doi:10.11659/jjssx.04E025079

·骨科专栏·

脊髓型颈椎病术前颈长肌容积与前路椎间盘切除融合术疗效的关系

王磊鑫,田夏威,臧全金 (西安国际医学中心医院脊柱外科,陕西 西安 710100)

[摘 要] **目的** 探讨术前颈长肌容积与脊髓型颈椎病(CSM)患者颈椎前路椎间盘切除融合术(ACDF)疗效的关系。**方法** 选取2022年9月至2023年9月我院收治的151例拟行ACDF治疗的CSM患者,术前均接受磁共振(MRI)扫描测量颈长肌容积,根据术后12个月的手术疗效将患者分为疗效优秀组和疗效欠佳组。采用日本骨科协会(JOA)评分、颈椎病临床评价量表(CASCS)、颈椎功能障碍指数(NDI)评价患者颈椎功能恢复情况。采用*Pearson*分析术前颈长肌容积与术后颈椎功能的相关性。采用多因素*Logistic*回归分析影响CSM患者ACDF疗效的因素,采用受试者工作特征(*ROC*)曲线分析术前颈长肌容积预测CSM患者ACDF疗效的价值。**结果** 151例患者中失访2例,其余149例CSM患者中手术疗效优83例,良32例,可30例,差4例。疗效欠佳组患者术前颈长肌容积小于疗效优秀组($P<0.05$),术后JOA、CASCS评分低于疗效优秀组($P<0.05$),NDI评分高于疗效优秀组($P<0.05$)。CSM患者术前颈长肌容积与术后JOA、CASCS评分呈正相关($r=0.512$、0.423,$P<0.05$),与NDI评分呈负相关($r=-0.597$,$P<0.05$)。多因素*Logistic*回归分析显示,术后椎间隙高度增加、术前颈长肌容积较大是CSM患者ACDF疗效的保护因素($P<0.05$)。术前颈长肌容积预测CSM患者ACDF术后疗效的临界值为8 265.82 mm^3,曲线下面积为0.895,敏感度为90.70%,特异度为87.30%。**结论** CSM患者术前颈长肌容积偏小与ACDF疗效不佳有关,术前通过MRI测量颈长肌容积或可作为评估ACDF疗效的一个潜在参考指标。

[关键词] 脊髓型颈椎病;颈椎前路椎间盘切除融合术;颈长肌容积
[中图分类号] R681.5 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-04-15

Relationship between preoperative longus colli muscle volume and postoperative efficacy of anterior cervical discectomy and fusion in patients with cervical spondylotic myelopathy

WANG Lei-xin, TIAN Xia-wei, ZANG Quan-jin (Department of Spinal Surgery, Xi'an International Medical Center Hospital, Xi'an Shaanxi 710100, China)

Abstract: Objective To explore the relationship between preoperative longus colli muscle volume and the postoperative efficacy of anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) in patients with cervical spondylotic myelopathy (CSM). **Methods** A total of 151 CSM patients who scheduled to undergo ACDF treatment in our hospital from September 2022 to September 2023 were selected. All patients received magnetic resonance imaging (MRI) scans before surgery to measure the volume of the longus colli muscle. The patients were divided into the excellent efficacy group and the poor efficacy group according to the surgical efficacy at 12 months postoperatively. The Japanese Orthopaedic Association (JOA) score, clinical assessment scale for cervical spondylosis (CASCS), and neck disability index (NDI) were used to evaluate the recovery of the cervical spine function of patients. *Pearson* analysis was performed to assess the correlation between preoperative longus colli muscle volume and postoperative cervical spine function. Multivariate *Logistic* regression was used to

