 通信作者: 许波, (电子信箱)szyxubo@163.com

CCS 需要与引起类似症状的 MTSS、PAES、应力性骨折、神经卡压综合征、静脉血栓形成、肌疝、骨肿瘤、肌腱病变和腰椎病变等相鉴别。

1.1 侵入性诊断

Pedowitz 等^[7]提出的筋膜室内压 (intramuscular compartment pressure, IMCP) 测量虽存在争议, 目前仍作为 CCS 诊断金标准被广泛使用。IMCP 能直接测量筋膜室内压力, 其诊断标准包括: 运动前静息 IMCP ≥ 15 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 运动后 1 min IMCP ≥ 30 mmHg, 运动后 5 min IMCP ≥ 20 mmHg, 满足上述其一即可考虑 CCS。Roscoe 等^[8]发现, 动态连续 IMCP 测试能明显提高运动时诊断的有效性。但 IMCP 存在某些固有不足, 如最准确的 IMCP 测量导管昂贵, 肢体测试位置及进入点存在可变性, 压力收集的动态连续性无法保证。为求全面的 IMCP 结果需要重复多次采集, 耗时且增加被检测者痛苦, 存在出血和感染可能, 对吸烟者、免疫功能低下、糖尿病或凝血病等合并症的患者有较大风险。

1.2 非侵入性诊断

核磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 通过加权序列图像来诊断 CCS, 具有高敏感、低特异性特点。MRI 对筋膜及邻近结构的解剖更加可辨, 筋膜表现为连续的细线状, T1 和 T2 加权序列呈低信号^[9]。因 CCS 的发病可能与筋膜室水肿增厚、脂肪浸润及缺血有关, 而筋膜室水肿及缺血灶均会引起 MRI 中 T2 信号增高, 若合并肌肉纤维化或萎缩, 还可见 T1 信号减弱。MRI 可检测和区分骨膜与骨内骨髓水肿, 从而排除其他鉴别诊断。van der Kraats 等^[10]研究表明, MRI 对无创诊断和评估 CCS 有显著作用。也有研究显示, CCS 患者的 T2 信号是降低而非升高, 虽然肌肉血氧及组织灌注状态不同, 但 MRI 信号并无异常。近红外光谱 (near-infrared spectrometry, NIRS) 可持续动态观察筋膜室内的压力变化, 通过测量组织氧饱和度, 反映局部缺血情况, 间接反映筋膜室内压力变化。van der Kraats 等^[10]研究表明, NIRS 是诊断 CCS 合理可靠的方式, 但不能到达深部筋膜室。超声具有安全便携、高分辨率及动态成像特性。IMCP 升高后会出现深静脉受压、动脉壁活动增加、胫前动脉末梢循环关闭等超声影像特点, 但研究尚未明确超声诊断作用。单光子发射计算机断层扫描 (single-photon emission computed tomography, SPECT) 基于放射性示踪剂在体内的分布和吸收, 用于评估肌肉组织的血流灌注, 无创识别 CCS。但 Tidus 等^[11]发现, SPECT 相较于 IMCP 诊断的准确性

较低。剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 通过使用超声系统重复和定量获得组织的弹性特征。Berrigan 等^[12]研究显示, 运动后 SWE 参数发生变化, 支持 SWE 作为可靠无创的 CCS 诊断替代工具, 但尚未有 SWE 与 IMCP 的比较说明。肌电图 (electromyography, EMG) 通过记录肌肉兴奋状态下产生的电信号来评估肌肉功能, 并检测 CCS 神经功能受损的迹象。Korhonen 等^[13]发现, 筋膜室的 EMG 和 IMCP 信号之间存在显著的相关性和线性关系。Broadhurst 等^[14]发现, EMG 可帮助诊断和评估肌肉和神经损伤的程度, 但在评估 CCS 中作用有限。肌肉测量仪 (myotonometry, MYO) 用于评估肌肉的振动频率 (MYOfreq) 和指数递减 (MYOdec), MYOfreq 反映肌肉的弹性, MYOdec 反映肌肉的黏性, 二者可评估肌肉的机械性能和状态。Korhonen 等^[13]发现, 前室 CCS 患者中, MYOfreq 与静息和负荷期间的 IMCP 呈显著正相关, 最大自主收缩时的 MYOdec 值在 IMCP 升高患者与 IMCP 正常患者之间存在显著差异, 对诊断 CCS 有所帮助。Vignaud 等^[15]研究发现, 预测性临床模型在诊断 CCS 方面均表现出较低偏倚风险, 对诊断 CCS 有效。上述讨论的非侵入性检查方法均具有间接无创的优点, 但在 CCS 诊断中的作用和准确性仍需广泛研究证实。

