

慢性颈痛的肌肉机制研究进展*

张佳玮¹ 毕 胜^{1,2}

颈椎病是指颈椎间盘退行性改变,及其继发的病理改变累及周围组织而引起的各种症状和体征。目前,国内对“颈椎病”的病名定义过多注重颈椎本身的病理变化,而忽略了软组织劳损亦是致病的重要因素。国际上倾向将这类疾病统称为“颈椎疾病”(cervical myelopathy或cervical degeneration disorder),并按其临床症候群大致分为:轴向疼痛、神经根病和脊髓病。

随着生活节奏和生活方式的改变,慢性颈痛发病率渐高,造成了较大经济负担。作为颈椎疾病的一型,国际疼痛研究协会及美国疼痛学会将本病定义为:颈椎解剖区域及其肌肉组织(不包括肩膀)的慢性疼痛,疼痛时间超出正常的组织修复时间(3个月)^[1]。流行病学显示,本病患病率高达43%—66.7%^[2-3],全球20%^[4]的患者病情反复,最终进展为长期慢性病程。

慢性颈痛的发病机制复杂且尚不确切,原始病因诱发的疼痛亦可随病情进展而复杂化^[5]。既往研究已证明其多因素致病的特点,虽然学者对各种致病因素莫衷一是,但对异常神经肌肉控制的致病作用已达成共识,即:颈部浅层肌肉激活增加,而深层肌肉激活受抑^[6-8]。本文现将慢性颈痛的肌肉机制研究综述如下:

颈椎的基本功能即对抗重力保持头颅中立,同时支持颈段多方向运动。除骨性支撑,颈段的稳定也有赖于颈椎周围丰富的肌肉。颈肌小而薄,肌腹长、肌腱短,运动灵活、舒缩自如;但肌力小、耐力差,易于疲劳和劳损。它们平行交叉,协调工作,与颈椎共同维持头颈的动、静态平衡,其中,颈深层肌的作用尤为关键。颈深层肌属于脊柱深层肌肉,即所谓的核心肌肉,其功能一般被总结为“近端稳定、远端活动”^[9],为节段提供稳定支撑,以保证远端肢体功能正常。

颈肌劳损是一种慢性损伤,主要由颈椎长期的异常运动行为导致。劳损肌肉持续疼痛,可导致肌肉运动模式的改变:深层肌肉萎缩、激活下降;表面肌肉替代深层肌肉工作而激活增加。肌肉试图通过这种方式,继续维持稳定并完成运动^[10-12]。尽管早期颈部肌肉(深、浅层)的共同激活或许有利于缓解急性疼痛,但运动策略的改变使颈椎活动减少、运动

速率降低,长期则颈肌肌力下降,且因肌肉的负载分配改变导致疼痛反复,甚至引起颈椎退行性变^[13-14]。因此慢性颈痛的异常神经肌肉控制又被描述为深浅层肌肉配合失调。学者曾尝试多种方法研究颈部肌肉,但直接测量深层肌肉仍是难题,因而目前常用的测量手段仍以间接为主,主要包括肌电图、颅颈前屈测试(conventional cervical flexion, CCFT)和以超声为主的影像检查。下文将从这三种测量方法入手,介绍慢性颈痛的肌肉机制研究。

1 肌电图

肌电图是评估肌肉激活情况的常用技术。表面肌电图便捷、灵敏,广泛应用于临床。实验通常设计为指导患者进行颈椎活动度测试、MVC或不同阻力下的抗阻等长收缩,记录患者活动中的颈部肌肉表面肌电信号,除观察滤波后的肌电振幅,还可计算AEMG、RMS、MF等值来量化结果,进行时域和频域分析,以不同方式论证慢性颈痛深浅层肌肉的异常激活模式。但表面肌电信号本身幅度小、信噪比不高,易受干扰,且不便测量深层肌肉;而针式肌电图和鼻咽管内置电极测量肌电的方法都因其侵入性,临床较少用来测量颈部肌肉。因而肌电图检查存在一定局限性。

对慢性挥鞭症候群的研究中,最早使用了表面肌电图来测量颈部浅层屈肌的激活。研究发现,与健康对照相比,慢性挥鞭症候群的患者颈浅屈肌肌电振幅增高^[15]。由此推测,颈浅屈肌的激活增加可能是替代激活受抑的深层屈肌、过度工作的结果。为论证这一假设,后续研究通过一种肌电测量的新方案,来观察颈部深浅层屈肌的激活情况。该方案利用鼻咽管将内置电极置放在咽腔后壁,借此采集深层屈肌的肌电信号;并用表面电极记录浅层屈肌的肌电信号^[16]。实验结果显示,慢性颈痛患者的颈深屈肌肌电振幅低于健康对照;其浅层肌肉的振幅则高于健康对照,从而证明了颈痛患者颈部深浅层肌屈肌的运动和激活模式异常。