[基金项目] 陕西省科技计划项目(2021SF-105)
[通信作者] 田夏威,E-mail:745029303@qq.com

[16] 陈校明,刘 忠,唐新桥,等.人工股骨头置换术联合尺骨鹰嘴锁定钢板重建股骨大粗隆治疗老年股骨粗隆间骨折[J].中国骨与关节损伤杂志,2022,37(2):179-181.doi:10.7531/j.issn.1672-9935.2022.02.020.
[17] 马梓元,李康养,王 彬,等.股骨近端髓内钉内固定治疗股骨粗隆间骨折合并股骨大粗隆后方分离骨块的疗效分析[J].中国骨与关节损伤杂志,2023,38(2):126-130.doi:10.7531/j.issn.1672-9935.2023.02.004.
[18] Zhou H, Chen L, Su H, et al. Factors influencing periprosthetic bone mineral density in total knee arthroplasty: a systematic review[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2024, 144(5): 2273-2281. doi:10.1007/s00402-024-05308.
[19] Linde KN, Rytter S, Søballe K, et al. Component migration, bone mineral density changes, and bone turnover markers in cementless and cemented total knee arthroplasty: a prospective randomized RSA study in 53 patients with 2-year follow-up[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2022, 30(9): 3100-3113. doi:10.1007/s00167-022-06860-4.
[20] van Loon CJ, Oyen WJ, de Waal Malefijt MC, et al. Distal femoral bone mineral density after total knee arthroplasty: a comparison with general bone mineral density[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2001, 121(5):282-285. doi:10.1007/s004020000232.
[21] Ishii Y, Yagisawa K, Ikezawa Y. Changes in bone mineral density of the proximal femur after total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2000, 15(4):519-522. doi:10.1054/arth.2000.4639.

(编辑:魏 源)

analyze the factors affecting the therapeutic efficacy of ACDF in CSM patients. The *receiver operating characteristic* (*ROC*) curve was used to analyze the value of preoperative longus colli muscle volume in predicting the therapeutic efficacy of ACDF in CSM patients. **Results** Of the 151 patients, 2 were lost to follow-up. Among the remaining 149 CSM patients after ACDF, 83 had excellent outcome, 32 good, 30 acceptable, and 4 poor. In the poor efficacy group, the preoperative longus colli muscle volume was smaller than that in the excellent efficacy group ($P<0.05$), the postoperative JOA and CASCS scores were lower than those in the excellent efficacy group ($P<0.05$), while the NDI score was higher than that in the excellent efficacy group ($P<0.05$). The preoperative longus colli muscle volume in CSM patients was positively correlated with the postoperative JOA and CASCS scores ($r=0.512$, 0.423, $P<0.05$), and negatively correlated with the NDI score ($r=-0.597$, $P<0.05$). Multivariate *Logistic* regression analysis showed that increased postoperative intervertebral space height and larger preoperative longus colli muscle volume were protective factors for ACDF efficacy in patients with CSM ($P<0.05$). The critical value of preoperative longus colli muscle volume for predicting the postoperative efficacy of ACDF in CSM patients was 8 265.82 mm^3, with an *area under the curve* of 0.895, a sensitivity of 90.70%, and a specificity of 87.30%. **Conclusion** Smaller preoperative longus colli muscle volume in CSM patients is associated with poor efficacy of ACDF. Preoperative measurement of longus colli muscle volume by MRI may serve as a potential reference indicator for evaluating the efficacy of ACDF.

Keywords: cervical spondylotic myelopathy; anterior cervical discectomy and fusion; longus colli muscle volume