2 治疗

CCS 的保守和手术治疗存在争议。保守治疗后症状一般难以根除且复发率高, 缺乏有力证据来说明保守治疗 CCS 的有效性。对运动员和军人来说, 保守治疗方案的成功可能取决于永久性活动的限制。筋膜切开术被公认为首选治疗方式, 但并不适用于所有患者。Thein 等^[16]研究显示, 筋膜切开术组超过 77% 的受试者可恢复到之前同等活动水平, 而保守组只有 25%。Vogels 等^[17]发现筋膜切开术在降低主要症状 (如疼痛和紧绷) 的强度和频率方面更有效。然而手术治疗成功率也并非 100%, 且长期影响未知, 因此应辩证看待保守和手术治疗的优劣。

2.1 保守治疗

保守治疗包括休息制动、理疗冷敷、伸展活动、镇痛抗炎药、步态再训练、肉毒杆菌毒素 A (botulinum toxin A, BoNT-A) 和周围神经注射治疗 (perineural injection therapy, PIT) 等。Charvin 等^[18]发现, 接受 BoNT-A 注射治疗的患者疗效较好, 无重大不良反应。Jensen 等^[19]观察到 CCS 患者在一次

BoNT-A 注射治疗后实现了 36 个月无痛活动, 表明 BoNT-A 可作为低风险、安全有效的保守治疗方案。但需要研究确定 BoNT-A 治疗 CCS 的作用机制是否与疼痛缓解、肌肉阻滞有关, 以及注射的最佳剂量、具体部位及副作用^[20]。步态再训练被认为可以通过改变跑步运动学来降低腿部筋膜室压力, 其机制是通过前足触底改变跑步姿势, 增加步频 (≥ 180 步/分) 以缩短步幅, 保持直立姿势以减小振动, 降低触地时间和垂直位移以减小垂直地面反作用力, 将腿部前侧肌肉的负荷转移到足跟和足底, 最终减少腿部疼痛。Allison 等^[21]发现 1 例患者在接受 6 周的前足跑步训练后 IMCP 值降低, 症状完全消除。但步态变化导致的生物力学变化可能会增加跟腱和腓肠肌的拉伤, 由于疼痛或缺乏时间训练会难以适应或维持。PIT 通过将 5% 葡萄糖水溶液 (5% dextrose in water, D5W) 注射到神经周围, 利用机械、药理和神经再生等效应, 提供神经营养来减轻疼痛和改善功能。Bui 等^[22]报道 1 例患者在接受筋膜切开术后, 通过制备利多卡因和 D5W 的混合物进行了 4 次 PIT, 改善了下肢疼痛、虚弱和功能。

