

颈后路关节突融合术研究进展

黄清奇^{1△} 林安强¹ 陈伟¹

[关键词] 颈椎病;后路手术;关节突融合

[中图分类号] R681.5 [文献标志码] A [文章编号] 1005-0205(2021)08-0084-05

颈椎病是由于颈椎椎间盘组织退行性改变及其继发病理改变,累及周围组织结构(神经血管压迫、韧带肥厚钙化、小关节增生等),从而引起一系列与影像学改变相应的临床表现的疾病^[1]。该病的外科手术治疗基本目的是对神经结构进行直接或间接的减压,手术方式多种多样,包括颈前路减压融合术(Anterior Cervical Decompression and Fusion, ACDF)、颈椎人工椎间盘置换术、颈后路单开门椎管成形术、经后路脊柱内镜下椎间孔扩大成形术等^[2]。然而,传统的颈前路手术后可能出现食管损伤、发声困难、神经损伤、血管损伤、邻近节段疾病、假关节形成等并发症^[2-4]。传统颈后入路手术则可导致肌肉韧带复合体的破坏而引起颈痛、僵硬、颈椎前凸等并发症^[5]。为最大限度减少传统手术在治疗上的并发症,Goel等提出一种用于治疗脊柱退变的手术——关节突融合术,该术式通过在颈椎关节突关节中放置内植物,撑开关节突以扩大椎间孔面积,从而对神经根和/或脊髓实现间接减压,同时由于施加于植入物上的压力可增加稳定性、促进关节突关节融合^[6-7]。笔者就此术式的分类、解剖学基础、相关影像学研究与疗效、临床运用等综述如下。

1 颈后路关节突融合术

1.1 开放式颈后路关节突融合术

Goel等^[6]报道了一种开放式颈后路关节突融合手术,即在俯卧位(头端抬高30°)颈椎牵引状态下,取颈椎后正中切口,去除致病节段的棘间韧带及关节突关节软骨,再使用1.5~4.0 mm宽的骨刀平端置入关节突关节,反复旋转至90°以撑开关节突关节,置入Goel颈椎关节突关节间隔器(Goel Cervical Facet Spacer),最后取自身髂骨植入关节面、椎板和棘突间。术后硬颈托保护下绝对制动3个月,促进间隔器的稳定及关节融合。Goel关节突关节间隔器是由钛金属

制成的圆形内植物,中心为空心状有助于骨融合,关节接触面为锯齿状有助于间隔器稳定。该间隔器直径为8 mm,高度2~4 mm,其中较常使用的高度为2.5~3.0 mm。类似的开放式颈后路关节突融合术内植物还有同种异体骨间隔器^[8-9],区别在于前者内植物是由钛金属制成的,后者是机械加工的纯同种异体骨,目前尚无大型对照研究对比两者适应证、稳定性、融合率等的区别。

1.2 经皮颈后路关节突融合术

McCormack等^[10]报道一种经皮颈后路关节突融合手术(DTRAX Facet System),其目的是通过微创方法对颈椎节段进行撑开。DTRAX Cage由2个钛组件组成:一个长13 mm的锥形钛螺钉和一个可扩张垫片。垫片由两块钛板在一端焊接而成,垫片内有用于置入螺钉的槽,垫片外附有向后方向的齿状突起。该手术通过在俯卧位颈椎牵引状态下,在手术节段水平以下2~3节段作距正中线1.5横指的小切口,用镊子/止血器扩张筋膜和肌肉,并用舌凿推进,经过侧块之间到达椎体后外缘建立通道。用齿状骨刀去除部分上、下侧块到达关节突关节,再用骨锉刀沿着通道置入,去除上、下关节突关节软骨。试模置入符合后,将大小合适的闭合垫片置入关节突关节间隙,随后将螺钉顺势旋入垫片内使其扩张,垫片八字形展开紧卡关节面,最后通过导管将6~8 mL同种异体骨或自体髂骨植入并覆盖关节突关节^[3,10],术后给予颈托制动。类似的经皮颈后路关节突融合术内植物还有带螺钉DTRAX Cage^[11-12],但不同之处在于带螺钉DTRAX Cage是通过将Cage直接楔入关节突关节之间达到撑开的目的,再用一枚螺钉将其锚定于上关节突。

2 颈后路关节突融合术的解剖学及生物力学基础

生物力学研究表明,颈椎关节突关节提供了抗剪切、牵张和横向弯曲的能力,双侧关节突关节可承担高达64%的轴向载荷^[5],同时关节突关节靠近颈椎运动的支点,骨密度高,抗拉强度高,其稳定性高于间隔器

