

doi: 10.3969/j.issn.1672-5972.2017.05.017
文章编号: swgk2016-10-00246

综述与讲座

颈椎活动度测量的研究现状及进展

宋辉 李浩鹏 高中洋 高正超 贺西京*

[摘要] 随着人们工作和生活压力的增大, 颈部疾病已逐渐成为一种常见的、长期困扰人们的疾病。由于大多数颈部疾病均会引起颈椎活动度的改变, 颈椎活动度逐渐被用于筛选颈部患病的患者、诊断疾病、判断颈椎功能丧失的程度、评估治疗效果、鉴别颈部疾病以及预后评估等等。目前颈椎活动度测量的研究包括颈椎活动度正常值的测量、颈椎活动度测量方法及测量工具的研究和验证、颈椎活动度的影响因素以及颈椎活动度在临床和研究中的应用等等。由于颈椎解剖结构的复杂性以及由此产生的耦合运动, 给颈椎活动度的测量带来了很大的困难。本文将目前检索到的颈椎活动度测量的研究现状及进展作一综述。

[关键词] 颈椎; 活动度; 测量; 综述

[中图分类号] R681

[文献标识码] A

The research status and progress of cervical range motion measurement

Song Hui, Li Haopeng, Gao Zhongyang, et al. Department of Orthopaedics, the 2nd Affiliated Hospital of Medical College, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi, 710004, China

[Abstract] With the increasing pressure of work and life in people, cervical spine disorder has gradually become the common and long troubled subjective discomfort. Since cervical range of motion (CROM) changes in most cervical diseases, it has been gradually applied in screening of patients with cervical diseases, diagnosis and identification, determining the extent of cervical function disorder, evaluation of therapeutic effect and prognosis evaluation. Current research on the measurement of CROM includes normal cervical spine mobility measurement, development and application of new methods and tools for measuring CROM, the influence factors of cervical spine mobility and clinical application for CROM. The complex anatomical structure and coupling movements cause great difficulties for measuring CROM. This article aims to review the research status and progress for the measurement of CROM.

[Key words] Cervical vertebra; Range of motion; Measurement; Review

颈椎活动度 (Cervical range of motion, CROM) 是指颈椎在矢状面、冠状面和水平面等三个平面的运动, 包括前屈、后伸、左侧屈、右侧屈、左旋和右旋 6 个自由度。它是一个很好的评价颈部运动功能的指标。由于大多数颈部疾病均会引起颈椎活动度的改变^[1,2], 目前颈椎活动度不仅作为辅助诊断某些颈部疾病、评估病情的严重程度的参考^[3], 还能对某种治疗手段或者治疗药物的治疗效果进行评价^[4], 预后进行评估^[5]。

颈椎上方紧邻颅底, 下接胸椎, 是脊柱中活动最大的部分, 具有很好的灵活性, 不仅可以屈伸、侧屈、旋转还能进行环转运动, 不仅可以在单一平面上运动, 还能进行不同平面的耦合运动。由于颈椎解剖结构及运动方式的复杂性, 使得准确的颈椎活动度测量较为困难。目前, 临床及实验研究中有很多测量颈椎活动度的工具和方法, 主要包括简单目测法^[6]、皮尺测量法^[7]、量角器测量法、重力仪测量法^[8]、颈

椎活动度测量仪 (CROM 仪)^[9,10]、电磁式动作分析仪^[11]、超声运动分析仪^[12,13]、电罗盘测量法、照相分析法^[14]、X 线测量法^[15,16]、CT 三维重建测量法^[17] 以及其他自行研制的测量装置等。这些测量方法有的可靠性差, 可重复性不高, 无法进行多次测量结果的对比, 有的测量准确性差, 无法反映真实的颈椎活动度数值, 有的会增加被测量者射线暴露, 给患者带来不利的影响, 因而临床上缺乏一种公认的客观、可行、易于操作的颈椎活动度测量方法。本文将对目前颈椎活动度测量的研究现状及进展作一综述。

1 颈椎活动度的正常值

因测量方法和工具的不同, 颈椎活动度测出的数据也不尽相同。Trott 等人^[18] 运用 3-Space 装置通过对 120 例年龄在 20 ~ 59 岁的无颈部不适症状正常人颈椎活动度进行了测量, 测量数据按照年龄分组 (见表 1)。由下述表格可以看出不同年龄段的颈椎前屈的角度均前屈较后伸为小, 左侧旋转均较右侧旋转为小, 左侧屈和右侧屈的角度大致