2 颅颈前屈测试

临床实践和既往文献中有两种测评和训练颈部屈肌的

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.10.029

*基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2013BAI10B05)

1 解放军总医院康复医学中心,北京,100853; 2 通讯作者

作者简介:张佳玮,女,硕士研究生; 收稿日期:2015-01-17

方式,分别是传统的颈椎前屈动作(conventional cervical flexion, CF)^[17-20]和颅颈前屈动作(cranio-cervical flexion, CCF)^[15,21-24]。颈椎前屈动作即头颈同时屈曲,以下巴接近前胸;颅颈前屈动作则是头前屈,以下巴接近颈椎。

颅颈前屈测试(cranio-cervical flexion test, CCFT)是由 Jull 等^[25]设计的评价颈深屈肌的临床检查。它开启了一种研究颈肌损伤本质的新方法,同时又是一种基于运动再学习理论的肌肉训练新方案^[26],应用已有 20 余年。

研究脊柱肌群,对慢性腰痛的研究相对早而详尽,很多研究颈肌的方法均受到腰肌研究的启发。既往对腰痛(low back pain)的研究证实,该病患者的腰部深层肌肉存在特征性的形态学改变及运动控制异常,这使其支持腰段的功能减退,并引起疼痛等临床症状^[27]。类比此类研究,需选择性的测试颈部深层肌肉,而非整个颈部肌群。过去测量颈深屈肌的方法多为高负荷测试,如令患者进行最大自主收缩^[23]或在负荷状态下维持屈颈动作^[28-29]等,这无法明确区分深浅层肌肉,也不能反映深层肌肉持续低强度收缩以维持稳定的特性^[16,26,29-30]。

CCFT 解决了这些问题,有选择地测试颈深屈肌(尤其是头长肌和颈长肌)。CCFT 中,测试深层屈肌的基本原则是令肌肉做其最基本的解剖学动作,即在脊柱稳定的状态下使头前屈。头长肌附着于颅骨,颈长肌上连第一颈椎,颅颈前屈是头长肌最主要的动作。而浅层的胸锁乳突肌主要功能是使头侧屈或后伸,并非前屈;前斜角肌从解剖上讲未附着于颅骨。研究显示,慢性颈痛患者较难维持 CCFT 中深层屈肌的收缩^[16,31],深层屈肌募集降低,证明 CCFT 活动范围改变能够反映颈痛患者异常的骨骼肌肉控制^[32]。本测试也有意选择低负荷条件,以反映运动和保持姿势时深层屈肌的功能。

深层屈肌位置深在,任何收缩不易察觉,人工加阻将引起不必要的协同肌肉收缩^[26]造成干扰。而颈长肌收缩可引起颈椎曲度的轻度变直^[33],指导研究者发明了一种设备来间接量化结果。该设备将充气压力传感器置于枕骨后,来监测深层屈肌的舒缩:深层屈肌收缩时,颈椎曲度轻微变直,气囊充气,引起微小的压力增高并反馈给患者,引导他们完成 5 个时象的动作测试,和在渐进压力下维持等长收缩的耐力测试。本测试旨在测试动作精确度,而非力量,患者动作应轻柔,并尽可能做得标准。

通过经鼻咽管内置电极的方法,记录头长肌和颈长肌的肌电信号^[34],已成功检测了 CCFT 的效度:对于无症状受试者,颈深屈肌激活时的肌电振幅与 CCFT 动作呈明显正相关,而浅层屈肌则无类似的相关性。其他研究也显示,CCFT 不仅证明了颈深屈肌在维持颈椎生理曲度和节段稳定方面的关键作用,还论证了深层肌肉损伤与颈痛的密切关系,此外它作为一种治疗方案的积极疗效也被多次证实。

3 超声技术

近十几年来,超声以实时、无创、便捷、经济等优势,越来越多地应用于肌骨系统的检查中,虽然测量颈部肌肉的研究仍然较少,但亦为颈肌的检查和评价提供了新思路。当前检查颈部肌肉的超声技术主要包括传统的灰阶超声和新兴的弹性超声。

3.1 实时超声成像(灰阶超声)

颈部深层肌肉对保持节段稳定意义重大,形态学和肌电研究均已证实慢性颈痛患者颈部深层肌萎缩、肌肉募集发生改变^[6-8]。然而,深层肌肉肌电不易采集,表面肌电又易受干扰,信度较差。磁共振和 CT 成像清晰,是肌骨系统的重要影像检查,但花费过高,且欠缺实时监测肌肉的功能。