¹ 福建省福清市第三医院骨科(福建 福清, 350300)

[△] 通信作者 E-mail: huangqingqiqi@163.com

在颈椎其他部位所提供的稳定性,进而可提高融合率^[6,13]。

研究证实颈后路关节突融合术的稳定性与侧块螺钉固定、ACDF 类似,三者都可以显著增加颈椎节段稳定性,但侧块螺钉在屈伸运动中稳定性最强,关节突融合术在侧屈、轴向旋转运动中最稳定^[11-12]。根据计算,与单独使用 ACDF 相比,在单/双节段 ACDF 中使用颈后路关节突融合术作为补充可使颈椎稳定性提高 6 倍^[11-12,14]。Maulucci 等^[9]将高度为 2、3、4 mm 的同种异体骨间间隔器放置于尸体颈椎标本,可分别使颈椎节段运动度减小约 18.5%~50.5%、51.5%~87.7%、85.8%~99.6%,颈后路关节突植入物高度与颈椎节段稳定性正相关。生物力学研究证实颈部后路的肌肉韧带复合体是维持颈椎前凸的重要结构,颈后路关节突融合术对颈椎肌肉韧带复合体破坏较小,该技术还可以通过经皮方式进行,避免打开椎板、切除后纵韧带及椎间盘,大大减少术后颈椎不稳的并发症^[5-6,10]。

颈椎后伸及椎间隙高度减小可加重颈椎神经根压迫,而颈椎屈曲及椎间隙高度增大则相反。Lu 等^[15]研究发现,椎间隙高度减小 1、2、3 mm 分别对应于椎间孔面积缩小 20%~30%、30%~40%、35%~45%。Yoo 等^[16]发现颈椎后伸 20°和 30°分别对应于椎间孔直径减少 10%和 13%,相当于椎间孔面积减少 19.0%和 24.3%。颈后路关节突融合术起的效果与颈椎牵引类似,通过增加椎间隙高度和面积以间接减压神经根^[10,17-18]。Leasure 等^[18]研究证实在双侧 DTRAX Cage 置入关节突关节术后,颈椎椎间孔在屈曲、伸展和轴向旋转的姿势中都可维持有效扩张。颈前路椎间移植物可造成融合节段的前凸角增加至少 5°,而颈后路关节突融合术不仅有助于减小前凸角,还可以增加椎间隙高度,抵消因前凸加大而导致的椎间孔狭窄^[6]。研究发现使用间隔器对患者进行关节突间撑开后,椎间盘高度恢复,减少了后纵韧带和黄韧带的屈曲压迫,增加了椎管横截面积,甚至颈椎病退变也发生了逆转^[6,19]。

3 颈后路关节突融合术的相关影像学研究及疗效

颈后路关节突融合术可显著增加椎间孔的高度和面积,从而间接减压,缓解症状。Tan 等^[8]通过暴露 4 例新鲜成年尸体的 C_{4~5}、C_{5~6}、C_{6~7} 关节突关节,置入长宽高为 8 mm×8 mm×(2~4)mm(具体高度由每个关节的解剖结构决定)同种异体骨间间隔器,发现 C_{4~5}、C_{5~6} 和 C_{6~7} 的平均椎间孔高度分别增加了 1.23、0.85 和 2.05 mm,平均椎间孔面积分别增加 18.48%、10.56% 和 26.12%,总平均椎间孔面积增加 0.097 mm²。Maulucci 等^[9]则分别用 2、3、4 mm 的同种异体骨间间隔器放置于尸体颈椎标本上,使椎间孔面

积平均增大了 5%、14%、20%。在尸体解剖研究中,关节突撑开高度与椎间孔面积正相关。Goel 等^[6]报道了 36 例开放式颈后路关节突融合术治疗脊髓型和神经根型颈椎病的经验,6~37 个月随访时动态 X 片示椎间孔高平均增加 2.2 mm,手术节段 100%融合,MR 影像上示椎间盘后突及黄韧带、后纵韧带对椎管挤压明显减少,椎管尺寸整体增大;所有患者 JOA、VAS 评分均明显改善,步态、力量、感觉、疼痛都有明显的好转。颈后路关节突融合术可影响颈椎整体生物力学,增加神经根型和脊髓型的外部空间,改善退变。