作者单位: 西安交通大学第二附属医院骨科, 陕西 西安 710004

相同;随着年龄的增长,颈椎各个方向的活动度逐渐减小。

表 1 不同年龄分组的颈椎主动活动度的平均值 (°)

运动方向	年龄分组 (岁)			
	20~29	30~39	40~49	50~59
前屈	57.5	46.6	47.4	45.1
后伸	76.1	64.8	61.2	60.0
左侧旋转	71.7	71.1	64.2	63.4
右侧旋转	78.0	77.5	73.9	70.4
左侧屈曲	45.5	40.3	38.8	32.4
右侧屈曲	47.6	44.8	39.4	35.4

除了对颈椎整体活动度进行测量外,也有学者利用不同的方法对不同椎体的活动的进行了测量。最早有日本学者将不同节段的颈椎活动度进行了总结,从该研究可以看出,颈椎旋转活动度为 106°, C₁₋₂ 椎体发生旋转的度数为 47°, 占整个整个椎体旋转运动的 50%左右;颈椎总的屈伸活动度为 98°, 其中 C₅₋₆ 椎体的活动度最大,为 17°。也部分研究运用 X 线对不同节段的椎体活动度进行了测量^[9]。因颈椎解剖结构和运动模式的复杂性以及测量工具的多样性,使得目前颈椎活动度的正常测值也多有不同,仅能作为临床上的参考。

2 颈椎活动度测量方法及评价

随着研究者对颈椎活动度认识的加深,不断出现了各种各样的颈椎活动度的测量方法或是测量工具,下面将逐一介绍:

2.1 目测测量

目测测量不需要借助任何工具,仅凭借测量者的经验,测量简单方便,但是测量精确性不高,仅在颈椎活动度出现较大改变时才能发现异常。而且测量时缺乏固定的参照点或者标志点,很容易受上次测量结果的影响,也极易产生期望偏倚^[20],所以没有关于目测测量颈椎活动度的测量者内可靠性的文献报道。大部分研究者认为无论是准确性还是可靠性,目测测量相比较其他测量方法或工具而言是最不准确的,虽然应用简便,但是不推荐使用。

2.2 皮尺测量

皮尺测量也是一种较为简单的测量方法,它是使用卷尺测量测量颈椎活动时体表解剖标志距离的变化,从而间接反映颈椎活动度。通常情况下,用皮尺测量胸骨切迹至下颌的距离代表颈椎在矢状面前屈、后伸活动度;用皮尺测量肩峰到耳垂下方的距离表示颈椎在冠状面的左、右侧屈活动度;用皮尺测得的肩峰至下颌的长度代表颈椎左、右侧旋转的活动度^[13]。Maksymowych 等^[14]研究皮尺测量强直性脊柱炎 (Ankylosing spondylitis, AS) 患者颈椎旋转活动度的可靠性,得到其测量者间 ICC 为 0.82,测量者内 ICC 为 0.8,说明卷尺测量具有良好的可靠性。但皮尺测量法仍不推荐使

用,因为倾角仪相比较皮尺测量更加便于测量出具体角度。对于临床医生或是科研者而言,准确的颈椎活动度度数更加便于诊断或是评估治疗效果,皮尺测量作为一种粗略测量的方法不适用上述要求。

2.3 倾斜仪测量

在颈椎活动度测量中,也有许多研究者选择倾斜仪进行测量,并且根据实际测量需要,设计出了各种各样的倾斜仪,其中包括单一铰链式倾斜仪、双重倾斜仪、电子倾斜仪以及重力倾斜仪等等。其中电子倾斜仪中最为典型、研究应用最多的是由美国 Cybex 研制出来的 EDI-320 仪器,它能自动显示出测量的角度,有效的避免了测量者因为读数造成的误差。但大部分倾斜仪都无法测量旋转活动度,且需要测量者能在短时间内准确的读出测量数值。Pringle 等^[21]比较了不同类型的倾斜仪测量颈椎活动度的可靠性,研究证实单一铰链式倾斜仪的可靠性尚可,但是准确性不够;电子倾斜仪 EDI-320 是倾角仪中测量颈椎活动度最好的装置,但是考虑到价格因素,双重倾斜仪不仅测量可靠性尚可,而且价格适中。关于倾角仪测量颈椎活动度的研究很多,而对于其测量的可靠性和准确性目前仍没有结论。

2.4 颈椎活动度测量仪 (CROM 仪)

