

文章编号:1004-7220(2013)03-0279-05

定点旋转手法作用下颈椎各节段亚生理区的运动形式

梅凌¹, 李义凯²

(1. 武汉市中医医院 骨伤科, 武汉 430014; 2. 南方医科大学 中医药学院, 广州 510515)

摘要: **目的** 测量颈椎定点旋转手法作用下颈椎运动节段在亚生理区内的运动形式及各节段的亚生理区。**方法** 取2具急性脑死亡的男性青年新鲜尸体的颈椎做标本,固定于MTS实验机上,模拟颈椎定点旋转手法,同时实时采集各运动节段三维坐标,计算出各节段在亚生理区内的运动形式。**结果** 在C4定点对抗牵引作用下,C1~2生理活动范围最大,左、右两侧分别为22.65°、17.68°,其余3个节段依次减小。C4~5亚生理区最小,左、右两侧分别为0.55°和0.84°,其他节段离C4定点区越远,亚生理区范围越大。颈椎在亚生理区内转动时,各运动节段都有后伸和向旋转对侧侧弯的耦合运动;在亚生理区内,除C1~2节段向下移动外,其余椎体均向上移动;而水平侧方和前后移位上,C2~3节段运动形式与其他节段相反。**结论** 颈椎各节段的亚生理区大小不同,离定点区越远的节段亚生理区越大,并且在亚生理区内各节段运动形式具有较大的差异。

关键词: 定点旋转; 颈椎; 亚生理区; 运动形式

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

Cervical spine motion segments and movement patterns in paraphysiologic zone by fixed-point cervical rotatory manipulation

MEI Ling¹, LI Yi-kai² (1. *Orthopedics and Traumatology Department, Wuhan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuhan 430014, China*; 2. *School of Traditional Chinese Medicine, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China*)

Abstract: Objective To measure movement patterns and size of cervical spine motion segments in paraphysiologic zone by fixed-point cervical rotatory manipulation. **Methods** The cervical spines from two fresh cadavers of young males with acute brain death were fixed on MTS testing machine. Fixed-point cervical rotatory manipulation was simulated and 3D coordinate of each cervical spine motion segment was collected to calculate physical movement pattern of each segment in paraphysiologic zone. **Results** The physiological rotation range of C1-C2 segments at left and right side was 22.65° and 17.68°, respectively, being the largest in passive activities under the effect of C4 fixed-point countertraction. The physiological activities of the remaining 3 segments were decreased in turn. The paraphysiologic zone of C4-C5 segments was the smallest, which was 0.55° and 0.84° at left and right side, respectively. The other segment would have a larger paraphysiologic zone if it was farther from fixed-point C4 segment. When the cervical spine rotated in paraphysiologic zone, each motion segment would have a coupling movement to the stretching and contralateral bending side. Moreover, except for C1-C2 segments, the remaining segments moved upward, while movement patterns of C2-C3 segments were opposite to the other segments in backward and forward movement and at horizontal side. **Conclusions** The size of paraphysiologic zone in each segment of the cervical spine is different. The farther from the fixed-point area of segment, the larger the paraphysiologic zone, and there are significant differences in segmental motion patterns of cervical spine in paraphysiologic zone.

Key words: Fixed-point rotation; Cervical spine; Paraphysiologic zone; Movement pattern

收稿日期:2013-04-20; 修回日期:2013-05-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30772841)。

通信作者:李义凯,主任医师,博士研究生导师, E-mail: liyikai88@sina.com。

颈椎定点旋转手法是通过查体和 X 线片分析,以找到引起病症的颈椎偏歪棘突,在牵引旋转和定点推挤的作用下矫正错位的病变椎体,恢复正常解剖位置和生理曲线的方法,在临床治疗中常有立竿见影的效果^[1]。但是由于盲目使用旋转手法使颈椎超限度旋转造成病情明显加重或出现较重并发症的病例也时有报道^[2]。颈椎在旋转手法作用下经历主动运动区、被动运动区和亚生理区 3 个活动区域。通常将前两个活动区称为生理区,而将颈椎突破生理区而未造成损伤的活动区域称为亚生理区^[3]。

由于颈椎各个阶段类似链状结构,在旋转过程中,上、下各个颈椎运动节段的旋转幅度不一,故精确测量各运动节段在亚生理区内的运动形式对于研究定点旋转手法的作用机理以及提高旋转手法的安全性具有至关重要的意义。

本研究运用三维动作捕捉系统,在离体标本上模拟定点旋转手法,观测正常颈椎标本在旋转手法亚生理区间内各节段在笛卡尔坐标系中的运动和位移变化,以期为更加精确地评价和改进颈椎定点旋转手法提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