颈后路关节突融合术对椎间隙高度的恢复可随着随访时间的延长而逐渐丢失。McCormack 等^[10]对 60 例行经皮颈后路关节突融合术患者进行前瞻性研究,发现术后 6 个月时后椎间盘高度显著高于术前,但在术后 12 个月恢复至术前高度;前椎间盘高度在 12 个月时亦明显低于术前;术后 6 个月的椎间孔宽度和容积明显大于术前,分别增加 0.4 mm 和 4.2 mL,而在术后 12 个月均已恢复到术前水平。93%的患者治疗节段的关节突关节之间有骨小梁连接,所有患者治疗节段上的椎体间平移运动均小于 2 mm,83%的患者运动角度小于 5°;术后 12 个月 NDI(颈椎功能障碍指数)、VAS 评分均显著改善。Siemionow 等^[20]前瞻性研究 43 例经皮颈后路关节突融合术患者,术前与术后 6 个月、12 个月椎间孔高度分别为 9.20、9.65、9.55 mm,面积分别为 4.01、4.24、4.18 mm²,术后 6~12 个月的随访期间测量值有微小的下降。Siemionow 等^[13]另外一项 2 a 随访研究发现,经皮颈后路关节突融合术后 2 a 相对术前,前椎间盘、中椎间盘高度均未见明显改变,反而后椎间盘高度显著降低(2.6 mm 降至 2.1 mm),但影像学示融合率为 98.1%,颈椎、双上肢 VAS 评分及 NDI 评分均显著改善。研究证实,尽管颈后路关节突融合术后 12 个月椎间隙高度降低,甚至恢复至术前水平,手术能维持大约 12 个月的暂时性神经根减压。但若颈椎运动节段发生融合固定,在治疗神经根病变中可代替关节突间内植物所起的牵引作用,神经根症状的缓解便是永久的,即使是严重的椎间孔狭窄也是无症状的^[10]。

颈后路关节突融合术对颈椎曲度的影响尚有争议,Goel 等^[6]随访行颈后路关节突融合术的患者发现术后颈椎前凸角均有不同程度的减小。McCormack 等^[10]认为颈后路关节突融合术会导致颈椎局部前凸角减小,该术式有利于改善颈椎前凸,其发现经皮颈后路关节突融合术后 6 个月和 12 个月后局部前凸角与术前相比分别降低 1.4°和 1.6°,术后 6 个月时颈椎总前凸角度降低 1.7°。然而,也有研究认为颈后路关节突融合术并不改变颈椎曲度及矢状面参数(C₂~C₇ 矢状面

轴向垂直距离)^[21-22]。Tan 等^[23]回顾了 45 例颈后路关节突融合术的患者,术前、术后颈椎曲率指数分别为 5.76 和 6.17,颈椎颈椎前凸角分别为 35.6°和 33.6°(平均随访时间为 256.9 d),差异均无统计学意义,手术的节段数与两参数的改变差异亦无统计学意义,没有发现明显的颈椎前凸消失的证据。Siemionow 等^[13]随访 53 例经皮颈后路关节突融合术患者影像学变化,颈椎节段前凸、颈椎总前凸角术前分别约为 2.4°和 14.7°,术后 3 a 为 2.5°和 13.3°,差异均无统计学意义。产生不同手术结果可能与内植物的形状和材料以及手术方式不同有关,有待进一步对照研究。

4 颈后路关节突融合术的临床应用

4.1 适应证

颈后路关节突融合术治疗神经根型颈椎病是大多数研究者的共识,亦有部分研究者用于治疗脊髓型颈椎病。该术式可直接撑开关节突以扩大椎间孔面积,从而对神经根减压,减缓疼痛症状及神经根病变。Goel 等^[6]认为颈后路关节突融合术单独用于治疗轻中度椎间孔狭窄足以缓解其临床症状,并可用于治疗脊髓型颈椎病,因为椎间隙增宽的同时可减轻椎间盘突出及减少黄韧带、后纵韧带屈曲,从而减轻对脊髓的挤压。但颈后路关节突融合术的临床疗效是否与神经根受压部位(椎间孔入口区和出口区)及受压类型(软组织、骨赘)有关,完全减压神经根所需要的关节突间隔器的高度等仍需要进一步研究^[9,24]。