脊髓型颈椎病(cervical spondylotic myelopathy, CSM)是脊髓功能障碍的常见原因,其核心危害在于脊髓压迫导致的进行性神经功能损害,严重影响患者生活质量并带来沉重的社会经济负担[1]。颈椎前路椎间盘切除融合术(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)是治疗重症CSM的主流手术方法,可直接减轻脊髓间压迫,恢复椎间隙高度和稳定性,改善神经功能[2]。然而ACDF的疗效存在显著的个体差异,因此,探讨其关键影响因素及预测指标具有重要意义[3]。影像学是诊断CSM和评估ACDF疗效的主要手段,已有研究证实颈椎矢状位参数$C_{2\sim7}$ Cobb角变化量[4]、后凸矫正率[5]等与ACDF疗效有关,但目前关于ACDF疗效的研究仍以骨性结构参数为核心,对颈椎肌肉退变的关注不足。颈长肌位于颈椎前方深层,能协同维持颈椎前屈、侧屈及旋转稳定性,抵消颈部活动时的轴向应力[6]。颈长肌损伤及容积减少可削弱前路支撑,增加邻近节段椎间盘应力,导致椎间盘高度丢失,影响颈椎稳定性;已有研究显示颈长肌容积减少与慢性特发性颈部疼痛持续存在及加重有关[7]。但颈长肌病变情况是否会影响ACDF疗效尚不明确,鉴于此,本研究拟探讨术前颈长肌容积与CSM患者ACDF疗效的关系,旨在为制定个性化手术方案和精准康复策略提供循证医学依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2022年9月至2023年9月我院收治的151例CSM患者,其中男92例,女59例,年龄50~69岁,平均(59.89±8.93)岁,手术节段:$C_{2\sim3}$ 22例、$C_{4\sim5}$ 48例、$C_{5\sim6}$ 56例、$C_{6\sim7}$ 25例。纳入标准:①符合CSM诊断标准[8];②日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分≤12分[9];③保守治疗无效,拟接受单节段ACDF,应用椎间融合器及钛板内固定;④年龄≥18周岁;⑤术后随访时间≥1年。排除标准:①神经根型、椎动脉型等非脊髓型颈椎病;②颈椎后纵韧带骨化症、弥漫性特发性骨肥厚;③合并颈椎肿瘤、感染或结核;④接受颈椎后路手术或翻修手术;⑤术前磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)显示颈长肌完全萎缩;⑥颈椎严重畸形;⑦存在严重心、肺、肝、肾功能不全;⑧合并糖尿病、类风湿关节炎、多发性肌炎等影响肌肉代谢的疾病;⑨长期使用糖皮质激素或免疫抑制剂。本研究遵循《赫尔辛基宣言》原则,已获得我院伦理委员会批准(批准号:20220913)。

1.2 磁共振检查

所有患者术前均接受MRI检查,仪器为3.0T全身MRI系统(美国GE公司,型号Discovery MR750)配备8通道头颈联合相控阵线圈。患者平躺,扫描范围自C_3椎体下缘至T_1椎体上缘。分别行T1加权三维脂肪抑制容积成像(重复时间/回波时间5.2 ms/2.5 ms,翻转角10°,视野240 mm×240 mm,矩阵256×256,层厚1.0 mm)和T2加权快速自旋回波扫描(重复时间/回波时间3 000 ms/90 ms,层厚3.0 mm,间距0.3 mm,矩阵320×224,视野240 mm×240 mm)。获取手术节段图像,应用ITK-SNAP处理图像,在轴位T2WI图像上逐层手动勾勒颈长肌轮廓,内侧以椎体前缘为界,外侧以颈动脉鞘后缘为界,背侧以椎前筋膜为界,前侧以椎体前缘为界,软件自动生成颈长肌三维模型,计算颈长肌容积。以上由我院2名高年资影像科医师独立测量,测量3次,取平均值。

1.3 ACDF方法

所有患者接受单节段ACDF,取仰卧位,肩下垫软枕使颈部轻度后伸,Mayfield头架固定头部,于左侧颈前C_5水平做1个长度为3~4 cm的横切口,逐层切开皮肤,钝性分离胸锁乳突肌与气管食管鞘间隙,结扎甲状腺中静脉,牵开颈动脉鞘与内脏鞘,显露椎前筋膜,C型臂X射线机透视定位目标椎间盘。环形切开纤维环,髓核钳清除髓核组织,Caspar撑开器恢复椎间隙高度,高速磨钻去除软骨终板,对合并钙化或骨化的后纵韧带行全层切除。磨钻清除软骨终板,保留骨性终板完整性,取自体髂骨或同种异体松质骨修剪成碎粒后紧密填充入钛网融合器,植入融合器。选择长度可覆盖上下椎体的锁定钢板,植入螺钉,C型臂X射线机确认融合器与终板平行,螺钉位置及钢板稳定性完好,生理盐水冲洗,放置引流管,彻底止血后缝合。术后引流管放置24~48 h,每天引流量<50 mL时拔管。术后予以颈托固定。术后第1天行床边坐起训练,术后1周行颈椎前屈、后伸活动训练,术后6周去掉颈托,逐步恢复日常活动。

