

颈椎定点旋转手法运动学及相关个体影响因素研究

周红海¹ 苏少亭^{1△} 秦明芳² 陆延¹ 田君明¹

[摘要] **目的:**研究颈椎定点旋转手法操作的在体运动学参数并进行初步分析验证,并在患者颈椎正侧位十开口位X线片上测量相关个体参数指标,分析其对颈椎定点旋转手法的影响,从而增加手法操作的科学性与规范性。**方法:**手法操作前在患者X线片测量相关个体参数(寰椎前后弓长度、枢椎前后长度、寰椎前弓宽度、枢椎宽度、寰椎倾斜角、枢椎倾斜角、寰椎椎弓根高度、枢椎椎弓根高度、齿状突横径、寰枢关节最大纵径);采用运动捕捉系统获取30例诊断为寰枢关节紊乱的患者在接受颈椎定点旋转手法治疗过程中相关运动学参数(前屈角度、侧屈角度、旋转角度、再扳旋角度差),再分析不同患者个体骨性结构参数的差异对定点旋转手法的影响。**结果:**1)初步获得颈椎定点旋转手法相关参考数值:前屈角度 $35.69^{\circ} \pm 4.09^{\circ}$,侧屈角度 $34.94^{\circ} \pm 3.47^{\circ}$,旋转角度 $31.12^{\circ} \pm 2.76^{\circ}$,再扳旋角度差 $4.50^{\circ} \pm 1.05^{\circ}$,操作者左、右手施展颈椎定点旋转手法过程中的运动学参数差异均无统计学意义($P > 0.05$)。2)多元线性回归分析结果:枢椎倾斜角是前屈角度的重要影响因素;寰椎前后弓长度、枢椎椎弓根高度是侧屈角度的重要影响因素;寰枢关节纵径、枢椎倾斜角、枢椎前后长度是旋转角度的重要影响因素;寰椎前后弓长度是再旋转角度的重要影响因素。**结论:**颈椎定点旋转手法是集合前屈、侧屈、旋转为一体的复合动作,同一施术者左右手操作无差异,不同患者的个体参数会影响该手法操作。

[关键词] 颈椎;定点旋转手法;寰枢关节;运动学;个体影响因素

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2018)12-0024-06

Study on the Kinematics of Cervical Spindle Rotation Manipulation and Related Individual Influencing Factors

ZHOU Honghai¹ SU Shaoting^{1△} QIN Mingfang² LU Yan¹ TIAN Junming¹

¹ College of Orthopaedics and Traumatology, Guangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanning 530001, China;

² Ruikang Hospital Affiliated To Guangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanning 530001, China.

Abstract Objective: To study the in vivo kinematics parameters of cervical fixed-point rotation manipulation, and measure the related bone structure parameters on the X-rays of the patients to analyze the influence of the fixed-point rotation manipulation on the cervical spine, so as to increase the scientific and normative nature of the manipulation. **Methods:** The bone structure parameters (anterior and posterior length of atlas, anterior and posterior length of axis, width of anterior arch of atlas, width of axis, angle of inclination of atlas, angle of inclination of axis, height of pedicle of atlas) were measured before manipulation. Axial pedicle height, odontoid transverse meridian, maximum longitudinal diameter of atlantoaxial joint, kinematics parameters (flexion angle) of 30 patients diagnosed as atlantoaxial joint disorder were obtained by motion capture system. The influence of different individual bone structure parameters on fixed point rotation manipulations was analyzed. **Results:** 1) The reference values of cervical spine rotation manipulation were obtained: flexion angle ($35.69^{\circ} \pm 4.09^{\circ}$), lateral flexion angle ($34.94^{\circ} \pm 3.47^{\circ}$), rotation angle ($31.12^{\circ} \pm 2.76^{\circ}$), rotation angle difference ($4.50^{\circ} \pm 1.05^{\circ}$). There was no significant difference in the kinematic parameters between the left and right hand in the process of cervical vertebra fixed-point rotation ($P > 0.05$). 2) The results of multiple linear regression analysis showed that: the angle of inclination of axis was an important factor affecting the angle of anterior flexion; the length of the anterior and posterior arch of atlas and height of pedicle of axis

基金项目:广西壮族自治区教育厅科研项目(200420)

广西壮族自治区卫生厅科研项目(ZD200857)

¹ 广西中医药大学骨伤学院(南宁,530001)

² 广西中医药大学附属瑞康医院

[△]通信作者 E-mail:787456782@qq.com

are important factors influencing lateral flexion angle; the longitudinal diameter of atlantoaxial joint, the angle of inclination of axis and the length of anterior and posterior axis are the important factors influencing rotation angle, and the length of anterior and posterior arch of atlas is the important factor of rerotation angle. **Conclusion:** The fixed-point rotation manipulation of cervical vertebrae is a combination of flexion, lateral flexion and rotation. There is no significant difference between the left and right hand operation of the same operator, and the individual parameters of different patients will affect the manipulation.

