

骨筋膜室综合征的研究进展

代宇轩¹, 赵光辉¹, 孙浩宇¹, 王宝文², 姜睿¹

1. 吉林大学中日联谊医院骨科, 吉林 长春 130031; 2. 长春市骨伤医院骨科, 吉林 长春 130033

摘要: 骨筋膜室综合征(OCS)是创伤骨科中较为常见的一种疾病,随着车载工具及机械化工作的增多,暴力因素导致肢体骨折,进而发展为 OCS 的患者越来越多。OCS 是急性创伤中较常见且后果严重的并发症之一,其发生较为隐匿,无法在短时间内明确诊断,但其发展又较为迅速,往往数小时之内即可引发神经肌肉坏死,如延误诊断,后果严重可遗留肢体功能障碍,肌肉挛缩,甚至肢体感染坏死。目前大多数医师仍根据经验性诊断,早期患肢麻木,极度肿胀,伴活动障碍,主动被动牵拉痛,其中以被动牵拉痛更具诊断意义。本文就 OCS 的诊断及治疗做一综述。

关键词: 骨筋膜室综合征; 双切口腿筋膜切开术; 单侧切口腿筋膜切开术; 前臂掌侧长“S”形切开术

中图分类号: R 686.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2020)02-0259-03

骨筋膜室综合征(OCS)是指骨筋膜室内压力增高超过组织灌注压,导致肌肉和神经因急性缺血而产生的一系列早期综合征^[1]。多因创伤及骨折部位的血肿和组织水肿使骨筋膜室内内容物体积增大或因石膏夹板固定过紧、局部挤压导致骨筋膜室压力增加所致。骨折是急性隔室综合征(ACS)最常见的原因(占 69%)^[2],多见于小腿和前臂掌侧。目前由于 OCS 发病机制复杂及早期诊断较难,无法及时明确的给予有效治疗,易延误治疗时机,造成灾难性后果,例如缺血性肌挛缩、肢体坏疽、肾衰,严重者可引发多器官功能衰竭(MODS),从而危及生命^[3]。由于 OCS 严重的临床后果,本文对其诊断及治疗做一综述,以提高临床医师对 OCS 的认识。

1 发病机制

OCS 按照病因特点主要分为两类。一是非血管型,主要是由骨折或肢体挤压伤导致的 OCS^[4]。由于暴力损伤导致筋膜室内血液及组织液聚集,导致筋膜室压力增加,使肢体发生进行性肿胀,筋膜本身及其他一些结缔组织是非弹性的^[5],进一步增加筋膜室内的压力,随着压力的增加会导致薄壁静脉高压,静脉回流受阻,组织液渗出,加重肢体肿胀。当压力到达一定程度可使供应肌肉的小动脉关闭,导致进行性的组织缺血,形成缺血-水肿-缺血的恶性循环。二是血管型,由血管损伤、血管堵塞或骨折引起的血管反射性痉挛等,导致肢体缺血缺氧,此种情况发生数分钟至数小时就可引发神经肌肉坏死,进而发展为 OCS。此外,若血管再通后,会引发缺血再灌注损伤,引发细胞膜钠泵功能障碍,细胞水肿坏死, K⁺、H⁺外流,导致高钾血症、代谢性酸中毒、心律失常,甚至肾衰等。

OCS 是一个不断发展的过程,短短的数分钟至数小时即可发展为 OCS,肌肉在缺血 3 h 内出现坏死^[6],缺血 6~8 h 后发生不可逆的损害,缺血 12 h 后,多发生功能障碍,肌肉挛缩,甚至肢体感染坏死等。神经可在缺血半小时即发生反应,表现为肢体缺血缺氧部位感觉麻木,6 h 内恢复血液灌注,可挽