在倾角仪测量颈椎活动度的基础上,有研究者将倾角仪和罗盘结合起来,用来测量颈椎六个方向上的活动度。其中研究最多、报道最为广泛的是由美国 Performance Attainment 公司设计出的颈椎活动度测量仪 (CROM 仪)。该测量仪由 3 个量角仪组成,固定在 1 个可以佩戴在头部的框架的三个面上,其中固定于冠状面和矢状面的是重力量角仪,固定在水平面的量角仪为罗盘,它依靠肩上佩戴好的磁石发挥作用。冠状面的量角仪测量颈椎侧屈活动度,矢状面的量角仪测量颈椎前屈、后伸的活动度,水平面的磁力量角仪则测量颈椎旋转的角度。研究者证实 CROM 仪测量颈椎活动度具有很好的可靠性及准确性^[9,22,23],而且操作简便,不需要对解剖标志进行定位,是公认的准确性和可靠性都很好的一种测量方法,有研究者甚至将 CROM 仪测量作为颈椎活动度准确性测量的参考。

2.5 电磁式动作分析仪

随着科技的不断发展,一些电磁式动作分析仪被研发出来,并逐渐应用于临床。电磁式动作分析仪主要由电磁场发射器、接收器以及数据处理软件组成。其中较为著名的是来自美国 Polhemus 公司的 FASTRAK 动作分析仪以及美国 Ascension 公司的 Flock of Birds 动作追踪器。Jordan 等^[24]采用 FASTRAK 动作分析仪对 40 例健康志愿者的颈椎活动度测量者间可靠性以及测量者内可靠性进行了研究,研究发现

测量者间 ICC 为 0.61 ~ 0.89, 而测量者内 ICC 为 0.54 ~ 0.81, 研究者认为其测量颈椎活动度的可靠性尚可, 具有潜在的临床应用价值。Assink 等^[25]采用 Flock of Birds 动作追踪器和电倾斜仪 EDI-320 分别测量同一人群颈椎活动度, 研究发现除了侧屈活动度外, Flock of Birds 测量值均较 EDI-320 的测量值要大。通过检索文献, 目前关于电磁式动作分析仪测量颈椎活动度的相关文献较少, 且无其准确性的验证实验, 此测量工具仍须进一步研究。

2.6 超声运动分析仪

检索文献发现, 由德国 Zebris 公司生产的超声动作分析仪也应用于颈椎活动度的测量^[16,26]。Zebris 超声动作分析仪由超声发射装置、接收板、头盔等组成。Cagnic 等^[16]通过研究发现该装置测量者间 ICC 和测量者内 ICC 均很好, 对颈椎屈伸活动度测量的可靠性更好。还有研究者比较了该分析仪与倾斜仪对颈椎活动度的测量结果, 两者测量者间 ICC 相接近 (Zebris 超声动作分析仪为 0.76 ~ 0.96, 倾斜仪为 0.69 ~ 0.95), 研究者认为其可作为颈椎活动度测量的常用工具^[27]。但因其操作技术要求高而且价格高, 目前仅用于科研。

2.7 照相分析法

照相分析法是一种操作简便, 对计算能力要求较高的颈椎活动度测量方法。测量前测量者在被测量者体表贴附容易辨别的标记, 嘱被测量者活动颈部, 根据各标记点之间位置的变化计算出颈椎活动度的大小^[28]。

2.8 普通 X 线及双球管 X 线测量

X 线是临床医生测量颈椎活动度的基本方法。很早就有研究者提出在颈椎活动度测量中普通 X 线测量是最为实用, 也是最有参考价值的。普通 X 线最早用来测量颈椎屈伸以及侧屈活动度的测量, 测量时先在颈椎中立位拍摄 X 线片, 其后在颈椎运动到极限位时再拍摄 X 线片, 两者对比, 可以测量出颈椎的活动度。

后来发展的动态 X 线测量以及双球管 X 线测量使得颈椎旋转活动度的 X 线测量成为可能。双球管 X 射线技术与普通 X 线技术不同的是, 它能够通过两台相互垂直的 X 光机同时拍摄被测量者颈椎正侧位图像, 再通过数学方法分析出旋转的角度。该技术可以同时得到两幅相互正交的 X 射线片图像, 克服了普通的 X 射线将三维立体结构重叠到一起的缺陷。

通过查阅相关文献, 有不少研究者认为 X 线测量是颈椎活动度测量的“金标准”, 其中 Tousignant 等^[29,30]将 X 线作为颈椎活动度测量的“金标准”, 用来验证 CROM 仪在颈椎侧屈、前屈、后伸活动度测量中的准确性。X 线除了测量颈椎整体活动度以外, 还可以用来测量椎体间的活动度。有研究者通过研究设计了计算机软件识别椎体上的点, 然后描