2.2 手术治疗

2.2.1 开放筋膜切开术

筋膜切开术是治疗 CCS 较安全有效的方式, 可减轻大多数患者疼痛, 恢复运动并提高满意度。Vogels 等^[23]发现筋膜切开术治疗 CCS 的总体满意度和恢复体力活动率至少为 80%。Lindorsson 等^[24]纳入 144 例患者并随访, 发现筋膜切开术可显著降低患者运动后 1 min 的 IMCP, 满意率 77%, 83% 的患者疼痛水平降低, 94% 的患者参加体育活动。陈立刚等^[25]采用切开减压混合固定法治疗尺桡双骨折并发早期骨筋膜室综合征患者, 取得了良好临床疗效。筋膜切开术后结果受多种因素影响, 可能与年龄、筋膜厚度、释放的筋膜室位置及数量、筋膜室压力测量值、症状持续时间及特定人群等因素相关。Mangan 等^[26]发现, 深后室受累、较小年龄和男性是筋膜切开术后病情改善的独立预测因素, 可能更适合采用筋膜切开术治疗。筋膜切开术同时存在感染、血肿、神经血管损伤、深静脉血栓形成、瘢痕粘连和淋巴水肿等并发症, 可能由于减压不彻底、康复训练不足、术后纤维化或神经压迫等原因导致^[27]。另外, 筋膜切开减压术后组织持续肿胀和皮肤挛缩, 创口难以闭合, 皮肤缺损后需行植皮。倪国骅等^[28]采用皮肤弹性牵张法延期闭合小腿骨筋膜室减压切口, 避免了取皮供区及小腿受区留下瘢痕。刘志等^[29]利用尼斯结

技术联合负压封闭引流 (联合治疗) 与钢丝、克氏针牵引 (牵引治疗) 闭合筋膜切开减压创口, 结果均安全有效且能加速创面线性瘢痕愈合。

2.2.2 微创筋膜切开术

微创筋膜切开术技术具有简便价廉、安全高效等优点。该技术使用单个 3~4 cm 小切口直接可视化筋膜, 以减少软组织损伤。Maffulli 等^[30]回顾发现, 18 例接受微创筋膜切开术的患者中有 17 例 (94%) 恢复到受伤前或更高水平的运动, 无严重并发症。Oliver 等^[31]证实小型开放下肢筋膜切开术安全有效, 并发症发生率和翻修率低, 多数人疼痛减少并重返体育运动。Broderick 等^[32]报道了一种使用发光牵开器的微型开放筋膜切开术, 5 例患者在术后 12 周恢复运动, 均无疼痛复发和并发症。Grechenig 等^[33]对 60 具成年尸体的下肢前室、外侧室和深后室进行微创筋膜切开术的安全性研究, 结果显示所有标本的腓浅神经和血管均无损伤, 且使用两个独立纵向切口时, 约 97% 的标本实现了完全的隔室释放, 医源性损伤率更低。微创筋膜切开术后也存在并发症风险, Drexler 等^[34]研究证明单次小切口筋膜切开术的成功率和患者满意度虽高, 但 95 例患者中有 4.2% 神经损伤, 8.4% 症状复发。

2.2.3 超声引导筋膜切开术

超声引导筋膜切开术可对结构成像, 允许神经、血管和筋膜的可视化, 降低损伤风险并有利于术前和术后评估。Balius 等^[35]发现接受超声引导前室松解术的所有患者疼痛减轻, 7 例患者中有 6 例在约 5 周内恢复到以往运动水平, 无出血或腓神经并发症。Finnoff 等^[36]报道了超声引导下的小腿前室筋膜切开术, 仅需在局麻下做 1 个 3 mm 切口, 术后 1 周内患者即可恢复跑步。Finnoff 团队在之前尸体研究中就证实了该技术可能是 CCS 患者安全可行的治疗选择。

2.2.4 内镜辅助筋膜切开术

内镜辅助筋膜切开术具有微创、可视化和恢复快等优点, 研究已经证实其在治疗小腿 CCS 的可行性^[37]。Voleti 等^[38]使用完全内镜热消融装置进行内镜辅助筋膜切开术, 该技术可达到良好的可视化和止血效果, 尽早恢复运动并大幅降低并发症发生率。D'Amore 等^[39]比较发现, 内镜辅助和开放筋膜切开术在运动恢复率和主观结果上没有显著差异, 前者的患者主观满意度更高, 但内镜辅助筋膜切开术组的 13 例患者中有 9 例 (69.2%) 术后症状复发。与开放式相比, 内镜辅助筋膜切开术效果似乎更好, 但公布的数据量较少, 且复发率存在可变性。

