

2022年度颈椎退变性疾病临床研究进展

Advances in clinical research of cervical degenerative diseases in 2022

徐 增,吴晓东,陈华江,袁 文

(上海长征医院骨科颈椎外科病区 200003 上海市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2023.09.09

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2023)-09-0831-05

2022年,颈椎外科领域做出了大量新颖独到、精准创新的研究。传统热点问题得到充分阐述论证,提出了更具指导意义的精准诊疗建议,人工智能、可穿戴设备等高新技术的蓬勃发展也为颈椎外科注入新的活力,相关研究如火如荼。我们通过 PubMed 检索了 2022 年脊柱外科领域三大期刊(Spine Journal、Spine、European Spine)和其他专业领域顶级期刊(如 Lancet、European Radiology 等),以及通过中国知网检索了《中国脊柱脊髓杂志》等中文核心期刊发表的颈椎外科相关的文献,通过人工阅读筛选出颈椎退变性疾病临床相关研究并进行总结,主要目的是了解颈椎退变的最新临床研究进展,为该领域的工作者提供研究思路以及新的研究方法。

1 颈椎退变性疾病量化诊断进展

相较于其他类型的颈椎退变性疾病,脊髓型颈椎病(cervical spondylotic myelopathy, CSM)症状表现多种多样,多为渐进式发展,在严重症状出现前患者自身不易发现。但在我们日常诊疗过程中,尚缺乏一种客观、可重复、量化和筛查的方法来衡量其严重程度。CSM 量化诊断是过去一年的主要研究热点。

闭目难立征(Romberg 征)是平衡性共济失调的检查,临床上常用于评估 CSM 患者的站立平衡问题,Carreon 等设计了一套测力板系统^[1],通过测量总摇摆面积、摇摆频率和摇摆速度进而量化 Romberg 征,结果显示 CSM 患者相关指标明显低于对照组,Romberg 征量化结果有助于诊断和评估 CSM,并可能用于 CSM 严重程度分级。

步态分析一直是评估 CSM 严重程度的有效工具,步态分析相关技术的发展为精准量化 CSM 提供了可能。使用带有激光距离传感器的 Timed Up and Go(TUG)系统,可以量化 CSM 患者痉挛步态的特征,其测试流程是当受试者听到指令时,立刻从椅子上站起来,以最快的速度行

走 3m,转向标记,然后回到椅子上坐下来,激光传感器会记录整个运动过程,结果显示 CSM 组完成总时间、站立时间、第一步时间、步数、轨迹误差均显著高于对照组,而平均速度、平均步长均显著低于对照组,且完成 TUG 测试总时间与 CSM 存在显著的独立相关性,ROC 曲线结果显示 TUG 测试时间超过 9s,CSM 的风险则会升高^[2]。另有研究结合 5 个测力板并辅以三维运动分析相机,通过步态建模软件计算稳定性、时空步态参数等,发现 CSM 患者在时空步态参数和姿势稳定性方面有显著变化,角动量分析表明,这些患者整体上增加了身体偏移,以保持动态平衡^[3]。

颈椎活动度(range of motion, ROM)降低是 CSM 严重程度的独立预测因素,既往研究者们使用了大量不同方法以提高颈椎活动度测量精度,然而,颈椎运动过程的时空变化规律未见报道,笔者所在的研究团队合作开发了一种新型的可穿戴机器人传感器系统——动态颈椎运动分析仪(ADCM),同时引入时间和空间参数来量化颈椎运动过程,它可以精确记录颈椎屈伸运动过程(100Hz)并将其转换成运动波形(以时间为横坐标,对应的颈椎运动位置为纵坐标,以颈椎中立位-前屈-后伸-中立位为一个完整颈椎屈伸运动过程,记录 10s 内颈椎动态屈伸运动时的波形),便于直观展示颈椎运动时空变化规律^[4]。结果显示 CSM 患者的运动波形较健康人更宽且低,波高(颈椎屈伸运动范围)与波宽(颈椎屈伸运动时间)的平均比值($a+b/c+d$)(定义为 F 值)可以定量地反映波形的这种差异。F 值与颈椎运动功能 JOA 评分相关($r=0.7538$),F 值随 JOA 评分降低而降低,F 值可以与 CSM 严重程度相关。需要注意的是,F 值下降并不一定是 CSM 患者所特有的,其他颈椎疾病也可能出现 F 值降低,比如严重颈椎畸形、伴有神经功能损害的颈部损伤、挥鞭伤等,因此仍需进一步深入研究颈部运动规律。