取 2 具急性脑死亡的男性青年新鲜尸体的颈椎做标本,拍摄正侧位 X 线片以排除颈椎变异或病变。标本上端保留部分枕骨,下端保留至 T1 椎体,剔除皮肤,保留韧带、肌肉、椎间盘和小关节,用保鲜膜密封置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰柜中。实验前一天改用 0.9% 生理盐水纱布包裹后置于冰箱冷冻层自然解冻。标本两端用聚甲基丙烯酸甲酯(牙托粉包埋),在 C1、C2、C4、C5 椎体前缘中点,两侧横突和棘突各钻入 1 枚 5 cm 长的克氏针,在克氏针尾部安置标识球。将标本固定在 MTS 试验机上(Material Test System, MTS; 美国 Minnersota 公司),通过光学运动捕捉系统(Vicon Motion Capture, Vicon MX; 英国 Vicon 公司)实时采集标志球坐标。

1.2 实验方法

参照文献^[1]中颈椎定点旋转手法(治疗时,患者头部屈曲后,术者一手按压偏歪棘突,另一手向上牵拉并旋转头颈部)及文献^[4]研究,先将标本于中

立位前倾 15° ,试验机保持 100 N 牵引力,以 $2\text{ N}\cdot\text{m}$ 力矩向一侧被动旋转至最大角度后,将 C4 棘突一侧通过滑轮悬挂 20 N 砝码,在 300 ms 时间内继续向左侧旋转 4° ,以同样的方法再向对侧旋转。

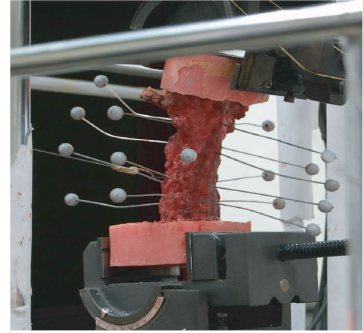


图1 MTS 试验机模拟定点旋转手法(灰色球为标识球)
Fig.1 Simulation of fixed-point cervical rotatory manipulation by MTS testing machine

2 结果

动态采集各标志点在 X、Y、Z 3 个空间轴上的空间坐标如图 2 所示。数据经南方医科大学生物力学实验室分析,计算出各节段中心点的三维运动及位移数值。图中箭头所示为运动捕捉摄像机,彩色圆表示标识球的空间位置,同一平面的 4 个彩色圆形成的平面代表颈椎一个运动节段。

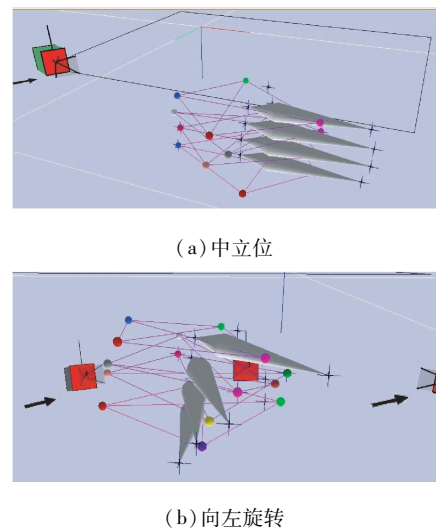


图2 光学运动捕捉系统采集标志点运动轨迹
Fig.2 Cervical mark movement collected by Vicon MX
(a) At neural-zero position, (b) Rotation to the left

在 C4 定点旋转手法作用下, C1 ~ 2 段生理活动旋转范围最大, 左、右两侧旋转的角度分别为 22.65°、17.68°; 其余 3 个节段生理活动范围依次减小。亚生理区以 C4 ~ 5 节段最小, 左右两侧的亚生理区分别为 0.55° 和 0.84°, 而离 C4 定点节段越远其亚生理区越大。

颈椎在亚生理区内运动的同时, 各节段都伴有大小不同的耦合运动。在一侧亚生理区内, 颈椎各节段都有后伸和向旋转对侧侧弯的运动趋势; 同时, 除 C1 ~ 2 节段向下移动外, C2 ~ 3、C4 ~ 5、C5 ~ 6 3 个节段向上移动; 4 个节段除 C2 ~ 3 向旋转对侧和后侧移位, 其他节段都向旋转的同侧和后侧移动 (见表 1 ~ 3)。

表 1 定点旋转手法作用下颈椎各节段生理活动范围和亚生理区
 Tab.1 Physiological movement range and paraphysiologic zone of cervical segments by cervical fixed-point rotatory manipulation