医源性椎间孔狭窄是颈椎后路手术中常见的并发症,该术式也可用于治疗 and 预防医源性椎间孔狭窄等。据报道后路颈椎融合术后发生医源性椎间孔狭窄的风险估计在 2.6%~50.0%之间,C₄₋₅后路手术使用器械治疗的患者 C₅神经根麻痹的风险是未使用器械患者的 11.6 倍^[5,8,25]。因此,行颈后路融合术时常需要预防性行椎间孔扩大成形术以减少神经根卡压的发生率^[26]。继发于类风湿关节炎等疾病导致的多节段颈椎畸形,行前路、后路或前后联合入路手术,亦常需预防椎间孔狭窄^[8]。颈后路关节突融合术是一个很好的补充选择,可预防椎间孔塌陷,减少因过度直接减压椎间孔而对螺钉的影响,提高融合率及稳定性^[8,11-12]。

假关节是 ACDF 术后持续疼痛的原因之一,颈后路关节突融合术常用于治疗 ACDF 术后假关节。有研究报道两个和多个节段 ACDF 术后假关节发生率可高达 18%和 60%^[11,27-28],对于症状性假关节传统的前路翻修容易加重组织瘢痕化,增加食管和喉返神经等关键结构并发症的风险;后路翻修术虽可破坏肌肉韧带复合体,但具有更高的融合率,它可提供一个新的融合部位。尽量减小二次手术的创伤亦是颈后路关节突融合术的优点^[29]。Smith 等^[3]采用单独经皮颈后路

关节突融合术治疗 16 例颈椎 ACDF 术后假关节,术后 12 个月有 15 例(94%)获得假关节融合,Kasliwal 等^[27]行颈后路关节突融合术联合侧块螺钉治疗的 19 例 ACDF 术后症状性颈椎假关节亦获得 100%融合率。在尽量保留后路组织的前提下,在双侧关节突间双侧放置内植物使其固定融合,是治疗 ACDF 术后颈椎假关节的有效方法。通过颈后路关节突融合术使椎间盘间隙的纤维性骨不连转化为桥接骨的机制尚不清楚,值得进一步研究。

颈后路关节突融合术也可用于侧块螺钉的替代选择^[30]。在治疗多节段颈椎病上,前路减压融合术有较高的不愈合率和较长时间的吞咽困难,后路多层椎板切除及椎间孔直接减压,会降低侧块螺钉的稳定性,颈后路关节突融合术可作为侧块螺钉的替代选择。Bou 等^[31]行颈后路关节突融合术+椎板切除用于治疗 4 例三节段以上脊髓型伴椎间孔狭窄颈椎病,术后 12 个月随访关节突融合率 100%,颈椎和双上肢 VAS 评分分别降低 6 分和 7 分,ODI 评分(Oswestry 功能障碍指数)改善 32%,神经根症状均完全消失。对于侧块螺钉固定或 ACDF 禁用的患者(包括侧块发育不良、颈椎先天性畸形等),也可以考虑采用颈后路关节突融合术代替^[12]。

4.2 禁忌证及并发症

尽管颈后路关节突融合术是否会造成颈椎整体和/或节段前凸尚不明确,但对于那些脊柱后凸或矢状面失平衡的患者,大多数研究者还是认为避免行此术式,以防关节突关节间隔器有可能导致或加重脊柱后凸^[3,10,23]。Lenzi 等^[32]认为颈后路关节突融合术最多能扩展约三分之一的椎间孔面积,考虑到颈神经根通常占椎间孔面积的三分之一,所以不适用于治疗已完全闭塞的重度椎间孔狭窄。亦有文献提到颈椎节段不稳定、明显的节段性骨融合为该手术禁忌证^[6,13]。

Siemionow 等^[33]回顾性研究 89 例经皮颈后路关节突融合术患者,仅发现 1 例 C₅神经根麻痹及 1 例因术后邻近节段疾病而再接受治疗,并发症发生率为 3.4%。Siemionow 等^[34]在另一项前瞻性多中心研究中,随访 53 例患者 2 a,发现 5.9%的接受双侧经皮颈后路关节突融合术患者发生邻近节段退变。McCormack 等^[10]认为,无论患者是单侧或双侧神经根性症状,关节突内植物均双侧放置,以防止颈椎融合失败,或者可能导致对侧椎间孔狭窄而引起神经根病变。颈后路关节突融合术是否会造成邻近椎间孔受压或颈椎后凸、内固定脱出、节段不稳定等,亦有待进一步随访研究。

