

胸廓出口综合征的诊断治疗进展

项杰, 陈肖肖, 王章富, 陈伟富, 陈海啸
(浙江省台州医院, 浙江 临海 317000)

【摘要】 胸廓出口综合征(thoracic outlet syndrome, TOS)是指臂丛神经或者锁骨下动脉或者锁骨下静脉在胸廓出口受到卡压而出现的一些列症状。可分为神经型 TOS、静脉型 TOS 和动脉型 TOS, 其中神经型 TOS 最为常见。TOS 的临床表现非常多样, 并且缺乏确诊性的检查方法, 因此诊断应结合详细的病史、查体及相关的辅助检查。保守治疗和手术治疗均适用于 TOS, 并且都能获得较好的预后。神经型 TOS 首选保守治疗, 对于有症状的血管型 TOS 和保守治疗失败的神经型 TOS, 应尽早手术。

【关键词】 胸廓出口综合征; 诊断; 治疗; 综述文献

中图分类号: R681

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.02.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Progress in diagnosis and therapy of thoracic outlet syndrome XIANG Jie, CHEN Xiao-xiao, WANG Zhang-fu, CHEN Wei-fu, and CHEN Hai-xiao. Taizhou Hospital of Zhejiang Province, Linhai 317000, Zhejiang, China

ABSTRACT Thoracic outlet syndrome (TOS) are constellation of symptoms caused by compression of the neurovascular bundle including the brachial plexus, the subclavian artery and the subclavian vein at the thoracic outlet region. It includes neurogenic TOS, venous TOS, arterial TOS, and neurogenic TOS is the most common type. TOS has varied manifestations and lack of confirmatory testing, therefore, the diagnosis should be combination with thorough history, physical examination and associated supplementary examinations. Conservative and surgical treatment can be choosed for TOS and the outcomes are generally good. Conservative management is the initial treatment strategy for neurogenic TOS. In cases of symptomatic vascular TOS and neurovascular TOS, which has been failed by conservative treatment, surgery should be considered more promptly.

KEYWORDS Thoracic outlet syndrome; Diagnosis; Therapy; Review literature

胸廓出口综合征(thoracic outlet syndrome, TOS)是指在胸廓出口处, 由于某种原因导致臂丛神经或锁骨下动脉或锁骨下静脉受压迫而产生的一系列上肢神经、血管症状的统称。临床表现主要有肩、臂及手部出现疼痛, 麻木, 无力, 甚至肌萎缩, 手部发冷、清紫, 桡动脉搏动减弱、消失等。虽然对这类疾病的了解在不断加深, 治疗也在不断进步, 但是由于其临床表现多样, 缺乏特征性表现及客观的诊断标准, 对其诊治仍存在较大争议。

1 解剖

胸廓出口是指锁骨和第 1 肋骨之间, 锁骨上窝至腋窝之间的区域, 包含了 3 个可能受到压迫的重要结构: 臂丛神经、锁骨下动脉、锁骨下静脉。压迫可发生在胸廓出口上的 3 个不同区域: 斜角肌三角间隙、肋锁间隙、胸小肌后间隙。

斜角肌三角间隙由前方前斜角肌、后方中斜角肌和底部第 1 肋骨构成, 它包含了臂丛的上、中、下

干和锁骨下动脉。该间隙是神经型 TOS 最常见的压迫部位^[1]。斜角肌近端肌纤维完全包绕 C₅ 和 C₆ 神经根, 两者相互交叉造成神经的动态压迫, 最终出现上臂丛神经卡压症状。

肋锁间隙由前方的锁骨、锁骨下肌、肋喙韧带, 后方的第 1 肋骨和前、中斜角肌, 侧方的肩胛骨构成, 它包含了臂丛的各个束、锁骨下动脉和静脉。该间隙是动脉型 TOS 最常见的压迫部位^[1], 锁骨下动脉位于锁骨下静脉前方并且被臂丛的 3 个束包绕。

胸小肌后间隙位于喙突下方, 它前方为胸小肌, 后方为肩胛下肌, 底部为第 2~4 肋骨, 该间隙包含了臂丛的各个束、腋动脉和静脉。

2 病理生理

TOS 的病理生理归因于胸廓出口的独特解剖。青少年脊柱的生长速度要快于上肢, 造成了肩胛骨下沉, 这使得胸廓出口区域的神经血管容易受到压迫。这种认识对 TOS 病因的理解是非常有价值的, 因为它强调了该解剖区域本身就存在易压迫性。目前认为, 大多数 TOS 的病因是基于解剖因素上合并颈部损伤, 损伤可以是单次的急性创伤, 也可以是反