3 术后康复及预防

3.1 术后康复

常规建议 CCS 术后局部加压包扎，鼓励患者早期渐进式康复锻炼，使用辅助设备减轻患肢负重，加强踝、膝关节物理治疗，避免局部粘连和硬化，同时恢复关节活动度和肌肉力量，注意监测术后肢体肿痛、感染等并发症，定期术后复查并调整康复计划。有研究提出较为科学的筋膜切开术后康复方案，建议术后 10 d 内予以“PRICE”（保护、休息、冰敷、压缩和抬高），逐步重建运动范围和软组织活动度，进行拉伸及神经动力学活动，最后在特定运动中进行生物力学分析。Drexler 等^[34]建议在筋膜切开术后立即进行全重量负荷，2~3 d 内使用拐杖以获得支持，1 个月内恢复跑步。Maffulli 等^[30]鼓励早期保持舒适运动和负重训练，防止瘢痕形成和粘连，术后第 1 d 可活动踝、膝关节，术后 2 周检查伤口并开始康复训练，术后 4 周可进行竞技训练。Gawel 等^[40]系统归纳了腿部 CCS 术后康复所施加的限制或标准，常见康复参数包括跑步限制（51.9%）、术后腿部压缩（48.1%）、术后立即下床活动（44.4%）和早期活动度锻炼（37.0%）。

3.2 预防

对运动员和军事人员等高危人群，预防 CCS 发生需采取积极措施。Zimmermann 等^[6]提出及时更换军事人员跑鞋，必要时穿戴足部矫形器，进行下肢强化、伸展按摩和补充维生素 D 来预防 CCS。Ray 等^[41]提出通过限制活动强度和持续时间，减轻局部过度压迫以预防 CCS。Mohile 等^[42]建议纠正不良姿态，避免过度跖屈和内翻等动作，进行适当拉伸和关节活动训练，保持肌肉和关节的柔韧性，保持良好营养状况，保护易患部位等措施预防 CCS 发生。

4 总结与展望

CCS 的临床诊治及预防康复仍具有挑战性，临床医师需加强辨别能力以防漏诊。CCS 的诊断工具各有优劣，虽有多种替代选择但存在不足，需明确其有效性研究。保守治疗和手术治疗各有利弊，筋膜切开术仍作为 CCS 治疗的首选方法，但存在多种影响因素和并发症，微创、内镜和超声等新技术已凸显成效，但大多数数据来源于临床经验和个案总结，缺乏广泛和深入的随机对照研究。术后康复和预防措