4.3 经济效益

Smith 等^[3]发现经皮颈后路关节突融合术平均术

中失血量为 87.5 mL,手术时间为 103.5 min,住院时间为 1.4 d。Siemionow 等^[35]前瞻性对比 271 例单纯行经皮颈椎后路关节突融合术、ACDF 术后假关节行经皮颈椎后路关节突融合翻修术和 ACDF+经皮颈椎后路关节突融合术的围手术期数据,发现住院时间中位数分别为 1.1 d 和 1.2 d。单纯行经皮颈椎后路关节突融合术的患者术中失血量在三组中最多(75 mL),ACDF+经皮颈椎后路关节突融合术的平均手术时间最长(88 min)。相比其他开放手术的患者,颈后路关节突融合术手术时间及住院时间均明显缩短,术中出血量少,而且颈后路关节突融合术内固定相对较小,使用的材料相当简易,成本大大低于目前其他方式的颈椎内固定。另一方面,该手术避免了螺钉潜在的相关并发症,如损伤神经根、脊髓和椎动脉等^[11,36]。

参考文献

- [1] 中华外科杂志编辑部. 颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识(2018)[J]. 中华外科杂志, 2018, 56(6): 401-402.
- [2] CARIDI J M, PUMBERGER M, HUGHES A P. Cervical radiculopathy: a review[J]. HSS J, 2011, 7(3): 265-272.
- [3] SMITH W, GILLESPIE M, HUFFMAN J, et al. Anterior cervical pseudarthrosis treated with bilateral posterior cervical cages[J]. Oper Neurosurg (Hagerstown), 2018, 14(3): 236-242.
- [4] SASSO R C, ANDERSON P A, RIEW K D, et al. Results of cervical arthroplasty compared with anterior discectomy and fusion: four-year clinical outcomes in a prospective, randomized controlled trial[J]. Orthopedics, 2011, 34(11): 889.
- [5] 黄清奇, 刘少强, 梁珪清. 颈椎矢状面力线与平衡的临床意义研究进展[J]. 中华外科杂志, 2018, 56(8): 634-638.
- [6] GOEL A, SHAH A. Facetal distraction as treatment for single- and multilevel cervical spondylotic radiculopathy and myelopathy: a preliminary report[J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(6): 689-696.
- [7] GOEL A. Facet distraction spacers for treatment of degenerative disease of the spine: rationale and an alternative hypothesis of spinal degeneration[J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2010, 1(2): 65-66.
- [8] TAN L A, GERARD C S, ANDERSON P A, et al. Effect of machined interfacet allograft spacers on cervical foraminal height and area[J]. J Neurosurg Spine, 2014, 20(2): 178-182.
- [9] MAULUCCI C M, SANSUR C A, SINGH V, et al. Cortical bone facet spacers for cervical spine decompression: effects on intervertebral kinetics and foraminal area[J]. J Neurosurg Spine, 2016, 24(1): 69-76.
- [10] MCCORMACK B M, BUNDOC R C, VER M R, et al.

Percutaneous posterior cervical fusion with the DTRAX facet system for single-level radiculopathy: results in 60 patients[J]. J Neurosurg Spine, 2013, 18(3): 245-254.

- [11] VORONOV L I, SIEMIONOW K B, HAVEY R M, et al. Bilateral posterior cervical cages provide biomechanical stability: assessment of stand-alone and supplemental fixation for anterior cervical discectomy and fusion[J]. Med Devices (Auckl), 2016, 9: 223-230.
- [12] VORONOV L I, SIEMIONOW K B, HAVEY R M, et al. Biomechanical evaluation of DTRAX (R) posterior cervical cage stabilization with and without lateral mass fixation[J]. Med Devices (Auckl), 2016, 9: 285-290.
- [13] SIEMIONOW K, JANUSZ P, PHILLIPS F M, et al. Clinical and radiographic results of indirect decompression and posterior cervical fusion for single-level cervical radiculopathy using an expandable implant with 2-year follow-up[J]. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg, 2016, 77(6): 482-488.
- [14] HAH R J, ALLURI R, ANDERSON P A. Biomechanical analysis of an anterior cervical discectomy and fusion pseudarthrosis model revised with machined interfacet allograft spacers[J]. Global Spine J, 2020, 10(8): 973-981.
- [15] LU J, EBRAHEIM N A, HUNTOON M, et al. Cervical intervertebral disc space narrowing and size of intervertebral foramina[J]. Clin Orthop Relat Res, 2000, 370: 259-264.
- [16] YOO J U, ZOU D, EDWARDS W T, et al. Effect of cervical spine motion on the neuroforaminal dimensions of human cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1992, 17(10): 1131-1136.
- [17] CONSTANTOYANNIS C, KONSTANTINO D, KOURTOPOULOS H, et al. Intermittent cervical traction for cervical radiculopathy caused by large-volume herniated disks[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2002, 25(3): 188-192.
- [18] LEASURE J M, BUCKLEY J. Biomechanical evaluation of an interfacet joint decompression and stabilization system[J]. J Biomech Eng, 2014, 136(7): 0710101-0710108.
- [19] GOEL A. Interfacetal intra-articular spacers: emergence of a concept[J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2016, 7(2): 72-74.
- [20] SIEMIONOW K, JANUSZ P, GLOWKA P. Cervical cages placed bilaterally in the facet joints from a posterior approach significantly increase foraminal area[J]. Eur Spine J, 2016, 25(7): 2279-2285.
- [21] CHENG L, MCCORMACK B, EYSTER E F. Posterior cervical fusion utilizing cages placed bilaterally in the facets for the treatment of the upper cervical adjacent segment disease in the elderly[J]. J Clin Neurosci, 2019, 63: 149-154.
- [22] COFANO F, SCIARRONE G J, PECORARO M F, et al. Cervical interfacet spacers to promote indirect decompression