通讯作者: 陈海啸 E-mail: xzmcgb@163.com

Corresponding author: CHEN Hai-xiao E-mail: xzmcgb@163.com

复的慢性损伤,造成 TOS 的解剖因素可分为两类,一类是软组织性异常,约占 70%;另一类是骨性异常,约占 30%^[2]。

2.1 软组织性异常

斜角肌起止点变异、斜角肌肥厚、小斜角肌、异常韧带或束带、软组织肿块、创伤后瘢痕形成等都可使胸廓出口间隙狭窄,使神经、血管受到卡压。在对廓出口的解剖研究中发现了小斜角肌的存在,它起于 C_{6,7} 横突前后结节,穿过第 1 肋、锁骨下动脉和 T₁ 神经根,止于第 1 肋内侧面、中斜角肌的后内侧,胸小肌的出现率变异较大,文献报道其出现率为 7.8%~74.7%^[3]。

2.2 骨性异常

颈肋、C₇ 横突过长、第 1 肋骨形态异常、锁骨或第 1 肋骨骨折畸形愈合、肩锁关节或胸锁关节创伤性脱位、骨肿瘤等。颈肋是 TOS 的诱发因素,但它并非总会导致 TOS 的发生。80% 伴颈肋的 TOS 患者在外伤后出现症状加重,通常有巨大颈肋并与第 1 肋骨相融合^[4]。肋骨一般不会导致压迫,但是附着在肋骨上的韧带或束带可能会导致压迫。

3 临床表现及分型

TOS 临床表现非常多样,缺乏特异性表现,根据神经和血管受压部位及程度的不同而产生各不相同的症状。可分为神经型 TOS 和血管型 TOS。神经型 TOS 占 90%~95%,血管型 TOS 又分为静脉型 TOS 和动脉型 TOS,其中静脉型约占 5%,动脉型非常少见,占 1% 以下^[5]。

神经型 TOS 通常表现为上肢的乏力、麻木、感觉异常、非神经根性疼痛。症状通常持续存在,反复上举活动或持续性使用上肢可加重症状。典型的神经型 TOS 表现手内在肌萎缩和前臂内侧、尺侧皮肤感觉异常。

静脉型 TOS 以上肢极度肿胀为特征性表现。锁骨下静脉受压时可出现患肢肿胀,手和前臂发绀变色,上肢和胸壁浅静脉曲张,通常有上肢、胸部、肩部深部痛,伴随上肢活动后沉重感加重。腋静脉创伤性血栓形成综合征(Paget-Schroetter syndrome)是静脉型 TOS 的一种,多见于年轻患者及需要重复进行上臂和肩部活动的竞技运动员,是由于锁骨下静脉反复损伤而导致血栓形成。

动脉型 TOS 十分少见,一旦发生后果较为严重。锁骨下动脉受压时可出现患肢疼痛、无力、湿冷、苍白、感觉异常、桡动脉搏动减弱等。长时间受压引起动脉内膜损伤,继发血栓形成、远端血管栓塞、动脉瘤形成,严重者甚至出现肢体缺血坏死。也可表现为单侧肢体的雷诺样现象,即患肢出现不定期苍白、

红斑以及手部或手指远端发绀。

4 诊断

TOS 较为少见,其临床表现非常复杂多样,易被误诊为其他疾病。患者可出现单侧或者双侧压迫症状,或者同时出现神经、血管均受压迫的混合症状,无疑增加了诊断的难度。TOS 的诊断应基于临床病史和体格检查,但是由于大多数患者症状不典型,所以通常需要影像学检查来进一步明确诊断,并为治疗提供准确的压迫部位。

4.1 激发试验

激发试验产生的病理生理机制可能是通过影响胸廓出口神经血管束来实现的,是最主要的早期诊断方法。(1)Adson 试验:可明确斜角肌三角间隙的狭窄情况,有报道指出该试验假阳性率达 13.5%^[6]。(2)Wright 试验:能拉伸喙突下神经血管束,敏感性 70%~90%,特异性 29%~53%^[7]。Gillard 等^[7]指出 7% 正常人在完成该试验时也会出现桡动脉搏动减弱或消失。(3)Roos 试验:能缩小肋锁间隙,最重要的是它可以反应上肢目前的功能。(4)Eden 试验:通过增加肋锁间隙的闭合程度并使胸小肌处于紧张状态,诱发神经血管性疼痛。在腕管综合征患者中,该试验假阳性率可达 48%^[6]。