手部运动障碍是 CSM 的常见症状,也被称为脊髓病手,特点是手灵巧性差和力量减弱,10s 握持实验(10-seconds hand grip and release test, 10s G-R)是临床上常用的评估脊髓病手的手段,但它的准确性明显受观察者间差异影响。Atsushi 等^[5]使用非接触式传感器 Leap Motion 记录了受试者在尽可能快地握持(20 次)手指时的运动参

第一作者简介:男(1991-),博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(021)82886806 E-mail:xuzengspine@163.com

通讯作者:陈华江 E-mail:spine_czchenhj@163.com;袁文 E-mail:spine_yuanwen@163.com

数,并开发了一个桌面系统,采用了向量机建立二元分类模型分析,该系统最高灵敏度为 84.0%,特异性 60.7%,准确性 75.6%,可用于 CSM 高灵敏度的分类筛查。

虽然过去一年发表了很多量化 CSM 的研究,但是它们多以量化 CSM 症状、体征等某种单一指标为主,未能全面多维度评估 CSM 严重程度,且多为横断面观察研究,证据等级不高,其诊断意义与临床应用尚仍有很长的一段路要走。但是不可否认,该方向的研究仍是 CSM 相关研究的重点问题,期待未来更多学者的参与,为系统量化 CSM 提供新的技术理念和证据支持。

2 颈椎退变性疾病手术进展

2.1 ACDF

颈前路椎间盘切除融合术(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)是颈椎外科最常见的术式,ACDF 并发症等临床问题仍是 2022 年研究热点。

2.1.1 吞咽困难 吞咽困难是颈椎术后常见的不良反应。最新研究^[6]发现颈前路和颈后路手术均会导致吞咽功能下降。前路手术吞咽困难危险因素包括:手术节段(高于 C3),出血(>100mL),手术时间(>200min),后路手术吞咽困难发生主要与年龄有关。但 ACDF 术后吞咽困难更受研究者关注,一项多中心、前瞻性研究^[7]发现 ACDF 术后 2 周吞咽困难率上升至 45.3%,术后 4 周逐渐下降至 15.3%,2 周发生吞咽困难患者手术时间更长,术前基础吞咽功能更差,且更多为女性,而长期吞咽困难患者融合水平较高,手术时间较长,基础吞咽困难较高,吸烟可能性较大,但是多因素分析只有吸烟和基础吞咽困难仍然显著相关。另一项依据大型国家数据库(PearlDiver 数据库)的回顾性分析^[8]也发现 4 节段的 ACDF 术后 90d 内不良事件发生率(再入院,吞咽困难,住院时间延长等)高于 1~3 节段,尤其是术后吞咽困难发生率。这些包含高证据等级的研究结论,对吞咽困难发生原因的既往共识(如手术节段高于 C3 和多节段 ACDF)进一步证实的同时也提出了新的补充,为以后的 ACDF 术前临床评估增加了新的内容。此外,一项 Meta 分析证实 ACDF 术中咽后间隙使用类固醇药物可以减少吞咽困难发生率和增加融合率,并且不会增加手术时间、失血量或 VAS 评分^[9]。本中心尚未进行类似的操作,对该结论持保守观察态度,未来期待高质量的研究论证其效果。

2.1.2 邻椎病和假关节形成 ACDF 术后邻椎病(adjacent segment disease, ASD)和假关节形成是翻修手术的主要原因,如何预测并预防它们的发生仍是脊柱外科医生面临的严峻挑战。Lambrechts 等^[10]发现与无假关节形成的患者相比,大多数假关节形成患者术后 1 年仍无症状,且术后 1 年颈椎动力位 X 线片对假关节需行翻修术的阴性预测值大于 99%(Cut-off 值为手术节段棘突间运动小于 1mm),但阳性率较低。一项关于 ASD 的 Meta 分析^[11]也发现先天性椎管狭窄、高龄、术前 NDI 高,ACDF 术后 ASD 发生风