	C1 ~ 2		C2 ~ 3		C4 ~ 5		C5 ~ 6	
	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧
生理活动度 (扳动前) /(°)	22.65	17.68	5.75	2.91	2.15	2.82	2.57	2.92
亚生理区/(°)	0.96	2.71	1.25	0.99	0.55	0.84	0.61	1.33
生理活动度 (扳动后) /(°)	24.83	21.23	6.99	4.04	2.73	3.73	2.67	4.60

表 2 定点旋转手法作用下椎体在亚生理区内三维运动角度
 Tab.2 Three-dimensional motion angle of the vertebrae in paraphysiologic zone by cervical fixed-point rotatory manipulation

		轴向旋转/(°)			侧弯/(°)			前屈/后伸/(°)			
		左侧	右侧	中间	左侧	右侧	中间	左侧	右侧	中间	
左侧轴向旋转	C1				0.96			-1.49			-1.54
	C2				1.25			-0.26			-0.11
	C4				0.55			-0.25			-1.72
	C5				0.61			-0.23			-0.08
	C5				1.33			-0.49			-0.16
右侧轴向旋转	C1				2.71			-0.76			-0.15
	C2				0.90			-0.19			-0.19
	C4				0.84			-0.74			-0.04
	C5				1.33			-0.49			-0.16
	C5				1.33			-0.49			-0.16

注:侧弯:“-”表示向对侧偏歪;前屈/后伸:“-”表示后伸

表 3 定点旋转手法作用下颈椎各节段在亚生理区内的相对位移
 Tab.3 Relative displacement of cervical segments in paraphysiologic zone by cervical fixed-point rotatory manipulation

		上/下移位			前/后移位			水平移位			
		左侧	右侧	中间	左侧	右侧	中间	左侧	右侧	中间	
左侧轴向旋转	C1 ~ 2				-1.03			-0.08			0.19
	C2 ~ 3				1.15			-0.77			0.15
	C4 ~ 5				0.88			0.04			0.06
	C5 ~ 6				1.14			-0.07			-0.41
	C5 ~ 6				1.14			-0.07			-0.41
右侧轴向旋转	C1 ~ 2				-0.37			0.28			-1.67
	C2 ~ 3				0.09			-0.65			0.74
	C4 ~ 5				0.07			0.14			-0.15
	C5 ~ 6				0.13			0.68			-0.03
	C5 ~ 6				0.13			0.68			-0.03

注:上/下位移:“-”表示下移;水平位移:“-”表示向对侧移位;前/后移位:“-”表示向后移位

3 讨论

3.1 实验条件设定的依据

颈椎在三维平面内 6 自由度复合运动^[4-5], 并且在亚生理区内的运动是极短且小幅度的, 故仅靠传统的测量工具很难获取颈椎的运动轨迹及运动形式^[4-8]。虽然有学者运用计算机图像处理 and 立体测量技术求取脊柱的三维坐标, 但测量亚生理区内的坐标仍有一定的局限^[8-9]。

研究表明, 正常颈椎旋转时一侧的生理活动范围在 0° ~ 80°, 而男性颈椎亚生理区约为 4°^[4,9-10]; 当颈椎在如此大的范围内运动时, 难免会存在标识球被遮挡, 从而使摄像机采集反光球的运动轨迹发生不连续。因此, 为了减少这种不连续造成的误差, 本实验分别在颈椎标本的前、后、左、右标记了 4 个标识球, 以减少数据缺失的机率。另外, 颈椎椎体可以看作是一个刚体, 无论做何种运动, 椎体本身是不会发生任何形变, 即根据椎体上任何一点的空间位置都可以推算出另外一点的变化情况, 标志点的运动轨迹也可以准确反映椎体上特殊结构的运动变化情况。

颈椎活动最大的范围在 C1 ~ 2 节段, 多数研究也集中在颈椎的寰-枕-枢 3 个节段^[11]。文献[5]中报道, 颈椎上节段(C0 ~ 2)占整个颈椎旋转活动范围的 50%, 故测量寰枕枢复合体的运动轨迹对于了解颈椎旋转运动变化规律有重要的意义。正常的颈

椎呈自然前凸的状态,颈椎向前凸的弧度在C4~5节段平面达到最大^[12-14],则在颈椎运动过程中,特别是定点旋转手法,C4~5节段必然是颈椎运动节段的分水岭。因此,本研究选择C1~2、C4~5这4个椎体进行标记。