激发试验依赖于患者的主观症状,因此具有较高的假阳性率。多种试验联合能增加特异性,降低假阳性率^[8]。Gillard 等^[7]发现 Adson 试验和 Roos 试验的特异性分别为 76% 和 30%,但当两种激发试验结果均为阳性时,其特异性增加至 82%。

4.2 X 线、CT

颈椎和胸部 X 线能明确如颈肋、C₇ 横突过长、下沉的肩胛带等骨性异常。三维 CT 可以更有效的识别胸廓出口先天性异常、占位性病变、肋骨及锁骨骨折畸形愈合等。Wijeratna 等^[9]利用四维 CT 确诊了肋锁关节骨性卡压导致的 TOS。

4.3 B 超

B 超具有费用少、无创等优点,是一种非常有效的初始检查方法。它是对血管狭窄、阻塞具有高度特异性,因此非常适用于血管型 TOS 的诊断。它在静脉型 TOS 诊断中具有 93%~96% 的特异性和 84%~97% 的敏感性^[10]。在激发试验下进行超声检查,可以动态地将患者症状和超声上血流速度的改变相互关联起来。另外,Leonhard 等^[11]报道了对于一些胸廓出口臂丛变异的非典型性神经型 TOS, B 超是也一种可靠的检查方法。

4.4 MRI

MRI 能良好地解析胸廓出口的解剖结构。由于其对软组织成像的优越性,能可靠地识别如斜角肌、

胸小肌、锁骨下肌肥大,胸小肌以及异常的纤维束带等^[12]。因此,在神经型 TOS 中显示臂丛神经卡压时, MRI 是一种较好的检查方法。国内有学者提出 MRI 可清晰显示常见臂丛神经非创伤性病变的部位、累及范围及与邻近组织结构的关系,为临床诊疗提供可靠信息^[13]。但是,国外也有学者质疑 MRI 无法准确预测 TOS 术中所见。Singh 等^[14]对比了术前 MRI 和术中所见,发现只有 50% 不到的患者在术中成功地验证了术前 MRI 结果。近来,随着 3.0 T MRI 的普及, MRI 逐渐成为一项越来越重要的技术。高分辨率 MRI 能将神经的形态和信号可视化,并能提供精致的解剖细节,更精准地识别病变神经的部位^[15]。神经纤维追踪成像技术是一种新的外周神经成像技术,它能提供一种可视化的神经束成像,在诊断外周神经肿瘤分型和评估周围神经损伤及损伤后潜在的神经再生方面具有重要意义^[16]。这些高质量的 MRI 技术在神经型 TOS 诊断中发挥了非常重要的作用。

4.5 血管造影

传统的动脉或静脉造影能准确发现血管受压的部位,曾是诊断血管型 TOS 的金标准。但由于是有创操作,并且不能呈现血管周围组织结构,使得它在 TOS 诊断中的作用越来越有限,目前多应用于一些需要血管内介入手术的患者。与此同时,基于 CT 及 MRI 血管造影技术被越来越多地应用于血管型 TOS 的诊断。CT 能较好地评估血管与骨性结构之间的关系,而 MRI 血管造影能提供动脉和静脉周围软组织对其受压的全面信息^[17],更有效的发现肌肉肥大、异常肌肉和纤维束带^[18]。两者均能提供高质量的血管成像和三维重建图像,明确血管受压的精确位置及性质,但也存在一定的缺陷,如操作过程复杂,需要上肢在内收位和外展位下至少采集两次影像,分别注射 2 次造影剂,并且只能评估大多数单侧症状的患者^[19]。最新的动态 CT 只需单次注射造影剂,并能在头部旋转过程中同时对双侧胸廓出口进行评估^[20],这是静态图像采集所无法达到的。但是,这需要机器具备更高的通道线圈和更大的孔径,才能实现上肢的体位摆放。