险会增加。

2.1.3 其他 对于 ACDF 的一些临床上容易忽视或者说理所当然的一些问题,也有研究者表示了关注。众所周知,ACDF 术后放置引流管是常规操作,尽管理论上放置引流有预防血肿等益处,但事实上并还没有等级高的证据支持它。一项回顾性研究^[12]共计纳入了 11149 例 ACDF 手术患者,结果显示引流与否和术后血肿需再手术和再入院的比率没有差异;反而使用引流管的患者却有更高的吞咽困难发生率和更长的住院时间,因此,所有颈椎外科医生可能需要认真评估下 ACDF 术后放置引流管的必要性了。此外,神经根型颈椎病患者和脊髓型颈椎病患者手术目的和抉择并不相同,ACDF 对于二者的疗效是否存在差异仍存在争议。一项纳入 798 例患者的回顾性研究^[13]证实,相较于神经根型颈椎患者,因 CSM 接受 ACDF 的患者更强烈的手臂疼痛,年龄更大,更多的并发症,更多的融合节段,而术后患者报告结果指标(patient reported outcome measures, PROMs)则更差。该研究在设计思路比较新颖,于常规处找寻到新的研究点,为笔者提供了不一样的研究思维。临床上,神经根型颈椎病患者经常出现体格检查的神经定位与影像学表现并不完全符合,这个时候临床医生可能会选择多节段减压所有疑似神经根受压区域以达到充分减压获得更好的手术疗效,但 Yasushi 研究团队^[14]的结果却提出了不同意见,他们分析了因神经根型颈椎病行单节段和多节段减压的患者,发现单节段的手术效果优于多节段,而多节段减压,术后麻木仍会存在于远手臂区域。

2.2 颈后路椎板切除术/成形术

颈后路椎板切除术/成形术是治疗长节段伴脊髓功能损伤的颈椎退变性疾病的主要方式,但是其一些细节问题仍存在争议,其中关于固定节段与术后后凸畸形的相关文献较多,总结如下。

2.2.1 固定节段 颈椎后纵韧带骨化(cervical ossification of the posterior longitudinal ligament, cOPLL)是诸多因素作用于颈椎后纵韧带导致异位骨化灶形成,引起椎管、椎间孔狭窄、压迫脊髓、神经根出现相应脊髓和神经根损害症状。对于短节段 cOPLL,前路手术彻底切除骨化灶是首选,对于多节段 cOPLL 患者,颈后路椎板成形椎管扩大术是最常见的术式。当 cOPLL 累及 C2 及以上节段时,则需要对 C2 进行减压,常选的有 2 种方法:C2 穹隆式减压(C2 dome-like)和 C2 扩大(C2-7 expansive open-door)椎板成形椎管扩大术。Yu 等^[15]研究发现穹隆式减压可以更显著地减轻术后颈部疼痛,获得更好的颈椎曲度,扩大减压术可使椎管内减压更充分,作者建议对于 C2/3 处骨化物占椎管 50%以上,或有发育性椎管狭窄的患者,采用该术式。该结论可以为我们的手术抉择提供科学参考,笔者所在的长征医院颈椎外科病区多年来使用超声骨刀可以更安全、快速地完成 C2 穹隆式减压手术,相关结论之前已经发表,希望大家提供参考。

此外,多节段后路颈椎融合术是否需要固定到 C2 以

及是否将颈胸交界区(cervicothoracic junction, CTJ)固定一直是争议的。C2 具有较粗的椎弓根和较大的椎板,是后路内固定的有效锚定点,虽然大多数 CSM 压迫不超过 C3-4,但是外科医生有时会选择固定到 C2 节段以提供更坚强的支撑。然而 C2 固定存在操作难度大,需要剥离重要的颈部旋转肌肉,损害椎动脉的风险,且需要更长的融合节段。另外,颈胸交界区是活动范围大的颈椎和较稳定的胸椎之间的一个独特的结合点,以 C7 为终点的多节段内固定可能会增加相 ASD 的风险,因此部分颈椎外科医生建议预防性延长固定到 T1,以避免 ASD 加速进展,降低再手术率。对于是否固定 C2, Roth 等^[16]研究发现,固定到 C2 的患者与固定到 C3/4 的患者相比手术时间更长,术后 1 年 PROMs 和并发症均无差异。对于 CTJ 问题,一项 Meta 分析^[17]通过检索 Cochrane、Embase 和 Medline 数据库,比较了固定到颈椎和预防性固定到胸椎患者的结果,表明颈椎组的融合率、失血量和手术时间优于胸椎组,但颈椎组 CTJ 处 ASD 发生率和 ASD 相关并发症发生率更高,因此,作者认为对于 ASD 高危因素的患者,预防固定到 T1/2 可能是有必要的。但是,另外一项纳入 875 例、随访超过 4 年大型队列研究发现胸椎组 ASD 发生率较高,但是两组因 ASD 再手术率无统计学差异^[18]。