1.4 观察指标

术后12个月根据Odom标准[10]将疗效分为优、良、可、差,将疗效为优的患者纳入疗效优秀组,将疗效为良、可、差的患者纳入疗效欠佳组。

术后12个月采用JOA评分、颈椎病临床评价量表(clinical assessment scale for cervical spondylosis,CASCS)、颈椎功能障碍指数(neck disability index,NDI)评价患者颈椎功能恢复情况。JOA评分总分0~17分,评分越低颈椎功能越差。CASCS评分总分0~100分,分数越高症状越轻[11]。NDI评分总分0~20分,分值越高症状越重[12]。

记录患者年龄、性别、吸烟史、饮酒史、CSM病程、是否伴骨质疏松、手术节段、植骨材料、术后$C_{2\text{-}7}$Cobb角、术后椎间隙高度增加、术后并发症(感染、脑脊液漏)等情况。

1.5 统计学分析

采用软件SPSS 29.0分析数据,呈正态分布的连续变量以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,使用*Student-t*检验。分类变量以率(%)表示,使用χ^2检验。采用*Pearson*分析术前颈长肌容积与术后颈椎功能的相关性。采用多因素*Logistic*回归分析影响CSM患者ACDF疗效的因素,采用受试者工作特征(*receiver operating characteristic*,*ROC*)曲线分析颈长肌容积预测CSM患者ACDF疗效的价值。检验水准α=0.05,以*P*<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者颈长肌容积比较

151例患者中失访2例,手术疗效优83例,良32例,可30例,差4例。疗效欠佳组患者术前颈长肌容积(7 942.38±206.42)mm^3,疗效优秀组患者术前颈长肌容积(8 835.16±396.35)mm^3,疗效欠佳组患者术前颈长肌容积小于疗效优秀组(t=16.590,*P*<0.05)。

2.2 2组患者颈椎功能恢复情况

疗效欠佳组患者术后JOA、CASCS评分均低于疗效优秀组(*P*<0.05),NDI评分高于疗效优秀组(*P*<0.05),见表1。

表1 2组患者颈椎功能恢复情况($\bar{x}\pm s$,分)

组别	n	JOA评分	CASCS评分	NDI评分
疗效欠佳组	66	14.02±1.24	70.95±13.64	8.34±2.06
疗效优秀组	83	15.11±0.93	82.54±15.09	5.32±1.24
t		6.130	4.858	11.074
P		<0.001	<0.001	<0.001

2.3 颈长肌容积与术后颈椎功能的相关性

CSM患者术前颈长肌容积与术后JOA、CASCS评分呈正相关(r=0.512、0.423,*P*<0.05),与NDI评分呈负相关(r=−0.597,*P*<0.05),见图1。

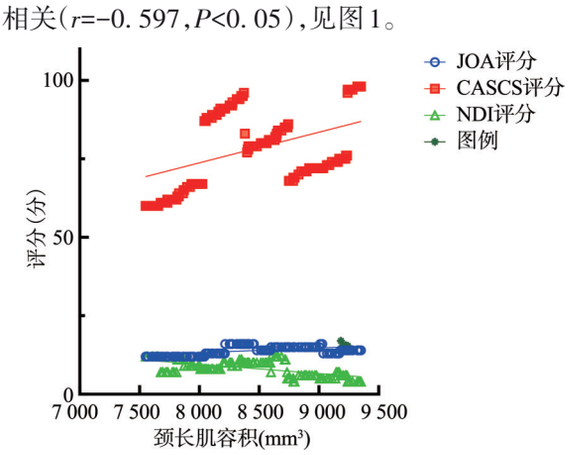


图1 多变量相关性散点图

2.4 影响CSM患者ACDF疗效的因素

疗效欠佳组患者术后$C_{2\text{-}7}$Cobb角、术后椎间隙高度增加小于疗效优秀组(*P*<0.05),2组患者年龄、性别、吸烟史、饮酒史、CSM病程、骨质疏松、手术节段、植骨材料、术后并发症比较,差异无统计学意义(*P*>0.05),见表2。以CSM患者ACDF疗效为因变量(赋值:0=优秀,1=欠佳),以术后$C_{2\text{-}7}$Cobb角、术后椎间隙高度增加、术前颈长肌容积为自变量,构建多因素*Logistic*回归方程,校正年龄、性别、CSM病程、骨质疏松等混杂因素后,最终结果显示术后椎间隙高度增加、术前颈长肌容积较大是CSM患者ACDF疗效的保护因素(*P*<0.05),见表3。