4.6 神经电生理检查

电生理检查对神经型 TOS 诊断至关重要,它能客观地将神经型 TOS 和一些具有相似疼痛症状的疾病区分开来,排除其他节段性或系统性的神经病变。Tsao 等^[21]对术中确诊为神经型 TOS 的患者进行电生理评估,发现这些患者 T₁ 及 C₈ 部分神经纤维会出现传导速度改变,表现为前臂内侧皮神经和支配拇短展肌的正中神经出现神经传导速度下降,而造成这一结果最主要原因是的异常纤维束带卡压。电

生理检查比须双侧对比完成,因为大多数病例都是单侧发病,健侧对照检查更有利于确诊。张凯莉^[22]认为采用运动诱发电位 (motor evoked potential, MEP) 分段检测技术可明显提高神经型 TOS 的诊断率,也可提高双卡综合症的鉴别率。此外, Feng 等^[23]将三重刺激技术 (triple stimulation technique, TST) 应用于神经型 TOS 的诊断,发现神经型 TOS 患者的波幅比率要显著低于正常人,并且认为该技术能检测臂丛神经传导阻滞以及定位神经卡压部位。

4.7 诊断性前斜角肌阻滞试验

前斜角肌阻滞试验是将利多卡因或者肉毒杆菌注射至前斜角肌的不同部位,达到缓解肌肉挛缩或痉挛的目的。如果患者症状得到临时改善,即可证实诊断。该试验阳性往往提示术后可获得良好疗效^[24]。

5 治疗方法

TOS 的治疗应根据潜在的病因来决定。大部分神经型 TOS 首选保守治疗,并且具有良好的预后。手术减压的适应证存在争议,目前多数学者认为对于有症状的血管型 TOS 和经保守治疗 3 个月后症状仍持续存在的神经型 TOS,以及出现肌萎缩或者肌肉功能进一步缺失的患者,应采取手术治疗。

5.1 保守治疗

采用热敷、按摩、强化肩胛提肌、强化胸肌、姿势纠正训练等方法治疗 TOS,在此基础上不断创新,治疗模式也从单因素逐渐向多因素转变^[24-25]。最新一代的多因素治疗模式是将 TOS 患者视为一个整体进行治疗,治疗方法包括健康教育(放松技巧、姿势力学和体重控制),姿势纠正(限制肩部反复活动及超负荷活动),物理治疗(松弛斜角肌,强化肩部后方肌肉降低胸廓出口神经血管的压力)之外,还应注意心理因素和社会因素的重要性^[26]。80% 的 TOS 患者在肌肉强化和拉伸训练 3 个月后疼痛得到缓解,94% 的患者在 6 个月后疼痛得到缓解^[27]。与此同时,还可应用非甾体类抗炎镇痛药、肌松药、水疗、经皮神经电刺激、小针刀定点松解、局部药物注射等方法使症状最大化缓解。肉毒杆菌注射可抑制胆碱能神经末梢释放乙酰胆碱,使肌肉松弛性麻痹,达到停止肌肉痉挛的目的。该方法能使 69% 的神经型 TOS 患者获得短期的症状改善,甚至对血管型 TOS 也有一定效果^[28]。

5.2 手术治疗

手术的目的在于解除胸廓出口软组织性或者骨性压迫。对于症状明显或伴有血管相关性并发症的血管型 TOS,在减压的基础上往往还需要进行血管重建。近 10 年来,随着血管介入技术如导管内溶栓、球囊成形、支架植入的不断出现,使得血管型 TOS

的治疗方法变得相当多样化。但是,无论选择哪种技术,外科手术减压仍是 TOS 治疗的基础。主要的手术入路有 3 种:(1)腋路:是目前最常用的手术入路。Orlando 等^[29]对过去 10 年内共 538 例经腋路第 1 肋骨切除的 TOS 患者进行了回顾性分析,发现 95% 以上的患者均获得了极佳的手术效果。该入路能充分显露第 1 肋骨,不容易造成血管神经回缩,并且术后瘢痕利于隐藏,缺点在于对异常纤维束带的暴露和血管重建比较困难,还需警惕医源性臂丛损伤^[30]。(2)锁骨上入路:经锁骨上前斜角肌切除术不断改良,Chwei-Chin 等^[31]研究了从 1985 年至 2014 年,30 年内共 88 例经锁骨上入路前斜角肌联合第 1 肋骨切除手术,总结得出该入路不仅安全有效,术中还能实现病因诊断。与腋路相比,该入路显露更充分,能实现斜角肌、颈肋切除和臂丛神经松解,并且利于血管重建,但可能会造成第一肋骨切除后神经和血管回缩^[30]。(3)后路:能良好地暴露臂丛根部结构,利于神经松解,适合于前路术后复发性 TOS,但该入路损伤较大,广泛的肌肉剥离可能导致术后肩关节功能障碍和翼状肩^[32]。Aghayev 等^[33]和 Crutcher 等^[34]报道了一种改良小切口后路第 1 肋骨切除术,相较于传统后路,该术式最大优点在于它只需切断部分斜方肌和小菱形肌就能从后方进入胸廓出口,并且能在切除骨性结构过程中保持神经和血管的完整性。