记出轮廓, 进而计算椎体活动度的测量方法, 并且识别率比较高^[31]。X 射线测量颈椎活动度具有操作简单、价格低廉等优点, 但因其 X 射线具有一定的放射性, 在一定程度上会损害人的健康, 且 X 射线测量要求测量者拥有一定的影像学知识, 能准确辨别测量所需要的标记点, 使得放射线测量颈椎活动度的应用范围没有前面提到的 CROM 仪等工具广泛。

2.9 CT 三维重建测量

CT 三维重建是在 CT 断层平扫的基础上, 经计算机数字化处理, 显示出立体的解剖结构, 既可以重建水平面的图像, 也可以重建冠状面以及矢状面图像信息。CT 三维重建技术在颈椎旋转度的测量上具有较大的优势, 尤其是在解剖结构复杂的上颈椎部分。测量时要求被测量者活动颈部到极限位, 然后进行 CT 平扫, 经计算机软件处理得到三维重建后的图形, 再运用计算机进行数据分析。CT 三维重建技术与 X 线相比测量精度更高, 而且图像清晰, 分辨率好, 但其测量时间较长、计算复杂, 而且放射性更大。

2.10 磁共振测量

尽管磁共振对骨性结构显影效果不佳, 但也有关于磁共振成像技术测量颈椎活动度的报道。Takasaki 等^[32]运用磁共振成像技术对 19 例健康女性的颈椎旋转活动度进行了测量, 分别测量颈部保持中立位与颈部处于前屈位状态下, 当头部旋转时枕骨底-C₁、C_{1/2}、C_{2/3}、C₄ 椎体以下旋转活动度的变化情况, 研究发现磁共振测量具有很好的可靠性, 并且当颈部处于前屈位头部旋转时除枕骨底-C₁ 外, 其余椎体旋转的角度相比较颈部保持中立位头部旋转时明显减小 ($P < 0.001$), 其中 C_{1/2} 减少约 16.3%, C_{2/3} 减少约 68.1%, C_{3/4} 61.4%, C₄ 椎体以下减少约 76.9%。磁共振成像技术测量颈椎活动度相关文献较少, 无法对其测量的有效性等进行评估。虽然磁共振成像技术测量无辐射、测量时间快, 但其费用较高, 且磁共振成像技术对骨骼等结构显示不佳, 这些在一定程度上限制了其对颈椎活动度测量的应用前景。

2.11 其他测量方法

除了上述测量方法以外, 还有很多测量方法应用于颈椎活动度的测量中。比如有研究者采用 Android 手机自带的软件对颈椎活动度进行测量, 并且认为除旋转外, 手机测量的可靠性及有效性均很好^[33]。Mularski 等^[34]报道通过微传感器植入椎体, 实时动态的观察椎体的活动情况。也有基于条纹投射原理的手持式 3D 光学设备 (手持 3D 照相机) 测量颈部活动度的报道^[35]。

由于颈椎的解剖结构复杂, 而且某一平面的运动常伴有其他平面的耦合运动, 这些都给颈椎活动度的测量增加了很

大的困难^[36]。尽管颈椎活动度的测量方法种类繁多,对测量方法的可靠性及准确性评价也不完全相同,但CROM仪是目前公认的可靠性和准确性都很好的测量装置。

3 颈椎活动度的影响因素

目前尚无研究对颈椎活动度的影响因素进行总结。通过查阅近年文献后,笔者发现正常人的颈椎活动度受多种因素的影响,归纳起来,包括年龄、性别、体型、职业或锻炼、颈部长度、颈部周长等等。

3.1 年龄

关于年龄对颈椎活动度的影响,有很多文献报道。Nilsson等^[37]采用倾角仪测量90名年龄在20~60岁的白领工人的颈椎被动活动度,结果证实随着年龄的增加,颈椎被动活动度逐渐减小。Arbogast等^[38]测量了67例年龄在3~12岁的孩子的颈椎活动度,研究发现随着年龄的增加,颈椎前屈及旋转活动度增加。

3.2 性别

性别对颈椎活动度的影响目前尚无统一的结论。多数学者认为男性的颈椎活动度较女性的颈椎活动度大^[38,39]。也有部分学者认为性别虽然与颈椎活动度有关,但是性别对颈椎活动度的影响没有统计学意义^[26]。而Arbogast等^[38]的研究发现3~12岁的孩子的颈椎活动度不受性别的影响。