表2 2组患者基线资料比较

项目		疗效欠佳组（n=66）	疗效优秀组（n=83）	t/χ^2	P
年龄(岁)		59.32±8.11	60.35±6.09	0.885	0.389
性别[例(%)]	男	35(53.03)	55(66.27)	2.692	0.101
	女	31(46.97)	28(33.73)		
吸烟史[例(%)]		20(30.30)	35(42.17)	2.223	0.136
饮酒史[例(%)]		16(24.24)	29(34.94)	1.996	0.158
CSM病程(年)		1.23±0.24	1.16±0.19	1.935	0.055
骨质疏松[例(%)]	是	13(19.70)	26(31.33)	2.573	0.109
	否	53(80.30)	57(68.67)		
手术节段[例(%)]	$C_{2\sim3}$	8(12.12)	13(15.66)	0.627	0.890
	$C_{4\sim5}$	20(30.30)	27(32.53)		
	$C_{5\sim6}$	26(39.39)	30(36.14)		
	$C_{6\sim7}$	12(18.19)	13(15.67)		
植骨材料[例(%)]	自体骨	51(77.27)	62(74.70)	0.133	0.715
	同种异体骨	15(22.73)	21(25.30)		
术后并发症[例(%)]	感染	2(3.03)	6(7.23)	1.276	0.259
	脑脊液漏	1(1.52)	3(3.61)		
术后$C_{2\sim7}$Cobb角(°)		11.65±2.14	14.32±2.96	6.158	<0.001
术后椎间隙高度增加(mm)		2.76±0.41	3.35±0.51	7.637	<0.001

表3 影响CSM患者ACDF疗效的多因素*Logistic*回归方程

变量	β	SE	Waldχ^2	OR(95%CI)	P
术后$C_{2\sim7}$Cobb角	0.303	0.272	1.241	1.353(0.794～2.307)	0.763
术后椎间隙高度增加	−0.542	0.261	4.312	0.582(0.349～0.970)	0.001
术前颈长肌容积	−0.461	0.168	7.529	0.630(0.454～0.877)	<0.001

2.5 颈长肌容积预测CSM患者ACDF疗效的价值

术前颈长肌容积预测CSM患者ACDF疗效的临界值为8 265.82 mm^3，曲线下面积为0.895(0.834～0.939)，敏感度为90.70%，特异度为87.30%，约登指数为0.780，见图2。

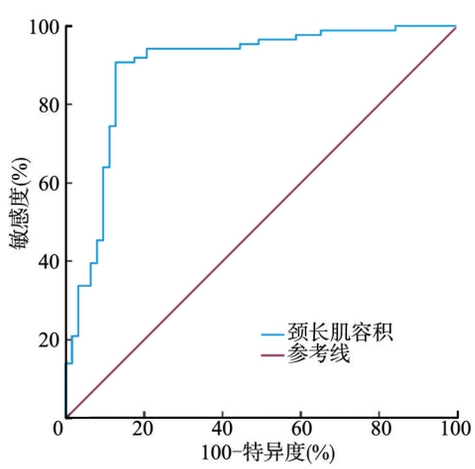


图2 颈长肌容积预测CSM患者ACDF疗效的*ROC*曲线

3 讨论

颈椎肌群是维持颈椎动态稳定的核心，其功能障碍可引发生物力学失衡，加速结构退变并加重脊髓压迫。本研究通过MRI量化CSM患者术前颈长肌容积，发现其与ACDF疗效密切相关，术前颈长肌容积缩小可能导致ACDF疗效欠佳。颈长肌作为颈椎前柱深层核心肌群，通过等长收缩维持颈椎前屈稳定，承担约20%的颈椎轴向载荷，其弹性特性可缓冲颈部活动的瞬时冲击，对前柱稳定至关重要[13-14]。在CSM进展中，慢性劳损或神经支配异常可导致颈长肌脂肪浸润及容积缩小，引发前柱支撑力下降，椎间盘及终板应力异常，加剧脊髓压迫；同时诱发颈后肌群负荷代偿性增加，形成前后柱双重失稳，进一步破坏颈椎平衡，加重椎管狭窄，推动CSM进展[15]。影像学研究亦证实，CSM患者存在$C_{4\sim7}$椎旁肌肉脂肪浸润加重及双侧颈长肌萎缩[16]，提示颈长肌容积缩小与CSM发病相关。