2.2.2 术后后凸畸形 术后后凸畸形也是颈后路手术必须考虑的问题,通常认为他与颈部肌肉功能、矢状面参数等有关,在过去的一年有很多文献对此表示了关注。此前很多文献报道,术前颈椎不稳是后路手术的禁忌证,因为它是加重术后后凸畸形的潜在危险因素。最新研究发现节段不稳并不是颈后路术后后凸畸形的驱动因素,但是可能会影响神经功能恢复^[19]。Seo 等^[20]发现后凸畸形的概率随 C2-7 Cobb 角的增加而降低,随 TS-CLA 的增加而增加,多因素回归分析显示术前椎间孔狭窄是术后颈椎后凸的独立危险因素,因此,对于合并椎间孔狭窄的脊髓型颈椎病患者,颈后路手术可能并不合适。Lin 等^[21]研究发现术前颈椎椎旁伸肌功能障碍、C6 水平颈伸肌不对称、C4 和 C6 水平横断面颈伸肌无脂肪浸润与术后颈椎矢状位失衡有关。由此可见保护颈部肌群的重要性,Guo 等^[22]采用了一种新型椎旁入路在保证疗效同时更好的保护颈部肌群。笔者所在的研究团队^[23]也提出了单侧显露完全保留对侧椎旁肌的椎管扩大成形术,以减少手术时间、手术出血和术后引流量,以及早期轴性颈痛发生率。此外,在老年脊髓型颈椎病患者中,术前营养不良(老年营养风险指数<98)与椎板成形椎管扩大术后颈椎后凸的发生率增加密切相关^[25]。

2.3 人工椎间盘

颈椎人工椎间盘(cervical disc arthroplasty, CDA)主要的优势是保留颈椎活动度,减少 ASD 的发生,但仍缺乏长期随访结果。长征医院颈椎外科病区发表了 CDA 的 10 年随访结果,结果显示治疗单节段颈椎病时 CDA 与 ACDF 疗效相当,且其 ASD 更易发生在尾侧邻近节段并随时间进展,同时 CDA 组 15.38% 患者出现严重异位骨化^[24]。另一

项长达 5 年的 RCT 研究^[25]也同样认为 CDA 相比 ACDF 无明显临床优势,研究者同时发现 CDA 并未减少 ASD 的发生。西京医院罗卓荆教授研究团队^[26]发表在《中国脊柱脊髓杂志》的研究结果同样认为 CDA 能够获得与 ACDF 一致良好的长期临床疗效,但是他们认为 CDA 在减少 ASD 发生方面具有优势。各个中心对于 CDA 是否能够减少 ASD 的结论并不一致,笔者认为这可能与 CDA 手术置入难度有关系,恰当的置入位置对于 CDA 疗效尤其关键,因此未来需要多中心、随机对照研究来进一步明确二者之间的关系。此外,另有研究者发现相较于臂痛为主或者颈臂痛相当的颈椎病,CDA 对于臂痛为主诉的患者改善效果欠佳^[27]。