施需提高完善。综上所述，仍需要更全面和高质量的研究为 CCS 临床诊治和预防康复提供进一步规范指导。

参考文献

- [1] Lindorsson S, Rennerfelt K, Brisby H, et al. The effect of gender on intramuscular pressure in patients with chronic exertional compartment syndrome of the lower leg [J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2022, 32 (1): 202-210. DOI: 10.1111/sms.14064.
- [2] van Zantvoort A, Hundscheid H, de Bruijn JA, et al. Isolated lateral chronic exertional compartment syndrome of the leg: a new entity [J]. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7 (12): 1810937529. DOI: 10.1177/2325967119890105.
- [3] Rynkiewicz KM, Fry LA, DiStefano LJ. Demographic characteristics among patients with chronic exertional compartment syndrome of the lower leg [J]. *J Sport Rehabil*, 2020, 29 (8): 1214-1217. DOI: 10.1123/jsr.2019-0176.
- [4] McGinley JC, Thompson TA, Ficken S, et al. Chronic exertional compartment syndrome caused by functional venous outflow obstruction [J]. *Clin J Sport Med*, 2022, 32 (4): 355-360. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000929.
- [5] Lu C, Yoo M, De Luigi AJ. Chronic exertional compartment syndrome in a patient with restrictive cardiomyopathy and portal hypertension [J]. *J Osteopath Med*, 2022, 122 (12): 631-634. DOI: 10.1515/jom-2022-0061.
- [6] Zimmermann WO, Hutchinson MR, Van den Berg R, et al. Conservative treatment of anterior chronic exertional compartment syndrome in the military, with a mid-term follow-up [J]. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 2019, 5 (1): e532. DOI: 10.1136/bmjsem-2019-000532.
- [7] Pedowitz RA, Hargens AR, Mubarak SJ, et al. Modified criteria for the objective diagnosis of chronic compartment syndrome of the leg [J]. *Am J Sports Med*, 1990, 18 (1): 35-40. DOI: 10.1177/036354659001800106.
- [8] Roscoe D, Roberts AJ, Hulse D. Intramuscular compartment pressure measurement in chronic exertional compartment syndrome: new and improved diagnostic criteria [J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43 (2): 392-398. DOI: 10.1177/0363546514555970.
- [9] 宋明欣, 秦健, 肖强. 腰痛与胸腰筋膜影像学征像相关性的研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (9): 815-818. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.09.09.
Song MX, Qin J, Xiao Q. Research progress of imaging presentation of thoracolumbar fascia related to back pain [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (9): 815-818. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.09.09.
- [10] van der Kraats AM, Winkes M, Janzing H, et al. Review of reliable and valid noninvasive tools for the diagnosis of chronic exertional compartment syndrome [J]. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11 (1): 951750207. DOI: 10.1177/23259671221145151.
- [11] Tiidus PM. Is intramuscular pressure a valid diagnostic criterion