尽管ACDF前路钢板提供了静态稳定性，但术后融合节段运动功能丧失，邻近节段生物力学负荷显著增加，此时颈长肌作为关键动态稳定结构主要通过以下几个方面影响手术疗效：一是削弱前柱支撑功能，降低颈椎前屈刚度，导致手术节段稳定性下降，邻近节段负荷代偿性升高，加速椎间盘退变；二是颈长肌容积偏小会导致肌梭密度减少，本体感觉精度降低，颈部位置误差增加，影响术后运动协调性，阻碍神经功能恢复；三是脂肪浸润释放炎症因子及P物质，诱发神经根炎症及疼痛敏化，导致术后轴性疼痛，影响恢复；四是术后邻近节段活动代偿性增加，萎缩的颈长肌无法提供足够的动态稳定缓冲，加速内固定应力集中及邻近节段病变。若颈长肌容积缩小可导致出现轴性疼痛、颈部功能障碍、颈肩部酸痛、上肢麻木等相关症状，严重影响患者术后康复效果。

本研究结果显示，术前颈长肌容积较大是ACDF疗效更佳的独立保护因素，且与术后JOA、CASCS评分呈正相关，与NDI评分呈负相关，提示其可直接影响手术预后。操作时，牵拉器长时间压迫及神经丛损伤可导致颈长肌缺血再灌注损伤及失神经性萎缩；术后刚性固定改变力学负荷，既降低颈长肌生理性动态负荷，又迫使其持续收缩维持稳定，易引发慢性疲劳性损伤，进一步加速容积缩小[17]。同时，颈长肌容积缩小会削弱颈椎稳定性，诱发轴性症状、融合器沉降等，本研究中疗效欠佳组患者术前颈长肌容积显著偏低的结果证实了这一点。此外，术前容积偏小者多存在肌纤维萎缩及脂肪浸润，抗牵拉、微循环储备及修复能力均下降，术中更易发生不可逆损伤，制约术后恢复。结合Sun等[18]的研究结论，ACDF术后颈长肌容积较术前显著缩小，且颈长肌容积与颈部功能障碍程度呈正相关，进一步支持术前颈长肌基础状态对术后疗效具

有重要影响。

本研究*ROC*分析显示,颈长肌容积预测ACDF疗效的临界值为8 265.82 mm^3,曲线下面积为0.895,提示低于该临界值的患者需警惕不良结局。临床可通过术前MRI建立颈长肌退变分级,筛选高危患者,术中缩短牵拉时间,加强神经监测,避免损伤颈丛神经,术后开展颈长肌激活训练,促进退变肌肉再生,修复受损肌肉组织,从而提高ACDF疗效。回归分析显示,术后椎间隙高度增加也与疗效相关,原因为术后椎间隙高度增加可恢复颈椎生理前凸,改善生物力学环境,减轻相邻节段异常应力。

综上,ACDF疗效不佳的CSM患者术前颈长肌容积偏小,术前通过MRI测量颈长肌容积能有效预测ACDF疗效。本研究为ACDF术前精准评估提供了新的方法和指标,但本研究也存在不足之处:首先,样本量偏小且为单中心,可能存在选择偏倚,未来需开展多中心、大样本研究增强结果可靠性。其次,本研究仅聚焦于术前颈长肌容积单一软组织指标,未考量其他颈部肌群及软组织力学平衡,需进一步探究交互作用机制,构建更全面的术前评估模型。另外,本研究收集的临床资料有限,可能遗漏其他潜在危险因素,颈长肌容积与手术疗效的关联性仍有待在更大样本量、前瞻性对照设计且对混杂因素实施更严格控制的后续研究中加以深入验证。

[参考文献]

[1] Sharma S, Sial A, Sima S, et al. Clinical signs and symptoms for degenerative cervical myelopathy: a scoping review of case-control studies to facilitate early diagnosis among healthcare professionals with stakeholder engagement[J]. Spinal Cord, 2025, 63(3): 171-180. doi: 10.1038/s41393-025-01065-1.