- sion and enhance fusion in degenerative spine; a review [J]. *World Neurosurg*, 2019, 126:447-452.
- [23] TAN L A, STRAUS D C, TRAYNELIS V C. Cervical interfacet spacers and maintenance of cervical lordosis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 22(5):466-469.
- [24] TANAKA N, FUJIMOTO Y, AN H S, et al. The anatomic relation among the nerve roots, intervertebral foramina, and intervertebral discs of the cervical spine[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(3):286-291.
- [25] TAKEMITSU M, CHEUNG K M, WONG Y W, et al. C₅ nerve root palsy after cervical laminoplasty and posterior fusion with instrumentation[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(4):267-272.
- [26] KATSUMI K, YAMAZAKI A, WATANABE K, et al. Can prophylactic bilateral C₄/C₅ foraminotomy prevent postoperative C₅ palsy after open-door laminoplasty? a prospective study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(9):748-754.
- [27] KASLIWAL M K, CORLEY J A, TRAYNELIS V C. Posterior cervical fusion using cervical interfacet spacers in patients with symptomatic cervical pseudarthrosis[J]. *Neurosurgery*, 2016, 78(5):661-668.
- [28] KRAMER S, ALBANA M F, FERRARO J B, et al. Minimally invasive posterior cervical fusion with facet cages to augment high-risk anterior cervical arthrodesis; a case series[J]. *Global Spine J*, 2020, 10(2 Suppl):S56-S60.
- [29] MCANANY S J, BAIRD E O, OVERLEY S C, et al. A meta-analysis of the clinical and fusion results following treatment of symptomatic cervical pseudarthrosis [J]. *Global Spine J*, 2015, 5(2):148-155.
- [30] LARATTA J L, GUPTA K, SMITH W D. Tissue-sparing posterior cervical fusion with interfacet cages; a systematic review of the literature[J]. *Global Spine J*, 2020, 10(2):230-236.
- [31] BOU M J, SIEMIONOW K B. Multilevel cervical laminectomy and fusion with posterior cervical cages [J]. *J Craniovertebr Junction Spine*, 2017, 8(4):316-321.
- [32] LENZI J, NARDONE A, PASSACANTILLI E, et al. Posterior cervical transfacet fusion with facetral spacer for the treatment of single-level cervical radiculopathy: a randomized, controlled prospective study[J]. *World Neurosurg*, 2017, 100:7-14.
- [33] SIEMIONOW K B, GLOWKA P, BLOK R J, et al. Perioperative complications in patients treated with posterior cervical fusion and bilateral cages [J]. *J Craniovertebr Junction Spine*, 2017, 8(4):342-349.
- [34] SIEMIONOW K, MONSEF J B, JANUSZ P. Preliminary analysis of adjacent segment degeneration in patients treated with posterior cervical cages: 2-year follow-up [J]. *World Neurosurg*, 2016, 89:730-731.
- [35] SIEMIONOW K, SMITH W, GILLESPIE M, et al. Length of stay associated with posterior cervical fusion with intervertebral cages; experience from a device registry[J]. *J Spine Surg*, 2018, 4(2):281-286.
- [36] CHURCH E W, HALPERN C H, FAUGHT R W, et al. Cervical laminoforaminotomy for radiculopathy: symptomatic and functional outcomes in a large cohort with long-term follow-up[J]. *Surg Neurol Int*, 2014, 5(Suppl 15):S536-S543.

(收稿日期:2021-01-01)