救部分功能,12~24 h 之后出现不可逆性神经损伤,形成永久性的感觉及功能障碍^[7]。

2 诊断

2.1 定性诊断 OCS 发展迅速且后果严重,因此早发现、早诊断是诊断及治疗 OCS 的重中之重,但到目前为止,仍没有明确诊断 OCS 的可靠方法,即使临床经验丰富的医生也是经常根据患者的临床表现来进行诊断,早期症状主要表现为患肢麻木、极度肿胀、伴活动障碍,主动被动牵拉痛,其中以被动牵拉痛更具有诊断意义^[8]。临床上较为经典的 OCS 表现为“5P”综合征,即感觉异常(paresthesia)、剧痛(pain)、皮肤苍白(pallor)、麻痹(paralysis)、无脉(pulselessness)^[2,9]。但“5P”综合征同样也见于动脉缺血性疾病。对于意识清醒的患者来说,进展性的疼痛,疼痛程度远大于骨折所引发的疼痛为主要临床表现,此时可伴有被动牵拉痛,肌腹压痛明显等表现;对于意识障碍或麻醉术后的患者来说,则容易发生漏诊,延迟诊断和误诊,此时可观察患肢肿胀程度,及是否有张力性水泡出现,尽早做出诊断,及时干预病情发展。此外着重强调一点,与普遍看法相反,开放性和闭合性骨折的 OCS 之间没有明显区别^[10]。许多外科医生认为开放性骨折会使骨筋膜室减压,并且可能不像闭合性骨折那样容易发生 OCS。但是,通常由开放性骨折引起的小筋膜撕裂并不足以使筋膜室减压,仍需密切关注患肢肿胀程度,避免发展为 OCS。

2.2 定量诊断 筋膜室内压力测量是 OCS 诊断的有力方法。由 Whitesides^[11]最早提出的,通过测量向筋膜室内注射少量盐水时需要克服筋膜室内压力的间接方法来测定,虽然此方法简单易行,但准确性较低。Whitesides 的技术虽然没有得到广泛的青睐,但它是一种安全,廉价,易于组装和可靠的方法,更适用于基层医院。此外,在意识不清和多发伤的患者中,可能没有显示出明显的 OCS 的临床症状,此方法可简单有效的诊断患者病情^[12]。继而出现 Matsen 等^[13]的连续监测技术,

以及 Mubarak 等^[14]通过在特殊导管里安放压力敏感器,来直接测量筋膜室压力。随后有学者提出了准确性较高的测量方法,如 Rorabeck 等^[15]的侧孔针和裂缝导管测量法,可很大程度避免软组织堵塞针头的问题。到目前为止,虽然测量方法在与时俱进,但是仍然没有一个权威的压力数值来作为诊断标准及手术指征。目前 OCS 的手术指征主要依靠肌肉组织的灌注压而非筋膜室内压力绝对值,目前为大多数学者认可的观点是灌注压($\Delta P = \text{舒张压} - \text{筋膜室内压}$)小于 30 mm Hg 即提示筋膜室综合征的发生^[16]。当灌注压小于 30 mm Hg 持续 2 h,诊断 OCS 行筋膜切开术的灵敏度高达 94%^[17]。此外还有一些非侵入诊断技术,如近红外光谱(NIRS)测量皮肤下约 2~3 cm 的局部软组织氧合作用,它可以连续监测筋膜室内是否缺氧^[18]。通过组织氧合作用与筋膜室内压力增加呈负相关,所以为 OCS 的诊断提供重要信息。郑斌等^[19]关于实时剪切波弹性成像(RtSWE)技术在 OCS 诊疗中的应用中发现 RtSWE 技术能更加及时、敏感和精准地反映组织条件变化,有助于 OCS 的临床诊断和预后判断。