[2] Chen L, Zhang Z, Li J, et al. Meta-analysis of treatment for adjacent two-segment cervical spondylotic myelopathy: a comparison between anterior cervical corpectomy and fusion and anterior cervical discectomy and fusion[J]. Global Spine J, 2025, 15(3): 1839-1848. doi: 10.1177/21925682241297586.

[3] Xiao J, Deng G, Ling H, et al. Constructing a nomogram model for patients with cervical spondylotic myelopathy[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 8901. doi: 10.1038/s41598-025-93703-0.

[4] 汤 洋,黄 觅,胡 敏,等. 脊髓型颈椎病经ACDF术后临床疗效与颈椎矢状位参数变化的相关性分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(9): 932-934. doi: 10.7531/j.issn.1672-9935.2021.09.011.

[5] 陆海涛,于海洋,张 伟,等. 伴颈椎后凸畸形的脊髓型颈椎病影像学特征与手术疗效分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2024, 38(5): 542-549. doi: 10.7507/1002-1892.202402018.

[6] 章书豪,陈 衍,厉浩斌,等. 颈长肌血管来源与分布及临床意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2023, 33(7): 639-643. doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2023.07.09.

[7] Snodgrass SJ, Stanwell P, Weber KA, et al. Greater muscle volume and muscle fat infiltrate in the deep cervical spine extensor muscles (multifidus with semispinalis cervicis) in individuals with chronic idiopathic neck pain compared to age and sex-matched asymptomatic controls: a cross-sectional study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 973. doi: 10.1186/s12891-022-05924-3.

[8] 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. doi: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2018.06.001.

[9] Fehlings MG, Wilson JR, Kopjar B, et al. Efficacy and safety of surgical decompression in patients with cervical spondylotic myelopathy: results of the AOSpine North America prospective multi-center study[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(18): 1651-1658. doi: 10.2106/JBJS.L.00589.

[10] 邱 颖,廖 静,徐祖琳,等. 退行性脊髓型颈椎病患者术前颈椎矢状面参数与临床结局的相关性[J]. 广西医科大学学报, 2023, 40(7): 1218-1223. doi: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2023.07.021.

[11] 张鸣生,许伟成,林仲民,等. 颈椎病临床评价量表的信度与效度研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2003, 25(3): 151-154. doi: 10.3760/j:issn:0254-1424.2003.03.007.

[12] 伍少玲,马 超,伍时玲,等. 颈椎功能障碍指数量表的效度与信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(7): 625-628. doi: 10.3969/j.issn.1001-1242.2008.07.017.

[13] Li Z, Zhang B, Fang B, et al. Finite element analysis of a three-dimensional cervical spine model with muscles based on CT scan data[J]. Comput Methods Biomech Biomed Engin, 2025, 28(16): 2463-2473. doi: 10.1080/10255842.2024.2373928.

[14] Prodoehl J, Pathak R, Glavanovits J, et al. Promoting longus colli muscle activation: force direction in sitting matters[J]. Musculoskelet Sci Pract, 2025, 76: 103269. doi: 10.1016/j.msksp.2025.103269.

[15] Sono T, Ijiri K, Kakehi K, et al. The cross-sectional areas and anterior-posterior balance of the cervical paraspinal muscles in dropped head syndrome and cervical spondylotic myelopathy: a propensity score-matched analysis[J]. JOR Spine, 2025, 8(1): e70047. doi: 10.1002/jsp2.70047.

[16] Hou X, Lu S, Wang B, et al. Morphologic characteristics of the deep cervical paraspinal muscles in patients with single-level cervical spondylotic myelopathy[J]. World Neurosurg, 2020, 134: e166-e171. doi: 10.1016/j.wneu.2019.09.162.

[17] 杨 帅,郭 柱,相宏飞,等. 颈椎前路椎间盘切除融合术后颈长肌、颈伸肌变化与临床疗效的相关性[J]. 中华骨科杂志, 2022, 42(2): 111-120. doi: 10.3760/cma.j.cn121113-20210728-00486.

[18] Sun C, Xiang H, Wu X, et al. The influence of anterior cervical discectomy and fusion surgery on cervical muscles and the correlation between related muscle changes and surgical efficacy[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 187. doi: 10.1186/s13018-024-04605-2.

(编辑:魏 源)