3.3 职业或锻炼

Park等^[40]选择了11名电脑前久坐的工人,分别测量其电脑前工作1小时前后的颈椎活动度变化,结果发现受试者工作后颈椎屈曲程度较工作前明显减低,差别有统计学意义。Guth等^[41]测量了40名14~16岁的竞技游泳职业的男性颈椎旋转活动度,并选择同年龄段的40名健康男性作为对照,研究发现竞技游泳者的颈椎总旋转角度较对照组大,而且在竞技游泳者呼吸的一侧颈椎旋转角度更大。根据上述研究可以推测久坐、长期低头并且缺乏锻炼的人群颈椎活动度较正常人群要低,但是由于目前相关研究较少,暂不能得到肯定的结论。

3.4 其他

除了年龄、性别、职业等对正常人的颈椎活动度有影响以外,研究发现体型、颈部长度、颈部周长也有一定的影响作用。Reynolds等^[42]定义的颈椎周长是指前方经过环状软骨,后方经过第6颈椎棘突的一个环形的长度;颈椎长度是指枕外隆突到第7颈椎棘突的长度,他们运用CROM仪测量颈椎活动度,并用皮尺测量颈椎周长和颈部长度,结果发现颈椎周长可以认为是影响颈椎总体活动度的一个独立因素,特别是在颈椎前屈和侧屈时。另外,颈部软组织,如肌肉和韧带等组织的生理状态也会对颈部活动度有着一

定的影响。

总的来看,颈椎的活动度个体差异较大,正常人的颈椎活动度与年龄、性别、职业以及锻炼状况等因素相关。

4 颈椎活动度测量的意义

颈椎活动度是反映颈椎运动功能的最有效最直接的指标,目前逐渐成为评价颈椎功能及颈椎受损程度、诊断和鉴别颈部疾病、疗效评价及预后分析的重要参考指标。

4.1 诊断和鉴别诊断颈部疾病

正常健康成人颈部活动时都有一定的参考范围,当颈部罹患某种疾病时可能会造成颈椎活动度的改变。通过分析颈椎活动度的变化情况对诊断和鉴别诊断颈部疾病具有很大的帮助。Stiell I G等^[43]通过研究证实了颈椎主动活动度对神经根型颈椎病的诊断价值,研究表明颈椎屈曲小于55°、向患侧旋转小于60°时有助于识别神经根型颈椎病患者。Cagnie等^[46]分别测量了96名健康志愿者、14名特发性颈部疼痛患者、16名慢性颈部扭伤的患者的颈椎活动度,研究发现相比较其他两组而言,慢性颈部扭伤患者的颈椎各个方向的活动度均下降,而特发性颈部疼痛患者仅有颈椎旋转时活动度下降。Guo L Y等^[44]观察了27例机械性颈痛患者颈椎三维活动度的变化情况后发现患者颈椎右旋及后伸活动度下降,但在颈椎屈曲时旋转平面的耦合运动增加,这一运动形式可能与颈部挥鞭样损伤相关疾患相鉴别。所以通过观察不同疾病引起颈椎活动度变化的情况,找出不同点,就有可能加以运用,来诊断和鉴别诊断颈部某些疾病。

4.2 颈部疾病的严重程度评估

颈椎活动度是颈椎在各个方向上运动的最大角度,它的变化可能会引起患者主观感受的改变,严重的甚至影响到患者的生活,因此颈椎活动度从某种程度上可以作为评估颈部疾病严重程度的一个参考指标。Liu S等^[45]回顾性分析了110例脊髓型颈椎病患者的颈椎活动度、JOA评分和SF-36生存质量评分后发现颈椎活动度的变化与JOA评分及SF-36评分相关,说明颈椎活动度的改变可能用来判断脊髓型颈椎病的病情严重程度。但目前颈椎活动度与病情严重程度相关性的研究较少,且仅有的研究无法形成统一的认识。

4.3 疗效评价

颈椎活动度是临床和研究工作者最常采用的判断某种治疗方法效果的指标之一。Klein等^[8]通过测量颈椎活动度的变化来评估整骨疗法对颈部疼痛患者的治疗效果。Sap C等^[46]观察了颈部非特异性疼痛患者接受针灸治疗前后颈椎各个方向活动度的变化情况以评价治疗的效果。Lee J H等^[47]采用颈椎活动度的变化来比较颈椎前路椎间盘切除植骨融合术和颈椎前路椎间盘置换术治疗效果,并认为颈椎活动度是

一个客观且定量的衡量方法。Duc C 等^[48]观察 15 例颈椎内固定术后颈椎活动幅度和频率的变化情况,了解手术对颈椎运动的影响。Sarig B H 等^[49]将颈椎活动度作为一个评价指标评估借助虚拟现实装置的运动训练对慢性颈部疼痛的治疗效果。目前在颈椎疾病疗效判断的绝大多数研究中,都将颈椎活动度作为评价的参考指标之一。