- for chronic exertional compartment syndrome [J]. *Clin J Sport Med*, 2014, 24 (1): 87–88. DOI: 10.1097/JSM.000000000000065.
- [12] Berrigan WA, Wickstrom J, Farrell M, et al. Botulinum toxin a for chronic exertional compartment syndrome evaluated with shear wave elastography: a case report [J]. *Clin J Sport Med*, 2022, 32 (2): e178–e180. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000910.
- [13] Korhonen RK, Vain A, Vanninen E, et al. Can mechanical myotometry or electromyography be used for the prediction of intramuscular pressure [J]. *Physiol Meas*, 2005, 26 (6): 951–963. DOI: 10.1088/0967-3334/26/6/006.
- [14] Broadhurst PK, Robinson LR. Compartment syndrome: Neuromuscular complications and electrodiagnosis [J]. *Muscle Nerve*, 2020, 62 (3): 300–308. DOI: 10.1002/mus.26807.
- [15] Vignaud E, Menu P, Eude Y, et al. A comparison of two models predicting the presence of chronic exertional compartment syndrome [J]. *Int J Sports Med*, 2021, 42 (11): 1027–1034. DOI: 10.1055/a-1342-8209.
- [16] Thein R, Tilbor I, Rom E, et al. Return to sports after chronic anterior exertional compartment syndrome of the leg: Conservative treatment versus surgery [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2019, 27 (2): 615495939. DOI: 10.1177/2309499019835651.
- [17] Vogels S, Ritchie ED, Hundscheid HP, et al. Chronic exertional compartment syndrome in the leg: comparing surgery to conservative therapy [J]. *Int J Sports Med*, 2021, 42 (6): 559–565. DOI: 10.1055/a-1273-7777.
- [18] Charvin M, Orta C, Davy L, et al. Botulinum toxin a for chronic exertional compartment syndrome: a retrospective study of 16 upper- and lower-limb cases [J]. *Clin J Sport Med*, 2022, 32 (4): e436–e440. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000958.
- [19] Jensen M, Lystrup RM, Jonas CE. Chronic exertional compartment syndrome treated with botulinum toxin—a yielding 36-month total symptom relief: a case report [J]. *Mil Med*, 2023, 188 (5–6): e1310–e1313. DOI: 10.1093/milmed/usab253.
- [20] Moore C, Hulsopple C, Boyce B. Utilization of botulinum toxin for musculoskeletal disorders [J]. *Curr Sports Med Rep*, 2020, 19 (6): 217–222. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000720.
- [21] Allison AK, Ishikawa KL, Gerber JP, et al. Chronic exertional compartment syndrome resolved with running gait retraining: a case report [J]. *J Athl Train*, 2023, 58 (4): 345–348. DOI: 10.4085/85.22.
- [22] Bui T, Anies LE, Super E, et al. Perineural injection therapy for chronic exertional compartment syndrome refractory to initial compartment release: a case report [J]. *Mil Med*, 2023, 188 (11–12): e3726–e3729. DOI: 10.1093/milmed/usad344.
- [23] Vogels S, Ritchie ED, van Dongen T, et al. Systematic review of outcome parameters following treatment of chronic exertional compartment syndrome in the lower leg [J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2020, 30 (10): 1827–1845. DOI: 10.1111/sms.13747.
- [24] Lindorsson S, Zhang Q, Brisby H, et al. Intramuscular pressure and patient-reported outcomes in patients surgically treated for anterior chronic exertional compartment syndrome [J]. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11 (2): 951756144. DOI: 10.1177/2325967121151088.
- [25] 陈立刚, 黄建国, 李良, 等. 尺桡双骨折早期筋膜室症两种减压内固定比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (11): 1031–1034. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.11.16.
- Chen LG, Huang JG, Li L, et al. Comparison of two kinds of decompression and internal fixation for radioulnar fractures accompanied with early-stage compartment syndrome [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (11): 1031–1034. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.11.16.
- [26] Mangan JJ, Rogero RG, Fuchs DJ, et al. Predictors of improvement after fasciotomy for treatment of chronic exertional compartment syndrome of the lower extremity [J]. *Sports Health*, 2021, 13 (4): 396–401. DOI: 10.1177/1941738120984109.
- [27] Campano D, Robaina JA, Kusnezov N, et al. Surgical management for chronic exertional compartment syndrome of the leg: a systematic review of the literature [J]. *Arthroscopy*, 2016, 32 (7): 1478–1486. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.01.069.
- [28] 倪国骅, 吴学建, 张德洪, 等. 皮肤弹性牵张法闭合小腿骨筋膜室高压减张切口 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (4): 382–384. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.04.20.
- Ni GH, Wu XJ, Zhang HD, et al. Skin elastic traction method for closing the high-pressure and tension-reducing incision in the lower leg fascia compartment [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2016, 24 (4): 382–384. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.04.20.
- [29] 刘志, 李杰, 杨绪峰, 等. 两种技术闭合筋膜切开减张创口的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (1): 77–80. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.01.15.
- Liu Z, Li J, Yang XF, et al. Comparison of two techniques for closing wound secondary to fasciotomy for decompression [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (1): 77–80. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.01.15.
- [30] Maffulli N, Loppini M, Spiezia F, et al. Single minimal incision fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome of the lower leg [J]. *J Orthop Surg Res*, 2016, 11 (1): 61. DOI: 10.1186/s13018-016-0395-9.
- [31] Oliver WM, Rhatigan D, Mackenzie SP, et al. Outcome following mini-open lower limb fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2022, 32 (1): 27–36. DOI: 10.1007/s00590-021-02919-z.
- [32] Broderick JM, Synnott KA, Mulhall KJ. Minimally invasive fasciotomy using a lighted retractor in the treatment of chronic exertional compartment syndrome [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2020, 28 (1): 615553088. DOI: 10.1177/2309499019892800.
- [33] Grechenig P, Valsamis EM, Muller T, et al. Minimally invasive lower leg fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome—How safe is it? A cadaveric study [J]. *Orthop J Sports Med*, 2020, 8 (10): 1812004348. DOI: 10.1177/2325967120956924.
- [34] Drexler M, Rutenberg TF, Rozen N, et al. Single minimal incision fasciotomy for the treatment of chronic exertional compartment syndrome: outcomes and complications [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*,