3 治疗

OCS 治疗目的是降低筋膜室内压力,恢复神经肌肉血液灌注,挽救肢体功能,治疗方法分为手术治疗和非手术治疗。

3.1 手术治疗 对于高度怀疑 OCS 的患者,一经确诊,早期彻底切开减压是防止肌肉神经缺血性坏死的唯一方法。多数学者认为网状切口减压及皮下切口减压不能够达到完全减压的目的,而切开长度不够及减压不彻底往往是手术效果不好的重要原因^[20]。目前较为公认的手术方法主要有双切口腿筋膜切开术、单侧切口腿筋膜切开术及前臂掌侧长“S”形切开术等。在手术的过程中需注意以下三点。(1)当使用双切口技术时,如果胫骨前动脉受到损伤,后期皮瓣移植成活率较低;如果手术前发现胫骨前动脉损伤,单切口 4 室释放可能更合适^[16]。(2)行外侧切口时需避免损伤外踝上方约 10 cm 处的腓浅神经。(3)行后内侧切口时需保护好隐神经和大隐静脉^[16,20]。筋膜室切开后可见肌肉明显膨隆,血运增加,较重者深层肌肉可见坏死,肌肉颜色苍白,电刺激无活性,多遗留肢体功能障碍,甚至感染坏死。关闭切口可应用“鞋带”技术或阶梯伤口闭合,创面覆盖油纱,后无菌纱布覆盖。辛庆峰^[21]关于负压封闭引流术(VSD)在 OCS 筋膜切开减压术中的应用观察中发现,其能够显著缩短患者住院时间,降低并发症和植皮的概率。VSD 技术封闭创面,不仅减少换药次数,还防止外部细菌入侵,大大降低了感染率^[22-23]。此外,VSD 技术还可改善局部循环刺激肉芽组织增长,避免组织坏死,有利于伤口愈合提高植皮成活率^[24]。但由于其为密闭环境,所以抗厌氧菌治疗不容忽视,而且 VSD 技术治疗费用较高,临床广泛推广可能存在困难。

3.2 非手术治疗 早期应严密观察患肢肿胀程度,给予制动、抬高患肢,硫酸镁湿敷或冰敷肿胀部位等物理治疗。此外应联合药物治疗,如速尿、甘露醇、碳酸氢钠、维生素 C、七叶皂甙钠及地塞米松等,这些药物具有消肿脱水,抗炎抗氧化,从而降低室内压的作用。甘露醇有明显的高渗性脱水作用,改

善微循环,防止细胞肿胀破裂。维生素 C 为抗氧化剂,可清除体内氧自由基,减轻术后缺血-再灌注损伤。地塞米松具有抗炎、抗内毒素的作用,可降低血管通透性,阻止炎症聚集。此外,高压氧治疗在早期 OCS 保守治疗及切开减压术后的辅助治疗应用中均有良好的效果。高压氧可以增加物理溶解氧量,提高动脉血氧分压,增加氧的弥散,改善组织缺氧状态,提高物质代谢,减少组织液生成,减轻水肿,从而阻断恶性循环^[25]。

综上所述,OCS 的“3 早”对挽救患肢功能至关重要,但诊断具有挑战性,不能盲目的进行切开减压,过于激进的治疗可能会产生破坏性后果,如出现患肢感染、坏死,后期需要植皮手术治疗,导致住院周期延长及治疗费用增加等问题。到目前为止,对于及时确诊 OCS,避免延误病情或过激的切开减压,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] Walls MH. Compartment syndrome: an orthopedic emergency [J]. *J Emerg Nurs*, 2017, 43 (4): 303 - 307.
- [2] McQueen MM, Duckworth AD. The diagnosis of acute compartment syndrome: a review [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2014, 40 (5): 521 - 528.
- [3] Pechar J, Lyons MM. Acute compartment syndrome of the lower leg: a review [J]. *J Nurse Pract*, 2016, 12 (4): 265 - 270.
- [4] McQueen MM, Gaston P, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome. Who is at risk? [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2000, 82 (2): 200 - 203.
- [5] Schmidt AH. Acute compartment syndrome [J]. *Injury*, 2017, 48: S22 - S25.
- [6] Vaillancourt C, Shrier I, Vandal A, et al. Acute compartment syndrome: how long before muscle necrosis occurs? [J]. *CJEM*, 2004, 6 (3): 147 - 154.
- [7] 侯德才, 康斯文. 小腿筋膜室综合征诊疗现状研究进展 [J]. *创伤与急危重病医学*, 2015, 3 (3): 187 - 189.
- [8] Ananthanarayan C, Castro C, McKee N, et al. Compartment syndrome following intravenous regional anesthesia [J]. *J Can D' anesthesie*, 2000, 47 (11): 1094 - 1098.
- [9] Harvey C. Compartment syndrome: when it is least expected [J]. *Orthop Nurs*, 2001, 20 (3): 15 - 23.
- [10] Via AG, Oliva F, Spoliti M, et al. Acute compartment syndrome [J]. *Muscles Ligaments Tendons J*, 2015, 5 (1): 18 - 22.
- [11] Whitesides TE Jr, Haney TC, Harada H, et al. A simple method for tissue pressure determination [J]. *Arch Surg*, 1975, 110 (11): 1311 - 1313.
- [12] Beniwal RK, Bansal A. Osteofascial compartment pressure measurement in closed limb injuries-whitesides' technique revisited [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2016, 7 (4): 225 - 228.
- [13] Matsen FA 3rd, Mayo KA, Sheridan GW, et al. Monitoring of intramuscular pressure [J]. *1976*, 79 (6): 702 - 709.
- [14] Mubarak SJ, Hargens AR, Owen CA, et al. The wick catheter technique for measurement of intramuscular pressure. A new research and clinical tool [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1976, 58 (7): 1016 - 1020.