为无创评估颈部肌肉,学者倾向使用实时超声技术,测量指标主要为肌肉的厚度、体积或横截面积,实时监测运动和休息状态下深、浅层肌肉的变化特点,计算和分析各类参数,研究与疾病发生、发展的相关性。

学者对颈肌的测量是从健康人着手的。Jesus 等^[35]曾用超声评估健康人 CCFT 测试中颈长肌和胸锁乳突肌的厚度;也有台湾学者^[36]研究渐进抗阻运动时,多裂肌厚度变化与阻力的相关性,借此描述多裂肌的收缩模式。实验结果显示,多裂肌厚度与阻力呈一元二次方程关系,亦测绘到相应的抛物线形曲线。研究还发现,超声检查肌肉收缩时,低负荷情况下的肌肉厚度的改变,比高负荷状态变化敏感^[37]。或可由此推测,长期低负荷收缩时,颈部深层肌肉募集增多,形成劳损并导致颈痛。这也解释了慢性颈痛在长期低负荷作用下的高发病现象。

此外,也有研究设置对照,比较超声下患者和健康人的肌肉变化。如 Jesus-Moraleida FR^[38]的研究,记录患者和对照,在 Maitland 关节松动治疗前后,CCFT 测试时右侧胸锁乳突肌和颈长肌的超声,比较两组肌肉厚度的变化。结果显示:患者组颈长肌募集均少于对照组。治疗后,两组颈长肌和胸锁乳突肌募集均增多,患者组颈长肌募集明显增加,且胸锁乳突肌在时象 1 的募集减少。这一结果符合研究者干预的初衷,即:激活颈痛患者的深层肌肉,同时减少表面肌肉的替代作用。

为提高实验信度,优化实验结果,应注意受试者被测肌肉的标准化定位;超声探头的正确置放;及应用不同的实时超声来分析数据等。

3.2 超声弹性成像技术

弹性是评价软组织器官的重要特征之一,很多病理状态可改变组织弹性^[39],慢性颈痛患者的肌肉普遍僵硬,但临床上缺乏客观测量依据。超声弹性成像是在灰阶超声的基础上收集组织的弹性信息,叠加于实时二维超声图像之上,故称为超声弹性成像(elasto-sonography 或 elasto-ultrasonogra-

phy)^[40],可用来评估疗效、反映预后,拓宽了超声图像,弥补了常规超声的不足,更生动地显示和定位病变。

超声弹性成像目前还不是常规检查,但许多文献已报道了其可行性和有效性,弹性超声已成功检查动脉粥样斑块、移植排异反应等血管内病变;以及乳腺、甲状腺、淋巴结、前列腺等软组织病变。其工作原理即通过测量组织对外力变形程度来评估感兴趣区硬度。按照施加外力的不同,弹性超声可分为:应力弹性超声,声脉冲辐射力成像,横波弹性成像,瞬时弹性成像等。

应力弹性超声依赖于操作医师的技术,医生手动按压探头,组织应力变形,并反映在二维图像上,但只能半量化其测量结果,因此数据信度不高。为取代手动加阻的应力弹性超声,人们发明了声脉冲辐射力成像技术^[41]。ARFI系将500Hz的低频剪切波传播、接收与处理后,获得组织的弹性成像图。与应力弹性超声比,ARFI提供具体的硬度数值,而不是与周围组织的相对硬度比率^[42]。

评价肌肉硬度最常用的参数是杨氏模量(Young's modulus),又称弹性模量。可从对慢性腰痛(chronic low back pain)的脊柱深层肌肉研究中,相互类比而得到启发。Chan ST等^[43]检查了患者及健康对照的两侧L4水平腰多裂肌,计算俯卧位、直立位、前屈25°并保持动作、前屈45°并保持动作时多裂肌的杨氏模量。实验结果显示,直立位到前屈25°再到前屈45°时,腰多裂肌硬度增加,体现在杨氏模量的上升。其他研究证明,肌肉硬度与其厚度相关^[44],体重指数(body mass index, BMI)较高者可能肌肉更厚,硬度更高。Kuo WH等^[45]的研究检查双侧斜方肌、肩胛提肌、前斜角肌和胸锁乳突肌的弹性超声,记录剪切波速度SWV值,并讨论与体重指数BMI的关系。结果显示,斜方肌SWV与BMI相关;颈痛患者斜方肌更硬。