3 颈椎退变性疾病预后

3.1 CSM 预后

不同于神经根型颈椎病手术目的是改善功能和减轻疼痛,CSM 患者手术则是为了阻止疾病进展,但是术后脊髓功能恢复程度仍有很多不确定性,如何判断其预后也是一个重要的临床课题。过去一年这些相关的临床问题涌现出大量的研究,有突破但仍有很大的进步空间。CSM 手术效果预测及明确影响预后的危险因素一直是颈椎外科领域研究的重点内容。而颈椎矢状面平衡参数则是不可忽略的因素,Dea 等^[28]证实 cSVA(>40mm)和 T1 slope 增加与 CSM 患者较低的生活质量相关,但在手术治疗后未观察到显著相关性。Neriman 等^[29]回顾性分析了 10 年共计 411 例 CSM 患者的首发症状及其与术后神经功能恢复之间的关系,发现运动障碍和步态障碍不仅是 CSM 的首发症状,也是术后神经功能改善的有效阴性预测因子。常规 MRI 对预测 CSM 的预后并不理想,发表在 European Radiology 上的一篇研究^[30]构建了基于 T2 加权像辐射特征的额外树模型,从最大压缩节段的脊髓横断面图像中提取特征,构建了四个模型,其中放射组特征模型(尤其是 wavelet-LL first-order 变量)是 CSM 预后最有价值的预测模型。Justin 等^[31,32]先后发表了两篇弥散基谱成像(diffusion basis spectrum imaging, DBSI)与 CSM 之间的关系,他认为 DBSI 可以评价 CSM 的严重性,也可以作为预测 CSM 长期预后的标志物。对于 CSM 预后这一传统热点问题,影像学技术的发展为其提供了更为精准的参考,但是其临床普及仍需足够时间,反之上述的一些涉及矢状面平衡参数和运动障碍的一些研究结论,则可以为预测 CSM 预后提供更具有现实指导意义的诊疗参考。

3.2 cOPLL 预后

最新一项多中心、前瞻性研究^[33]发现颈后路手术使 40% 的 cOPLL 患者颈椎和上肢功能改善,而生活质量改善仅为 21.4%。这是一项证据等级最高的多中心随机对照研究,提示我们要认识到颈后路手术结果的多样性,适当降低多节段 cOPLL 患者后路手术预期以避免不必要的临床医疗纠纷。cOPLL 常伴有硬膜骨化(dural ossification,

DO), DO 的存在使去除骨化物时极易发生脑液漏、脊髓损伤等并发症,因此术前从影像学中及时发现 DO 具有重要意义。Guan 等^[34]聚焦 DO,证实 DO 在后纵韧带段发生率高达 30.16%,相较于双边征(double-layer sign,DLS),PS 征(parenthese sign)和 HS 征(hook sign)能生动、直观地描述 DO 的影像学特征,其影像学诊断的敏感性为 89.47%,特异性为 81.82%。通过这些影像学指征,术者可以预判术中可能的硬脊膜损伤风险并做出相应准备措施,最大可能确保手术安全和预后。

4 人工智能广泛应用于颈椎退变性疾病诊疗

过去的一年我们可以看到人工智能在颈椎外科领域呈井喷式发展。比如:使用深度学习预测 ACDF^[35]及颈后路手术后并发症^[36];人工智能预测 ACDF 术后 ASD^[36];利用 MATLAB 平台基于矢状面磁共振图像自动量化颈椎间盘突出体积^[37]。比较有代表的意义是 Schwartz 等^[37]收集了 402 张智能手机拍摄的 ACDF 术后 X 线片,利用 275 张图像做训练集,利用卷积神经网络(convolution neural network,CNN)识别 15 种不同类型的 ACDF 钛板并进行分类,以达到识别钛板种类,用于术后翻修手术时工具的选择。我们可以看到相关研究尚处于起步阶段,聚焦的问题也比较浅显,笔者相信在未来几年人工智能会对颈椎外科领域无论是临床或者科研产生质变。

5 结语

过去的 2022 年颈椎退变性疾病相关临床问题涌现出了大量的研究,但是不可否认的是很多结论都是基于证据等级较低的横断面/回顾性观察研究,高质量的随机对照研究数量仍不多,且多为欧美国家发表的,国内却鲜有报道,这也是我们国内同行需要努力的方向。我们的总结尽量完善,但是由于文献量巨大,篇幅有限,笔者可能对某些问题更加侧重,所以总结难免有疏漏,望读者海涵。希望我们的总结可以为读者朋友们提供一些新的思考,对于临床问题有新的认识,对于科研有新的思路,预祝大家在未来有更新更多的突破。