随着微创技术的不断发展,内镜、胸腔镜和机器人手术也被应用于第 1 肋骨切除。内镜辅助手术具有切口更小、更美观,并发症少,利于术后康复训练等优点^[35]。胸腔镜最大优势是术中能清晰识别第 1 肋骨和重要神经血管结构,不会造成臂丛神经牵拉性损伤,并且容易切除肋骨根部结构,缺点在于从胸腔内切除 C₇ 横突和斜角肌会十分困难^[36]。机器人手术具有三维成像系统,术中对组织结构显示更立体、清晰,操作更轻柔、精细,但是术者和整个手术团队的学习曲线较长,手术费用也较高^[37]。

TOS 手术减压的效果根据临床类型不同而不同,但是预后通常良好^[38]。Peek 等^[39]认为手术治疗的长期功能预后满意,90% 患者能从手术中获益,并且神经血管严重并发症发生率低。Rinehardt 等^[40]分析了 1 431 例经手术治疗的 TOS 患者,发现臂丛神经损伤率 0.3%,大出血发生率 1.4%。关于手术时机,一些证据表明早期治疗(<3 个月)相比于延期治疗(>6 个月),其功能恢复要更好。神经型 TOS 早期手术能减少肌肉萎缩和阻止手部肌肉不可逆性失神经支配,延期手术虽能改善疼痛和感觉障碍,但不能恢复肌肉功能,仅能延缓肌无力和肌萎缩进程。血管型 TOS 早期手术的长期功能预后要优于保守治疗

和延期手术治疗^[41-43]。

6 总结

TOS 是指臂丛神经、锁骨下动脉或锁骨下静脉在胸廓出口受到卡压而出现的一些列症状,由于临床表现多样及缺乏确诊性的检查方法,使其诊断仍旧十分困难。完整的病史及全面的体格检查对鉴别 TOS 和其他类似疾病具有不可或缺的作用,但是单独的查体往往无法判断卡压部位和卡压原因,因此还需结合影像学、电生理学等检查方法。未来的检查方法可以向肢体在激发体位下的胸廓出口影像学成像以及更灵敏的神经传导测量等方向发展。TOS 的保守治疗包括健康教育、姿势纠正、物理治疗,还可结合药物治疗和局部封闭治疗。对于一些有症状的血管型 TOS 和保守治疗失败的神经型 TOS,应考虑尽早手术治疗。保守治疗和手术治疗均可获得较好的预后,关于最佳的手术入路目前仍存在争议。