- ties[J]. *Front Immunol*, 2017, 8:664.
- [24] Matsumura S, Wang BM, Kawashima N, et al. Radiation-induced CX-CL16 release by breast cancer cells attracts effector T cells[J]. *J Immunol*, 2008, 181(5):3099-3107.
- [25] Zheng WX, Skowron KB, Namm JP, et al. Combination of radiotherapy and vaccination overcomes checkpoint blockade resistance[J]. *Oncotarget*, 2016, 7(28):43039-43051.
- [26] Tang C, Liao ZX, Gomez D, et al. Lymphopenia association with gross tumor volume and lung V5 and its effects on non-small cell lung cancer patient outcomes[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2014, 89(5):1084-1091.
- [27] Talebian Yazdi M, Schinkelshoek MS, Loof NM, et al. Standard radiotherapy but not chemotherapy impairs systemic immunity in non-small cell lung cancer[J]. *Oncoimmunology*, 2016, 5(12):e1255393.
- [28] Deng LF, Liang H, Burnette B, et al. Irradiation and anti-PD-L1 treatment synergistically promote antitumor immunity in mice[J]. *J Clin Invest*, 2014, 124(2):687-695.
- [29] Young KH, Newell P, Cottam B, et al. TGF β inhibition prior to hypofractionated radiation enhances efficacy in preclinical models[J]. *Cancer Immunol Res*, 2014, 2(10):1011-1022.
- [30] Kalbasi A, June CH, Haas N, et al. Radiation and immunotherapy: a synergistic combination[J]. *J Clin Invest*, 2013, 123(7):2756.
- [31] Dovedi SJ, Adlard AL, Lipowska-Bhalla G, et al. Acquired resistance to fractionated radiotherapy can be overcome by concurrent PD-L1 blockade[J]. *Cancer Res*, 2014, 74(19):5458-5468.
- [32] Zeng J, See AP, Phallen J, et al. Anti-PD-1 blockade and stereotactic radiation produce long-term survival in mice with intracranial gliomas[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2013, 86(2):343-349.
- [33] Hodge JW, Sharp HJ, Gameiro SR. Abscopal regression of antigen disparate tumors by antigen cascade after systemic tumor vaccination in combination with local tumor radiation[J]. *Cancer Biother Radiopharm*, 2012, 27(1):12-22.
- [34] Shaverdian N, Lisberg AE, Bornazyan K, et al. Previous radiotherapy and the clinical activity and toxicity of pembrolizumab in the treatment of non-small-cell lung cancer: a secondary analysis of the KEY-NOTE-001 phase 1 trial[J]. *Lancet Oncol*, 2017, 18(7):895-903.
- [35] Gerber DE, Urbanic JJ, Langer C, et al. Treatment design and rationale for a randomized trial of cisplatin and etoposide plus thoracic radiotherapy followed by nivolumab or placebo for locally advanced non-small-cell lung cancer (RTOG 3505)[J]. *Clin Lung Cancer*, 2017, 18(3):333-339.
- [36] Hwang WL, Niemierko A, Hwang KL, et al. Clinical outcomes in patients with metastatic lung cancer treated with PD-1/PD-L1 inhibitors and thoracic radiotherapy[J]. *JAMA Oncol*, 2018, 4(2):253-255.
- [37] Derer A, Frey B, Fietkau R, et al. Immune-modulating properties of ionizing radiation: rationale for the treatment of cancer by combination radiotherapy and immune checkpoint inhibitors[J]. *Cancer Immunol Immunother*, 2016, 65(7):779-786.
- [38] Deng LF, Liang H, Burnette B, et al. Radiation and anti-PD-L1 antibody combinatorial therapy induces T cell-mediated depletion of myeloid-derived suppressor cells and tumor regression[J]. *Onco Immunology*, 2014, 3(4):e28499.
- [39] Kalbasi A, Ribas A. Antigen presentation keeps trending in immunotherapy resistance[J]. *Clin Cancer Res*, 2018, 24(14):3239.
- [40] Finkelstein SE, Timmerman R, McBride WH, et al. The confluence of stereotactic ablative radiotherapy and tumor immunology[J]. *Clin Dev Immunol*, 2011, 2011:439752.
- [41] Bernstein MB, Krishnan S, Hodge JW, et al. Immunotherapy and stereotactic ablative radiotherapy (ISABR): a curative approach? [J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2016, 13(8):516-524.
- [42] Twyman-Saint Victor C, Rech AJ, Maitly A, et al. Radiation and dual checkpoint blockade activate non-redundant immune mechanisms in cancer[J]. *Nature*, 2015, 520(7547):373-377.
- [43] Martin AM, Cagney DN, Catalano PJ, et al. Immunotherapy and symptomatic radiation necrosis in patients with brain metastases treated with stereotactic radiation[J]. *JAMA Oncol*, 2018, 4(8):1123.
- [44] Topalian SL, Taube JM, Anders RA, et al. Mechanism-driven biomarkers to guide immune checkpoint blockade in cancer therapy[J]. *Nat Rev Cancer*, 2016, 16(5):275-287.