6 参考文献

1. Mkorombindo T, Glassman SD, Gum JL, et al. Quantitative Romberg using a force plate: an objective measure for cervical myelopathy[J]. Spine J, 2022, 22(4): 535-541.
2. Koyama T, Fujita K, Iijima H, et al. Analysis of spastic gait in patients with cervical myelopathy using the timed up and go test with a laser range sensor[J]. Spine, 2022, 47(12): 892-898.
3. Hassanzadeh H, Bell J, Dooley E, et al. Evaluation of gait and functional stability in preoperative cervical spondylotic myelopathy patients[J]. Spine, 2022, 47(4): 317-323.
4. Xu Z, Zhou J, Wang J, et al. Analysis of time-space varia-

- tions during dynamic cervical spine motion in cervical spondylosis myelopathy patients[J]. Spine J, 2022, 22(11): 1857-1865.
5. Koyama T, Fujita K, Watanabe M, et al. Cervical myelopathy screening with machine learning algorithm focusing on finger motion using noncontact sensor[J]. Spine, 2022, 47(2): 163-171.
6. Rudisill SS, Hornung AL, Barajas JN, et al. Artificial intelligence in predicting early-onset adjacent segment degeneration following anterior cervical discectomy and fusion[J]. Eur Spine J, 2022, 31(8): 2104-2114.
7. Nguyen S, Sherrod BA, Paziuk TM, et al. Predictors of dysphagia after anterior cervical discectomy and fusion: a prospective multicenter study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(12): 859-864.
8. Joo PY, Zhu JR, Kammien AJ, et al. Clinical outcomes following one-, two-, three-, and four-level anterior cervical discectomy and fusion: a national database study[J]. Spine J, 2022, 22(4): 542-548.
9. Song J, Yi P, Wang Y, et al. The retropharyngeal steroid use during operation on the fusion rate and dysphagia after ACDF: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur Spine J, 2022, 31(2): 288-300.
10. Lambrechts MJ, D'Antonio ND, Karamian BA, et al. What is the role of dynamic cervical spine radiographs in predicting pseudarthrosis revision following anterior cervical discectomy and fusion[J]. Spine J, 2022, 22(10): 1610-1621.
11. Broida SE, Murakami K, Abedi A, et al. Clinical risk factors associated with the development of adjacent segment disease in patients undergoing ACDF: a systematic review[J]. Spine J, 2023, 23(1): 146-156.
12. Lim S, Bazydlo M, Macki M, et al. A matched cohort analysis of drain usage in elective anterior cervical discectomy and fusion: a michigan spine surgery improvement collaborative(MSSIC) study[J]. Spine, 2022, 47(3): 220-226.
13. Toci GR, Lambrechts MJ, Karamian BA, et al. Patients with radiculopathy have worse baseline disability and greater improvements following anterior cervical discectomy and fusion compared to patients with myelopathy[J]. Spine J, 2023, 23(2): 238-246.
14. Oshina M, Kawamura N, Hara N, et al. A propensity score-matched analysis of clinical outcomes between single-level and multilevel intervertebral decompression for cervical radiculopathy[J]. Spine, 2023, 48(4): 247-252.
15. Yu C, Wu Y, Zhang Z, et al. Comparative effectiveness and functional outcome of c2 dome-like expansive versus C2 expansive open-door laminoplasty for upper cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: a retrospective cohort study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(10): E448-e455.
16. Roth SG, Khan I, Chotai S, et al. Is it better to stop at C2