- 2017, 137 (1) : 73–79. DOI: 10.1007/s00402–016–2569–7.
- [35] Balias R, Bong DA, Ardevol J, et al. Ultrasound–guided fasciotomy for anterior chronic exertional compartment syndrome of the leg [J]. *J Ultrasound Med*, 2016, 35 (4) : 823–829. DOI: 10.7863/ultra.15.04058.
- [36] Finnoff JT, Johnson W. Ultrasound–guided fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome: a case report [J]. *Clin J Sport Med*, 2020, 30 (6) : e231–e233. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000777.
- [37] Wasserman PL, Montanarella M, Szames D, et al. MR diagnosed chronic exertional compartment syndrome successfully treated by endoscopically–assisted fasciotomy [J]. *Radiol Case Rep*, 2021, 16 (6) : 1378–1383. DOI: 10.1016/j.rader.2021.03.009.
- [38] Voleti PB, Lebrun DG, Roth CA, et al. Endoscopic thermal fasciotomy for chronic exertional compartment syndrome [J]. *Arthrosc Tech*, 2015, 4 (5) : e525–e529. DOI: 10.1016/j.eats.2015.05.013.
- [39] D’Amore T, Rao S, Gawel RJ, et al. Return to sport rates and subjective outcomes are similar after open or endoscopically assisted compartment release for chronic lower–extremity exertional compartment syndrome [J]. *Arthrosc Sports Med Rehabil*, 2022, 4 (6) : e1953–e1959. DOI: 10.1016/j.asmr.2022.08.003.
- [40] Gawel RJ, Kemler BR, Coladonato C, et al. Rehabilitation and return to activity criteria after operative management of chronic exertional compartment syndrome of the leg: a systematic review [J]. *Phys Sportsmed*, 2024, 52 (2) : 125–133. DOI: 10.1080/00913847.2023.2214192.
- [41] Ray RG. Chronic exertional compartment syndrome of the foot [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2021, 38 (2) : 143–164. DOI: 10.1016/j.cpm.2020.12.002.
- [42] Mohile N, Perez J, Rizzo M, et al. Chronic lower leg pain in athletes: overview of presentation and management [J]. *HSS J*, 2020, 16 (1) : 86–100. DOI: 10.1007/s11420–019–09669–z.

(收稿:2023–12–22 修回:2024–04–30)

(同行评议专家:张春明,何继银,皮庆猛)

(本文编辑:宁桦)

读者·作者·编者

本刊对部分稿件实行开放获取发表的公告

随着信息技术的快速发展,学术期刊的传播方式也在不断演变。其中,期刊开放获取发表(open access, OA)已经成为一种趋势。此种出版模式在论文发表后,读者可以免费阅读、下载、复制、分发。故此,使得作者的论文能够迅速和广泛地传播,促进了学术交流和知识共享,提升您文章的被引机率和学术影响力,也扩大了期刊的读者群体,为骨科同行提供了快捷的参考和借鉴,有助于临床工作水平和质量的进步。本刊决定即日起对部分稿件实行开放获取发表模式。

本刊将从可刊用稿件中精选部分优秀稿件,经作者同意,实行开放获取发表,自稿件定稿后1个月内,即可在本刊网站快速开放获取发表。欢迎广大作者选用此模式展示自己的文稿,让更多的读者能够方便地获取您的学术论文。

未来本刊网站将继续着力于为广大读者提供更多优质的内容和服务,感谢您的关注和支持,让我们一起为《中国矫形外科杂志》的不断发展贡献力量。

敬请关注《中国矫形外科杂志》网站, <http://jxwk.ijournal.cn>

《中国矫形外科杂志》编辑部
2024年2月22日