文献[15]研究表明,旋转手法从缓慢上牵开始到扳动操作结束,整个过程具有一定的规律性;扳动力的大小取决于预加载力的大小,其手法的预加载力为 (15.15 ± 5.11) kg,扳动力为 (14.29 ± 5.15) kg,说明活体上牵引力为150~200 N之间时,扳动力和牵引力大小相似。文献[16]中报道国人头颅重量在4~6 kg,过小的牵引力(<5 kg)不能克服头部重量起到牵引的作用,但本实验实验对象是离体标本,缺少部分肌肉和软组织的维持,过大的牵引力会使颈椎不稳而造成损伤。颈椎在50 N的牵引力作用下,椎间盘髓核压力即开始下降,当牵引力增加至100和150 N时,髓核内压力变化差异性不明显^[17],故本实验预加的牵引力为100 N。

文献[18-19]对46例受试者进行定点旋转手法操作,结果发现术者拇指推扳力大小无论是在颈椎出现咔嚓声响或者被扳动棘突发生错动感时,最大推扳力分布于2~10 kg,并且推扳力的大小与咔嚓声的发生或者被扳动棘突发生错动感(亚生理区的出现)无直接的关系。因此,在模拟定点旋转手法时,仅悬挂2 kg的砝码来模拟推扳力,可以满足模拟颈椎旋转手法时的推扳作用,且不破坏脊柱的外源性应力。

3.2 定点旋转手法作用下颈椎各节段亚生理区的差异

定点旋转手法作用前颈椎前倾约 15° ,此时其生理曲度较直立位时降低;随着颈椎向前倾的角度增大,上下椎体之间的钩椎关节除C4~5节段应力减小外,其他节段的应力均增大^[20]。力学的基本原理表明力的作用是相互的。当拉应力增大时,各节段对抗应力的阻力也相应增加。当颈椎拔伸状态下,寰齿关节接触应力比正常状态下的应力小17%,在各种状态下旋转扳动颈椎,小关节局部接触应力都随扭矩增大而增大,特别是当前屈角度增大时,局部作用力将明显增大^[21];即颈椎屈曲状态下旋转,其需要克服的阻力大于在中立位旋转。本研究结果显示,定点旋转手法作用下亚生理区最大部

位出现在C4~5节段,这可能与颈椎在中立位牵引时最大拉应力集中于上节段,而当前屈角度逐渐增大时最大拉应力移至下节段有关^[20]。

3.3 颈椎亚生理区间内的运动形式及临床意义

旋转手法主要用于治疗神经根型颈椎病和颈椎小关节紊乱的疾病,其公认的作用机制有4种:①解除嵌顿或嵌压的滑膜皱襞;②突然的旋转牵拉使处于高张力的肌肉得到缓解;③松解关节或关节周围的黏连;④纠正关节错位,恢复关节的正常运动^[22]。纵观上述4种旋转手法的作用机制和适应症,不难发现都与椎体旋转运动相关。

本研究将标识球空间坐标连接成一连串的轨迹后,结果显示定点旋转手法作用下,颈椎各节段呈向旋转对侧侧弯,并伴有后伸的运动。文献[22-23]研究发现,在定点旋转手法作用下,颈椎发生声响的部位大多发生在旋转侧,推测旋转时小关节的应力集中在旋转侧。将脊柱各节段的小关节用有限元分析,当进行颈腰椎旋转手法时,术者对受试者颈椎的旋转和推扳力使旋转对侧的小关节面形成较大的接触压力^[24]。本研究在模拟颈椎定点旋转手法时各节段的运动趋势和标志点的笛卡尔坐标变化与文献报道相一致。

本研究模拟手法作用下,颈椎各节段亚生理区间内的运动轨迹表明各节段在向一侧旋转的同时,都伴随有后伸的耦合运动。研究发现C2~3、C4~5、C5~6 3个节段被拉伸时,髓核内的压力会变小;但是当颈椎被旋转至一侧,髓核内的压力显著增大,并且颈椎各节段受力后的压力值变化规律相似,压力值的变化与颈椎节段的位置并不存在单调增加或单调减少的关系^[17]。当颈椎受到外力牵引时,椎体沿拔伸方向发生移动,各节段之间的间隙增大,椎体之间对椎间盘的压力减小;但是当颈椎被动旋转至亚生理区时,虽然颈椎移位的趋势不大,但是颈椎各节段都呈一侧横突空间位置增高、另一侧降低的趋势。与此同时,椎体前缘在三维空间中上移,后缘标志点下降,此种运动形式必然对位于椎体之间的髓核产生压力变化。因此,通过研究颈椎各节段的运动形式也可以间接证明髓核压力增大的原因。