4.4 预后评估

除了上述的这些方面,也有研究证实颈椎活动度可以用来对颈椎病患者进行治疗预后的预测^[5]。Hush J M 等^[50]随访观察无症状志愿者 1 年后发现,颈椎屈伸活动度大的志愿者罹患颈部疼痛的可能性低。Puentedura E J 等^[51]回顾性分析了 83 例机械性颈部疼痛的患者,采取颈椎按摩、功能锻炼等方法的疗效后发现,治疗前颈椎旋转角度大的患者恢复的更好。然而目前关于颈椎活动度对疾病预后评估的研究不多,且有研究认为颈椎活动度与疾病预后关系不大^[52],但我们认为颈椎活动度受影响的因素较多,在分析颈椎活动度对颈部疾病预后的影响时,应将前述因素的干扰排除后加以分析,但这样的研究较少,因此尚需要进一步研究以明确。

5 结语与展望

颈椎复杂的解剖结构和运动模式(某一方向的运动的同时伴随其余方向的耦合运动)决定了其活动度的测量不能像四肢大关节那样方便、简单。颈椎活动度测量的方法很多,也正是由于测量方法的不同,颈椎活动度的正常值尚不统一。关于正常人颈椎活动度的影响因素的研究目前尚少,年龄、性别、职业以及锻炼状况等因素对颈椎活动度的影响是肯定的,在测量和评价时均应当加以考虑。随着疾病诊治理念的转变,颈椎活动度逐渐为临床及科研工作者所重视,成为评价颈椎功能及颈椎受损程度、诊断和鉴别颈部疾病、评价治疗药物或手术干预措施疗效、术前对患者进行疗效预测以及判断患者术后生存质量的重要参考指标。随着科技的进步和发展,还会有不断改进的测量方法和测量工具,使得颈椎活动度测量值更加真实的反映颈椎活动水平。

参考文献

[1] Zou S, Gao J, Xu B, et al. Anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) versus cervical disc arthroplasty (CDA) for two contiguous levels cervical disc degenerative disease : a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Eur Spine J*, 2016: 1-13.
[2] Minguez-Zuazo A, Grande-Alonso M, Saiz BM, et al. Therapeutic patient education and exercise therapy in patients with cervicogenic dizziness : a prospective case series clinical study [J]. *J Exerc Rehabil*, 2016, 12(3): 216- 225.
[3] Zheng T, Huo M, Maruyama H, et al. Effects on ROM and joint po-

sition sense of the neck of two different interventions [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27 (4): 1041-1043.
[4] Packer AC, Dibai-Filho AV, de Souza Costa AC, et al. Relationship between neck disability and mandibular range of motion [J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2014, 27 (4): 493-498.
[5] Zhang JT, Meng FT, Wang S, et al. Predictors of surgical outcome in cervical spondylotic myelopathy : focusing on the quantitative signal intensity [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (12): 2941-2945.
[6] Christensen E, Castle KB, Hussey E. Clinical Feasibility of 2-Dimensional Video Analysis of Active Cervical Motion in Congenital Muscular Torticollis[J]. *Pediatr Phys Ther*, 2015, 27(3): 276-283.
[7] Bevilacqua-Grossi D, Pegoretti KS, Goncalves MC, et al. Cervical Mobility in Women With Migraine [J]. *Headache*, 2009, 49(5): 726-731.
[8] Klein R, Bareis A, Schneider A, et al. Strain-counterstrain to treat restrictions of the mobility of the cervical spine in patients with neck pain-A sham-controlled randomized trial [J]. *Complementary Therapies in Medicine*, 2013, 21(1): 1-7.
[9] Inokuchi H, Tojima M, Mano H, et al. Neck range of motion measurements using a new three-dimensional motion analysis system: validity and repeatability[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(12): 2807-2815.
[10] Carvalho GF, Chaves TC, Goncalves MC, et al. Comparison between neck pain disability and cervical range of motion in patients with episodic and chronic migraine: a cross-sectional study [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2014, 37(9): 641-646.
[11] Ernst MJ, Crawford RJ, Schellendorfer S, et al. Extension and flexion in the upper cervical spine in neck pain patients [J]. *Man Ther*, 2015, 20(4): 547-552.
[12] Piche M, Benoit P, Lambert J, et al. Development of a computerized intervertebral motion analysis of the cervical spine for clinical application [J]. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 2007, 30(1): 38-43.
[13] Whitcroft KL, Massouh L, Amirfeyz R, et al. Comparison of Methods of Measuring Active Cervical Range of Motion [J]. *Spine*, 2010, 35(19): 976-980.
[14] Maksymowych WP, Mallon C, Richardson R, et al. Development and validation of a simple tape-based measurement tool for recording cervical rotation in patients with ankylosing spondylitis: Comparison with a goniometer-based approach [J]. *Journal of Rheumatology*, 2006, 33(11): 2242-2248.
[15] 戎鑫,刘浩.人工椎间盘置换联合前路融合术治疗多节段颈椎间盘突出症的研究进展[J].*生物骨科材料与临床研究*,2013,10(3): 37-39.
[16] Cagnie B, Cools A, De Loose V, et al. Reliability and normative database of the zebris cervical range-of-motion system in healthy controls with preliminary validation in a group of patients with neck pain [J]. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 2007, 30(6): 450-455.
[17] Ames CP, Smith JS, Eastlack R, et al. Reliability assessment of a