参考文献

- [1] Demondion X, Bacqueville E, Paul C, et al. Thoracic outlet: assessment with MR imaging in a symptomatic and asymptomatic populations[J]. Radiology, 2003, 227(2): 461-468.
- [2] Brantigan CO, Roos DB. Diagnosing thoracic outlet syndrome[J]. Hand Clin, 2004, 20(1): 27-36.
- [3] Natsis K, Totlis T, Didagelos M, et al. Scalenus minimus muscle: overestimated or not? An anatomical study[J]. Am Surg, 2013, 79(4): 372-374.
- [4] Sanders RJ, Hammond SL. Management of cervical ribs and anomalous first ribs causing neurogenic thoracic outlet syndrome[J]. J Vasc Surg, 2002, 36(1): 51-56.
- [5] Fugate MW, Rotellini-Coltvet L, Freischlag JA. Current management of thoracic outlet syndrome[J]. Curr Treat Options Cardiovasc Med, 2009, 11(2): 176-183.
- [6] Nord KM, Kapoor P, Fisher J, et al. False positive rate of thoracic outlet syndrome diagnostic maneuvers[J]. Electromyogr Clin Neurophysiol, 2008, 48(2): 67-74.
- [7] Gillard J, Pérez-Cousin M, Hachulla E, et al. Diagnosing thoracic outlet syndrome: contribution of provocative tests, ultrasonography, electrophysiology, and helical computed tomography in 48 patients[J]. Joint Bone Spine, 2001, 68(5): 416-424.
- [8] 茅天, 谢仁国, 王古衡, 等. 行特殊血管检查致胸廓出口综合征诊断的假阳性率[J]. 中华手外科杂志, 2012, 28(1): 34-35. MAO T, XIE RG, WANG GH, et al. False positive rate of special vascular examination of thoracic outlet syndrome[J]. Zhonghua Shou Wai Ke Za Zhi, 2012, 28(1): 34-35. Chinese.
- [9] Wijeratna MD, Troupis JM, Bell SN. The use of four-dimensional computed tomography to diagnose costoclavicular impingement causing thoracic outlet syndrome[J]. Shoulder Elbow, 2014, 6(4): 273-275.
- [10] Di Nisio M, Van Sluis GL, Bossuyt PM, et al. Accuracy of diagnostic tests for clinically suspected upper extremity deep vein thrombosis: a systematic review[J]. J Thromb Haemost, 2010, 8(4): 684-692.
- [11] Leonhard V, Caldwell G, Goh M, et al. Ultrasonographic diagnosis of thoracic outlet syndrome secondary to brachial plexus piercing