收稿日期:2019-06-22 修回日期:2019-07-12 编辑:石嘉莹

(上接第 260 页)

- [15] Rorabeck CH, Castle GS, Hardie R, et al. Compartmental pressure measurements: an experimental investigation using the slit catheter[J]. *J Trauma*, 1981, 21(6):446-449.
- [16] Schmidt AH. Acute compartment syndrome[J]. *Orthop Clin North Am*, 2016, 47(3):517-525.
- [17] McQueen MM, Duckworth AD, Aitken SA, et al. The estimated sensitivity and specificity of compartment pressure monitoring for acute compartment syndrome[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95(8):673.
- [18] Cole AL, Herman RA Jr, Heimlich JB, et al. Ability of near infrared spectroscopy to measure oxygenation in isolated upper extremity muscle compartments[J]. *J Hand Surg Am*, 2012, 37(2):297-302.
- [19] 郑斌, 姜晨, 冯世波. 实时剪切波弹性成像技术在骨筋膜室综合征诊疗中的应用[J]. *重庆医学*, 2018, 47(30):3904-3908, 3912.
- [20] 王舒新, 刘丙立. 下肢骨筋膜室综合征的诊治[J]. *河北医药*, 2011, 33(3):428-429.
- [21] 辛庆峰. 封闭负压引流术在骨筋膜室综合征切开减压术中的应用观察[J]. *临床军医杂志*, 2015, 43(12):1295-1297.
- [22] Li WH, Ji L, Tao WD. Effect of vacuum sealing drainage in osteofascial compartment syndrome[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(9):16112-16116.
- [23] Chen Y, Liu L. Clinical analysis of 54 cases of large area soft tissue avulsion in the lower limb[J]. *Zhonghua Chuang Shang Za Zhi*, 2016, 19(6):337-341.
- [24] Yuan XG, Zhang X, Fu YX, et al. Sequential therapy with 'vacuum sealing drainage-artificial dermis implantation-thin partial thickness skin grafting' for deep and infected wound surfaces in children[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2016, 102(3):369-373.
- [25] 梁建国, 吕晓红. 高压氧早期综合治疗骨筋膜室综合征 18 例疗效分析[J]. *中国民族民间医药*, 2010, 19(21):162-163.

收稿日期:2019-05-25 修回日期:2019-06-18 编辑:王国品