- novel cervical spine deformity classification system [J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(6): 673-683.
- [18] Trott PH, Pearcey MJ, Ruston SA, et al. Three-dimensional analysis of active cervical motion : The effect of age and gender [J]. *Clinical Biomechanics*, 1996, 11(4): 201-206.
- [19] Piche M, Benoit P, Lambert J, et al. Development of a computerized intervertebral motion analysis of the cervical spine for clinical application [J]. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 2007, 30(1): 38-43.
- [20] Chen J, Solinger AB, Poncet JF, et al. Meta-analysis of normative cervical motion [J]. *Spine*, 1999, 24(15): 1571-1578.
- [21] Pringle RK. Intra-instrument reliability of 4 goniometers [J]. *Journal of chiropractic medicine*, 2003, 2(3): 91-95.
- [22] Wibault J, Vaillant J, Vuillerme N, et al. Using the cervical range of motion(CROM)device to assess head repositioning accuracy in individuals with cervical radiculopathy in comparison to neck- healthy individuals [J]. *Man Ther*, 2013, 18(5): 403-409.
- [23] Kim J, Nam KW, Jang IG, et al. Nintendo Wii remote controllers for head posture measurement: accuracy, validity, and reliability of the infrared optical head tracker [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(3): 1388-1396.
- [24] Jordan K, Dziedzic K, Jones PW, et al. The reliability of the three-dimensional FASTRAK measurement system in measuring cervical spine and shoulder range of motion in healthy subjects [J]. *Rheumatology*, 2000, 39(4): 382-388.
- [25] Assink N, Bergman GJD, Knoester B, et al. Assessment of the cervical range of motion over time, differences between results of the Flock of Birds and the EDI-320 : A comparison between an electromagnetic tracking system and an electronic inclinometer [J]. *Manual therapy*, 2008, 13(5): 450-455.
- [26] Smith K, Hall T, Robinson K. The influence of age, gender, lifestyle factors and sub-clinical neck pain on the cervical flexion-rotation test and cervical range of motion [J]. *Manual therapy*, 2008, 13(6): 552-559.
- [27] Malmstrom EM, Karlberg M, Melander A, et al. Zebris versus myrin: A comparative study between a three-dimensional ultrasound movement analysis and an inclinometer/compass method-Intradvice reliability, concurrent validity, intertester comparison, intratester reliability, and intraindividual variability [J]. *Spine*, 2003, 28(21): 433-440.
- [28] 胡海滔,李志忠,严京滨,等. 关节活动度的照相测量方法 [J]. *人类工效学*, 2006, 12(2): 13-15.
- [29] Tousignant M, Duclos E, Lafleche S, et al. Validity study for the cervical range of motion device used for lateral flexion in patients with neck pain [J]. *Spine*, 2002, 27(8): 812-817.
- [30] Tousignant M, Smeesters C, Breton AM, et al. Criterion validity study of the cervical range of motion(CROM) device for rotational range of motion on healthy adults [J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2006, 36(4): 242-248.
- [31] Lecron F, Benjelloun M, Mahmoudi S. Cervical spine mobility analysis on radiographs : A fully automatic approach [J]. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 2012, 36(8): 634-642.
- [32] Takasaki H, Hall T, Oshiro S, et al. Normal kinematics of the upper cervical spine during the Flexion-Rotation Test - In vivo measurements using magnetic resonance imaging [J]. *Manual therapy*, 2011, 16(2): 167-171.
- [33] Quek J, Brauer S G, Treleaven J, et al. Validity and reliability of an android phone application to measure cervical range-of-motion [J]. *Journal of Neuroengineering & Rehabilitation*, 2014, 11(1): 666-668
- [34] Mularski S, Picht T, Kuehn B, et al. Real-time tracking of vertebral body movement with implantable reference microsensors [J]. *Computer aided surgery : official journal of the International Society for Computer Aided Surgery*, 2006, 11(3): 137-146.
- [35] Pavlovčič U, Diaci J, Možina J, et al. Characterization of the head-to-trunk orientation with handheld optical 3D apparatus based on the fringe projection technique [J]. *Biomedical Engineering Online*, 2013, 12(1): 2559-2560.
- [36] Bogduk N, Mercer S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics [J]. *Clinical Biomechanics*, 2000, 15(9): 633-648.
- [37] Nilsson N, Hartvigsen J, Christensen HW. Normal ranges of passive cervical motion for women and men 20-60 years old [J]. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 1996, 19(5): 306-309.
- [38] Arbogast KB, Gholve PA, Friedman JE, et al. Normal cervical spine range of motion in children 3-12 years old [J]. *Spine*, 2007, 32(10): 309-315.
- [39] Nilsson N, Hartvigsen J, Christensen HW. Normal ranges of passive cervical motion for women and men 20-60 years old [J]. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 1996, 19(5): 306-309.
- [40] Park S Y, Yoo W G. Effects of the Sustained Computer Work on Upper Cervical Flexion Motion [J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2014, 26(3): 441-442.
- [41] Guth EH. A comparison of cervical rotation in age-matched adolescent competitive swimmers and healthy-males [J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1995, 21(1): 21-27.
- [42] Reynolds J, Marsh D, Koller H, et al. Cervical range of movement in relation to neck dimension [J]. *European Spine Journal*, 2009, 18(6): 863-868.
- [43] Stiell I G, Clement C M, Mcknight R D, et al. The Canadian C-spine rule versus the NEXUS low-risk criteria in patients with trauma.[J]. *New England Journal of Medicine*, 2003, 349(26): 2510-2518.
- [44] Guo L Y, Lee S Y, Lin C F, et al. Three-dimensional characteristics of neck movements in subjects with mechanical neck disorder [J]. *Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation*, 2012, 25(1):47-53.
- [45] Liu S, Lafage R, Smith J S, et al. Impact of dynamic alignment, mo-