- variation[J]. *Diagnostics*(Basel), 2017, 7(3). pii: E40.
- [12] Buller LT, Jose J, Baraga M, et al. Thoracic outlet syndrome: current concepts, imaging features, and therapeutic strategies [J]. *Am J Orthop*(Belle Mead NJ), 2015, 44(8): 376-382.
- [13] 赵秋枫, 王嵩, 耿道颖. MRI 在臂丛神经非创伤性病变中的应用[J]. *中华放射学杂志*, 2013, 47(7): 643-647.
ZHAO QF, WANG S, GENG DY. Application of MRI in common non-traumatic brachial plexopathies[J]. *Zhonghua Fang She Xue Za Zhi*, 2013, 47(7): 643-647. Chinese.
- [14] Singh VK, Jeyaseelan L, Kyriacou S, et al. Diagnostic value of magnetic resonance imaging in thoracic outlet syndrome[J]. *J Orthop Surg*(Hong Kong), 2014, 22(2): 228-231.
- [15] Baumer P, Kele H, Kretschmer T, et al. Thoracic outlet syndrome in 3T MR neurography-fibrous bands causing discernible lesions of the lower brachial plexus[J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(3): 756-761.
- [16] Magill ST, Brus-Ramer M, Weinstein PR, et al. Neurogenic thoracic outlet syndrome: current diagnostic criteria and advances in MRI diagnostics[J]. *Neurosurg Focus*, 2015, 39(3): E7.
- [17] Aghayev A, Rybicki FJ. State-of-the-art magnetic resonance imaging in vascular thoracic outlet syndrome [J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2015, 23(2): 309-320.
- [18] Hussain MA, Aljabri B, Al-Omran M. Vascular thoracic outlet syndrome [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 28(1): 151-157.
- [19] Cornelis F, Zuazo I, Bonnefoy O, et al. Diagnosis of thoracic outlet syndrome. Value of angiography in the sitting position[J]. *J Radiol*, 2008, 89(1 Pt 1): 47-52.
- [20] Gillet R, Teixeira P, Meyer JB, et al. Dynamic CT angiography for the diagnosis of patients with thoracic outlet syndrome: Correlation with patient symptoms[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2018, 12(2): 158-165.
- [21] Tsao BE, Ferrante MA, Wilbourn AJ, et al. Electrodiagnostic features of true neurogenic thoracic outlet syndrome[J]. *Muscle Nerve*, 2014, 49(5): 724-727.
- [22] 张凯莉. 运动诱发电位分段检测法在胸廓出口综合征中的诊断价值[J]. *中华手外科杂志*, 2005, 21(5): 275-276.
ZHANG KL. Segmental detection of motor evoked potential in the diagnosis of thoracic outlet syndrome[J]. *Zhonghua Shou Wai Ke Za Zhi*, 2005, 21(5): 275-276. Chinese.
- [23] Feng JT, Zhu Y, Hua XY, et al. Diagnosing neurogenic thoracic outlet syndrome with the triple stimulation technique[J]. *Clin Neurophysiol*, 2016, 127(1): 886-891.
- [24] Lum YW, Brooke BS, Likes K, et al. Impact of anterior scalene lidocaine blocks on predicting surgical success in older patients with neurogenic thoracic outlet syndrome[J]. *J Vasc Surg*, 2012, 55(5): 1370-1375.
- [25] Vanti C, Natalini L, Romeo A, et al. Conservative treatment of thoracic outlet syndrome. A review of the literature[J]. *Eura Medico phys*, 2007, 43(1): 55-70.
- [26] Axelrod DA, Proctor MC, Geisser ME, et al. Outcome after surgery for thoracic outlet syndrome [J]. *J Vasc Surg*, 2001, 33(6): 1220-1225.
- [27] Franklin GM. Work-related neurogenic thoracic outlet syndrome: Diagnosis and treatment [J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2015, 26(3): 551-561.
- [28] Foley JM, Finlayson H, Travlos A. A review of thoracic outlet syndrome and the possible role of botulinum toxin in the treatment of this syndrome[J]. *Toxins* (Basel), 2012, 4(11): 1223-1235.
- [29] Orlando MS, Likes KC, Mirza S, et al. A decade of excellent outcomes after surgical intervention in 538 patients with thoracic outlet syndrome[J]. *J Am Coll Surg*, 2015, 220(5): 934-939.
- [30] Kuhn JE, Lebus VG, Bible JE. Thoracic outlet syndrome [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2015, 23(4): 222-232.
- [31] Chwei-Chin Chuang D, Fang F, Nai-Jen Chang T, et al. Thoracic outlet syndrome: Past and present-88 surgeries in 30 years at chang gung [J]. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2016, 4(6): e728.
- [32] Tender GC, Kline DG. Posterior subscapular approach to the brachial plexus[J]. *Neurosurgery*, 2005, 57(4 Suppl): 377-381.
- [33] Aghayev K, Ciklatekerlio O. Posterior upper rib excision for neurogenic thoracic outlet syndrome-feasibility and early outcomes [J]. *Oper Neurosurg* (Hagerstown), 2018, 14(5): 532-537.
- [34] Crutcher CL 2nd, Kline DG, Tender GC. A modified, less invasive posterior subscapular approach to the brachial plexus: case report and technical note [J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 42(3): E7.
- [35] Chan YC, Gelabert HA. High-definition video-assisted transaxillary first rib resection for thoracic outlet syndrome [J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57(4): 1155-1158.
- [36] Kara HV. Editorial on Totally endoscopic (VATS) first rib resection for thoracic outlet syndrome [J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9(1): 19-21.
- [37] George RS, Milton R, Chaudhuri N, et al. Totally endoscopic (VATS) first rib resection for thoracic outlet syndrome [J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 103(1): 241-245.
- [38] Martinez BD, Wiegand CS, Evans P, et al. Computer-assisted instrumentation during endoscopic transaxillary first rib resection for thoracic outlet syndrome: a safe alternate approach [J]. *Vascular*, 2015, 13(6): 327-335.
- [39] Peek J, Vos CG, nli, et al. Long-term functional outcome of surgical treatment for thoracic outlet syndrome [J]. *Diagnostics*(Basel), 2018, 8(1). pii: E7.
- [40] Rinehardt EK, Scarborough JE, Bennett KM. Current practice of thoracic outlet decompression surgery in the United States [J]. *J Vasc Surg*, 2017, 66(3): 858-865.
- [41] Al-Hashel JY, El Shorbgy AA, Ahmed SF, et al. Early versus late surgical treatment for neurogenic thoracic outlet syndrome [J]. *ISRN Neurol*, 2013, 2013: 673020.
- [42] Taylor JM, Telford RJ, Kinsella DC, et al. Long-term clinical and functional outcome following treatment for Paget-Schroetter syndrome [J]. *Br J Surg*, 2013, 100(11): 1459-1464.
- [43] Elixene JB, Sadaghianloo N, Mousnier A, et al. Long-term functional outcomes and subclavian vein patency in patients undergoing thoracic outlet surgery for Paget-Schroetter syndrome [J]. *J Cardiovasc Surg* (Torino), 2017, 58(3): 451-457.

(收稿日期: 2018-04-20 本文编辑: 王玉蔓)