由于本研究是在离体尸体标本上进行测量,尽管在标本处理时尽量保留了颈椎关节囊的完整性,但是为了采集系统能够更准确地捕捉标记点,在实

验前剔除了一部分颈部肌肉,故在颈椎旋转时缺少了肌肉的牵拉力,需要进一步与人体测量值进行对比研究。本实验结果可以与三维有限元分析相结合,为精确模拟颈椎旋转运动提供准确的数据依据,同时为虚拟颈椎运动提供一种方法。

参考文献:

- [1] 冯天有. 中西医结合治疗软组织损伤的临床研究[M]. 1版. 北京: 中国科学技术出版社, 2002: 21.
- [2] 姜国祥, 李洪潮, 张英. 医源性颈部过度旋转性损伤[J]. 中国矫形外科杂志, 1999, 6(8): 582-584.
- [3] 李义凯. 脊柱推拿的基础与临床[M]. 1版. 北京: 军事医学科技出版社, 2001.
- [4] 梅凌, 李义凯, 付小勇, 等. 颈椎旋转手法的亚生理区及临床意义[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2009, 17(12): 8-10.
- [5] Ishii T, Mukai Y, Hosono N, *et al.* Kinematics of the upper cervical spine in rotation: In vivo three-dimensional analysis [J]. *Spine*, 2004, 29(7): E139-144.
- [6] 朱立国, 张清, 高景华, 等. 手法治疗神经根型颈椎病的 X 线椎体位移观察及分析[J]. 2005, 13(6): 28-29.
- [7] 张军, 孙树椿, 武震, 等. 颈椎活动角度测量仪在颈性眩晕疗效评价中的应用[J]. 中医正骨, 2007, 19(4): 10.
- [8] 黄文华, 钟世镇, 林学. 脊柱三维运动定位的计算机视觉方法[J]. 计算机应用, 2000, 20(S1): 215-216.
- [9] 陈肇辉, 黄文华, 赵卫东, 等. 人体颈部活动度在体测量方法研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2003, (4): 411-412.
- [10] Tommasi DG, Foppiani AC, Galante D, *et al.* Active head and cervical range of motion: Effect of age in healthy females [J]. *Spine*, 2009, 34(18): 1910-1916.
- [11] 卢一生, 贾连顺, 丁祖泉. 人体枕颈部三维运动范围的实验研究[J]. 第二军医大学学报, 1994, 15(5): 454-458.
- [12] 王成林, 王政民, 龚小龙, 等. 颈椎生理曲度 X 线测量方法研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 1991, 7(2): 2-5.
- [13] 李军朋, 李义凯, 王志宏, 等. 颈椎曲度弧顶点的分布特征[J]. 中医正骨, 2002, 14(11): 12-14.
- [14] 李军朋, 余克强, 李义凯. 颈椎曲度和活动度的测量及意义[J]. 颈腰痛杂志, 2002, 23(3): 252-254.
- [15] 朱立国, 冯敏山, 毕方杉, 等. 颈椎旋转(提)手法的在体力学测量[J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(8): 672-676.
- [16] 孔祥星. 体位自然牵引枕治疗颈椎病[J]. 中华骨科杂志, 1990, 10(2): 142-143.
- [17] 周猛, 李义凯, 徐越华. 多节段颈椎(旋转)牵引力与髓核内压力之间关系的分析[J]. 第一军医大学学报, 2002, 22(11): 1000-1002.
- [18] 李义凯, 邱桂春, 徐海涛, 等. 颈腰椎旋转手法拇指最大推扳力比较及量效关系的研究[J]. 颈腰痛杂志, 2004, 25(6): 379-381.
- [19] 李义凯, 徐海涛, 王国林, 等. 颈椎定点旋转手法所致咔哒声响与最大推扳力的量效关系研究[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(9): 644-646.
- [20] 殷浩. 牵引治疗椎动脉型颈椎病的有限元分析[D]. 福州: 福建中医学院博士学位论文, 2002.
- [21] 王志泉, 严隽陶, 沈国权. 寰齿关节在颈椎斜扳手法中安全性问题的力学研究[J]. 中国骨伤, 2001, 14(4): 217-218.
- [22] 李义凯, 赵卫东, 钟世镇. 两种颈部旋转手法“咔嚓”声的比较研究[J]. 中医正骨, 1998, 10(6): 9-10.
- [23] 金斌, 邱桂春, 李义凯. 颈椎定点旋转手法所致咔哒声响的定位研究[J]. 南方医科大学学报, 2007, 27(4): 421-422.
- [24] 张美超, 肖进, 李义凯, 等. 腰椎小关节接触模型的有限元分析[J]. 第一军医大学学报, 2002, 22(9): 836-838.