- tion, and center of rotation on myelopathy grade and regional disability in cervical spondylotic myelopathy[J]. *Journal of Neurosurgery Spine*, 2015, 23(6): 690-700.
- [46] Sap C, Biasotto Gonzalez D A, De Melo N C, et al. Evaluation of the immediate effect of acupuncture on pain, cervical range of motion and electromyographic activity of the upper trapezius muscle in patients with nonspecific neck pain: study protocol for a randomized controlled trial.[J]. *Trials*, 2015, 16(1): 1-7.
- [47] Lee J H, Kim J S, Lee J H, et al. Comparison of cervical kinematics between patients with cervical artificial disc replacement and anterior cervical discectomy and fusion for cervical disc herniation. [J]. *Spine Journal Official Journal of the North American Spine Society*, 2014, 14(7): 1199-1204.
- [48] Duc C, Salvia P, Lubansu A, et al. Objective evaluation of cervical spine mobility after surgery during free-living activity[J]. *Clinical Biomechanics*, 2013, 28(4): 364-369.
- [49] Sarig B H, Takasaki H, Chen X, et al. Cervical kinematic training with and without interactive VR training for chronic neck pain - a randomized clinical trial. [J]. *Manual Therapy*, 2015, 20(1): 68-78.
- [50] Hush J M, Michaleff Z, Maher C G, et al. Individual, physical and psychological risk factors for neck pain in Australian office workers: a 1-year longitudinal study.[J]. *European Spine Journal*, 2009, 18(10): 1532-1540.
- [51] Puentedura E J, Cleland J A, Landers M R, et al. Development of a clinical prediction rule to identify patients with neck pain likely to benefit from thrust joint manipulation to the cervical spine.[J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2012, 42(7): 577-592.
- [52] Mintken P E, Cleland J A, Carpenter K J, et al. Some factors predict successful short-term outcomes in individuals with shoulder pain receiving cervicothoracic manipulation: a single-arm trial.[J]. *Physical Therapy*, 2010, 90(1): 26-42.

[作者简介]宋辉(1990-)男,博士在读,住院医师。研究方向:脊柱外科。

*[通讯作者]贺西京(1958-)男,博士,主任医师。研究方向:脊柱外科。

(收稿日期:2016-10-26)