- or C3/4 in elective posterior cervical decompression and fusion[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(7): 565–573.
17. Chang MC, Kim GU, Choo YJ, et al. To cross or not to cross the cervicothoracic junction in multilevel posterior cervical fusion: a systematic review and meta-analysis [J]. Spine J, 2022, 22(5): 723–731.
 18. Guppy KH, Royse KE, Fennessy J, et al. No difference in reoperation rates for adjacent segment disease (operative adjacent segment disease) in posterior cervical fusions stopping at C7 versus T1/T2: a cohort of 875 patients–part 1 [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(3): 261–268.
 19. Obo T, Fujishiro T, Mizutani M, et al. Segmental cervical instability does not drive the loss of cervical lordosis after laminoplasty in patients with cervical spondylotic myelopathy [J]. Spine J, 2022, 22(11): 1837–1847.
 20. Seo J, Suk KS, Kwon JW, et al. Cervical foraminal stenosis as a risk factor for cervical kyphosis following cervical laminoplasty[J]. Spine J, 2022, 22(8): 1271–1280.
 21. Lin S, Lin T, Wu Z, et al. Does the asymmetry and extension function of the preoperative cervical paraspinal extensor predict postoperative cervical sagittal deformity in patients who undergo modified laminoplasty[J]. Spine J, 2022, 22(12): 1953–1963.
 22. Guo Q, Xu Y, Fang Z, et al. Clinical and radiological outcomes of two modified open-door laminoplasties based on a novel paraspinal approach for treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(6): E222–e232.
 23. 沈晓龙, 徐辰, 吴卉乔, 等. 颈后路单侧显露完全保留对侧椎旁肌的椎管扩大成形术治疗多节段退变性颈椎疾病的疗效观察[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2022, 32(5): 402–409.
 24. Qi M, Xu C, Liu Y, et al. Comparison of clinical outcomes between cervical disc arthroplasty and anterior cervical discectomy and fusion for the treatment of single-level cervical spondylosis: a 10-year follow-up study[J]. Spine J, 2022, 23(3): 361–368.
 25. Goedmakers CMW, de Vries F, Bosscher L, et al. Long-term results of the NECK trial: implanting a disc prosthesis after cervical anterior discectomy cannot prevent adjacent segment disease. 5-years clinical follow-up of a double-blinded randomised controlled trial[J]. Spine j, 2022, 23(3): 350–360.
 26. 雷润博, 李盼, 甘璐, 等. 单节段 Discover 人工颈椎间盘置换术与颈前路减压融合术治疗颈椎病的长期疗效对比[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2022, 32(8): 688–695.
 27. Shahi P, Vaishnav AS, Lee R, et al. Outcomes of cervical disc replacement in patients with neck pain greater than arm pain[J]. Spine J, 2022, 22(9): 1481–1489.
 28. Evaniew N, Charest-Morin R, Jacobs WB, et al. Cervical sagittal alignment in patients with cervical spondylotic myelopathy: an observational study from the canadian spine outcomes and research network[J]. Spine, 2022, 47(5): E177–e186.
 29. Gerdhem L, Charalampidis A, Gerdhem P. Patient-reported data as predictors of surgical outcome in patients with degenerative cervical myelopathy: analysis of a national multicenter dataset[J]. Spine, 2023, 48(2): 113–119.
 30. Zhang MZ, Ou-Yang HQ, Liu JF, et al. Predicting postoperative recovery in cervical spondylotic myelopathy: construction and interpretation of T2*-weighted radiomic-based extra trees models[J]. Eur Radiol, 2022, 32(5): 3565–3575.
 31. Zhang JK, Sun P, Jayasekera D, et al. Utility of diffusion basis spectrum imaging in quantifying baseline disease severity and prognosis of cervical spondylotic myelopathy [J]. Spine, 2022, 47(24): 1687–1693.
 32. Zhang JK, Jayasekera D, Javeed S, et al. Diffusion basis spectrum imaging predicts long-term clinical outcomes following surgery in cervical spondylotic myelopathy[J]. Spine J, 2022, 23(4): 504–512.
 33. Nagoshi N, Yoshii T, Egawa S, et al. Clinical indicators of surgical outcomes after laminoplasty for patients with cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: a prospective multicenter study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(15): 1077–1083.
 34. Guan J, Yuan C, Du Y, et al. Dural ossification associated with ossification of posterior longitudinal ligament in the cervical spine: a retrospective analysis[J]. Eur Spine J, 2022, 31(12): 3462–3469.
 35. Rodrigues AJ, Schonfeld E, Varshneya K, et al. Comparison of deep learning and classical machine learning algorithms to predict postoperative outcomes for anterior cervical discectomy and fusion procedures with state-of-the-art performance[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(23): 1637–1644.
 36. Shah AA, Devana SK, Lee C, et al. Machine learning-driven identification of novel patient factors for prediction of major complications after posterior cervical spinal fusion [J]. Eur Spine J, 2022, 31(8): 1952–1959.
 37. Fu S, Zhang C, Yan X, et al. A new automated ai-assisted system to assess cervical disc herniation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2022, 47(16): E536–E544.

(收稿日期:2023-02-22 末次修回日期:2023-08-05)

(本文编辑 彭向峰)