4 其他研究方法

尚有从组织结构方面入手对肌肉机制的研究,如利用肌球蛋白ATP酶染色法研究患者与健康对照颈部深层肌群的组化特征,发现患者该类肌肉的I型肌纤维减少,II型纤维增多,在肌球蛋白ATP酶染色时肌纤维轮廓不清,横切面出现空泡,证明肌纤维结构已发生病理变化,深层肌肉的正常功能受影响^[46]。

除上述肌肉机制,慢性颈痛的多因素致病特征还反映在很多方面,研究和文献中涉及的不同机制包括:生活习惯(例如习惯手的影响)或工作方式的影响,伤害感受器的激活,颈周局部微循环的改变,异常的斜方肌的夜间活动,甚至认知因素也与颈痛的发生相关。

综上,慢性颈痛为多因素致病性疾病,异常的神经肌肉控制是其主要致病机制。学者尝试应用肌电图、CCFT和影

像学检查等多种测量手段,探究其神经肌肉的病理生理改变。本文重点关注了颈痛的肌肉机制,其他致病因素亦不容忽视,应综合把握各类病因,以指导更全面的临床治疗方案的制订。

参考文献

- [1] Kindler LL, Jones KD, Perrin N, et al. Risk factors predicting the development of widespread pain from chronic back or neck pain[J]. The Journal of Pain, 2010, 11(12):1320—1328.
- [2] Bovim G, Schrader H, Sand T. Neck pain in the general population[J]. Spine, 1994, 19(12):1307—1309.
- [3] Cote P, Cassidy JD, Carroll LJ, et al. The annual incidence and course of neck pain in the general population: a population-based cohort study[J]. Pain, 2004, 112(3):267—273.
- [4] Bronfort G, Evans R, Nelson B, et al. A randomized clinical trial of exercise and spinal manipulation for patients with chronic neck pain[J]. Spine, 2001, 26(7):788—797.
- [5] Visser B, van Dieen JH. Pathophysiology of upper extremity muscle disorders[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2006, 16(1):1—16.
- [6] Barton PM, Hayes KC. Neck flexor muscle strength, efficiency, and relaxation times in normal subjects and subjects with unilateral neck pain and headache[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 1996, 77(7):680—687.
- [7] Falla D, Bilenkij G, Jull G. Patients with chronic neck pain demonstrate altered patterns of muscle activation during performance of a functional upper limb task[J]. Spine, 2004, 29(13):1436—1440.
- [8] Falla D, Rainoldi A, Merletti R, et al. Myoelectric manifestations of sternocleidomastoid and anterior scalene muscle fatigue in chronic neck pain patients[J]. Clinical Neurophysiology, 2003, 114(3):488—495.
- [9] 朱传芳. 核心稳定性训练的理论基础与发展近况[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(11):1787—1792.
- [10] Falla D, Jull G, Hodges PW. Feedforward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain[J]. Experimental Brain Research, 2004, 157(1):43—48.
- [11] Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity[J]. Spine, 2004, 29(22):2560—2566.
- [12] Hides JA, Stanton WR, Wilson SJ, et al. Retraining motor control of abdominal muscles among elite cricketers with low back pain[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2010, 20(6):834—842.
- [13] Marras WS, Ferguson SA, Burr D, et al. Functional impairment as a predictor of spine loading[J]. Spine, 2005, 30(7):729—737.
- [14] Marras WS, Davis KG, Ferguson SA, et al. Spine loading characteristics of patients with low back pain compared with asymptomatic individuals[J]. Spine, 2001, 26(23):2566—2574.
- [15] O'Leary S, Falla D, Jull G, et al. Muscle specificity in tests of cervical flexor muscle performance[J]. Journal of

- Electromyography and Kinesiology, 2007,17(1):35—40.
- [16] Falla DL, Jull GA, Hodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test[J]. Spine,2004,29(19):2108—2114.
- [17] Jordan A, Mehlsen J, Ostergaard K. A comparison of physical characteristics between patients seeking treatment for neck pain and age-matched healthy people[J]. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 1997, 20(7): 468—475.
- [18] Silverman JL, Rodriquez AA, Agre JC. Quantitative cervical flexor strength in healthy subjects and in subjects with mechanical neck pain[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,1991,72(9):679—681.
- [19] Blizzard L, Grimmer KA, Dwyer T. Validity of a measure of the frequency of headaches with overt neck involvement, and reliability of measurement of cervical spine anthropometric and muscle performance factors[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2000, 81(9):1204—1210.
- [20] Berg HE, Berggren G, Tesch PA. Dynamic neck strength training effect on pain and function[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,1994,75(6):661—665.
- [21] O'Leary SP, Vicenzino BT, Jull GA. A new method of isometric dynamometry for the craniocervical flexor muscles [J]. Physical Therapy,2005,85(6):556—564.
- [22] Jull G, Kristjansson E, Dall'Alba P. Impairment in the cervical flexors: a comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients[J]. Manual Therapy,2004,9(2):89—94.
- [23] Watson DH, Trott PH. Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance[J]. Cephalalgia,1993,13(4):272—284.
- [24] Mayoux-Benhamou MA, Revel M, Vallee C, et al. Longus colli has a postural function on cervical curvature[J]. Surgical and Radiologic Anatomy,1994,16(4):367—371.
- [25] Jull G, Barrett C, Magee R, et al. Further clinical clarification of the muscle dysfunction in cervical headache[J]. Cephalalgia,1999,19(3):179—185.
- [26] Jull GA, O'Leary SP, Falla DL. Clinical assessment of the deep cervical flexor muscles: the craniocervical flexion test [J]. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 2008,31(7):525—533.
- [27] Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain[J]. Spine,1996,21(23):2763—2769.
- [28] Grimmer K. Measuring the endurance capacity of the cervical short flexor muscle group[J]. The Australian Journal of Physiotherapy,1994,40(4):251—254.
- [29] Treleaven J, Jull G, Atkinson L. Cervical musculoskeletal dysfunction in post-concussional headache[J]. Cephalalgia, 1994,14(4):273—279.
- [30] Conley MS, Meyer RA, Bloomberg JJ, et al. Noninvasive analysis of human neck muscle function[J]. Spine,1995,20(23):2505—2512.
- [31] Falla D, Farina D, Dahl MK, et al. Muscle pain induces task-dependent changes in cervical agonist/antagonist activity [J]. Journal of Applied Physiology,2007,102(2):601—609.
- [32] Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology,2003,13(4):361—370.
- [33] Mayoux-Benhamou MA, Revel M, Vallee C. Selective electromyography of dorsal neck muscles in humans[J]. Experimental Brain Research,1997,113(2):353—360.
- [34] Falla D, Jull G, Dall'Alba P, et al. An electromyographic analysis of the deep cervical flexor muscles in performance of craniocervical flexion[J]. Physical Therapy,2003,83(10): 899—906.
- [35] Jesus FM, Ferreira PH, Ferreira ML. Ultrasonographic measurement of neck muscle recruitment: a preliminary investigation[J]. The Journal of Manual & Manipulative Therapy, 2008,16(2):89—92.
- [36] Lee JP, Wang CL, Shau YW, et al. Measurement of cervical multifidus contraction pattern with ultrasound imaging [J]. Journal of Electromyography and Kinesiology,2009,19(3): 391—397.
- [37] Hodges PW, Pengel LH, Herbert RD, et al. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging[J]. Muscle & Nerve,2003,27(6):682—692.
- [38] Jesus-Moraleida FR, Ferreira PH, Pereira LS, et al. Ultrasonographic analysis of the neck flexor muscles in patients with chronic neck pain and changes after cervical spine mobilization[J]. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics,2011,34(8):514—524.
- [39] Sikdar S, Shah JP, Gilliams E, et al. Assessment of myofascial trigger points (MTrPs): a new application of ultrasound imaging and vibration sonoelastography[J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2008, 5585—5588.
- [40] 俞清徐. 超声弹性成像原理及初步应用[J]. 上海医学影像, 2005,14(1):3.
- [41] Garra BS. Elastography: current status, future prospects, and making it work for you[J]. Ultrasound Quarterly,2011, 27(3):177—186.
- [42] Guzman-Aroca F, Reus M, Berna-Serna JD, et al. Reproducibility of shear wave velocity measurements by acoustic radiation force impulse imaging of the liver: a study in healthy volunteers[J]. Journal of Ultrasound in Medicine, 2011,30(7):975—979.
- [43] Chan ST, Fung PK, Ng NY, et al. Dynamic changes of elasticity, cross-sectional area, and fat infiltration of multifidus at different postures in men with chronic low back pain [J]. The Spine Journal,2012,12(5):381—388.
- [44] Akagi R, Chino K, Dohi M, et al. Relationships between muscle size and hardness of the medial gastrocnemius at different ankle joint angles in young men[J]. Acta Radiologica, 2012,53(3):307—311.
- [45] Kuo WH, Jian DW, Wang TG, et al. Neck muscle stiffness quantified by sonoelastography is correlated with body mass index and chronic neck pain symptoms[J]. Ultrasound in medicine & biology,2013,39(8):1356—1361.
- [46] 郭云良,陈伯华,刘晓萍,等.退变性颈椎失稳颈后深部肌肉的组织化学特征及其临床意义[J].中国临床解剖学杂志,1999,17(2):115—117.