Keywords: cervical vertebrae; fixed rotation manipulation; atlanto-axial joint; kinematics; individual influencing factors

颈椎定点旋转手法是治疗寰枢关节紊乱重要技术手段,其疗效确切,运用广泛^[1]。但此技术对操作医生的水平和经验要求较高,故如何把专家的操作经验进行量化、数字化、客观化,最后形成一个规范的操作标准,这对于该手法的传承教学有重要价值^[2]。本研究采用动态捕捉系统,在体测量颈椎定点旋转手法在操作过程中的相关运动学参数,同时测量患者寰枢椎骨性结构参数作为个体影响因素,最后分析患者个体因素对颈椎定点旋转手法操作的影响,具体报告如下。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究纳入寰枢关节紊乱患者 30 例,均来自 2018 年 4 月至 2018 年 6 月在广西中医药大学第一附属医院仁爱分院骨伤科门诊就诊患者。颈椎定点旋转手法操作为广西中医药大学骨伤学院 1 名具有 25 年以上临床经验的正骨专家,本研究在测试前已向患者说明该实验的目的、方法、注意事项以及可能出现的风险,并签同意书后方可开展实验。

1.2 诊断标准

依据《中医整脊学》^[3]为标准。

1.2.1 症状 患者有头后枕部胀痛不适感;头晕头痛、方位性眩晕,头晕、头痛可单一出现,也可同时存在;往往遇劳累加重,休息减轻。方位性眩晕可以是早上起床时头晕,或转头时头晕。眩晕严重时出现跌扑。头痛多为偏头痛或后枕痛,可以忍受,往往早晨较轻下午加重;休息减轻,遇劳加重。部分患者出现胸闷、心悸,咽喉部不适,或睡眠不好,甚至失眠;或记忆力下降,健忘;或血压波动;或视力下降,耳鸣,听力下降;或轻度面瘫。

1.2.2 体征 触诊可摸到偏侧之寰枢(即两风池穴不对称),局部有压痛者,挠动脉实验阳性。

1.2.3 辅助检查 X 线片张口位可见齿状突侧偏或前倾;侧位片可见第 2 和 3 颈椎有成角旋转,颈曲可有改变。

1.3 纳入标准

1)患者符合寰枢关节紊乱诊断标准;2)自愿参加本课题实验,且签署知情同意书。

1.4 排除标准

1)合并有心、肝、肾、脑、神经等器质性病变;2)有

颈椎外伤、颈椎骨折、脊髓损伤以及颈椎手术;3)有脊柱结核、肿瘤以及严重骨质疏松;4)有先天性寰枕融合、椎体融合、颅底凹陷、齿状突发育不全等;5)有甲状腺肿大、颈部淋巴结肿大;6)对旋转手法恐惧,不签署知情同意书。

1.5 手法操作

颈椎定点旋转手法具体操作^[4]:以右侧操作为例,患者取坐位,双上肢自然下垂放松,术者立于患者右侧,右手掌绕过下颏置于患者左侧面部(及上下颌位置),左手拇指置于右 C₂ 横突,其余四指呈扇形展开置于右侧颞部,嘱患者前屈,再左侧屈,接着嘱患者颈部缓慢向右旋转,待主动活动至极限且有绞锁感时,右手腕顺势短力快速旋转,左手拇指施力推按横突,此时可闻及一声或多声“咔嚓”弹响声,标志复位成功,手法结束。

1.6 实验开展

1.6.1 实验设备

1.6.1.1 动态捕捉设备:1)主体设备:捕捉系统由 4 个镜头组成(型号为 Prime,分辨率 4.1 MP(1 280×720),帧率最大 50 帧/s,0.01 mm 精度,水平视角 38°,46°及 58°,最大延迟 2.8 ms,见图 1A),3 个 steam 信号定位器(型号为 S/N: FA74WAE00149,见图 1B),每个定位器上面有三个信号发射点同时输出红外脉冲,可对应运动目标的三维坐标数据及关节活动自由度,再通过对点的跟踪捕捉在系统上形成线的运动轨迹。2)软件设备,基于主体设备开发的软件系统,对捕捉的信号进行成像显示,并对参数进行数据整理和计算。3)其他设备,电脑(Intel Core i5-4590/AMD FX 8350)、凳子、胶带、信号放大器、电线、排插等;实验场地大小约 6 m×8 m,捕捉镜头分别对角安置。

1.6.1.2 影像学设备:1)硬件设备,广西中医药大学第一附属医院仁爱分院影像科 X 光机,对每位患者拍摄颈椎正侧位+开口位影像片;2)软件设备,与影像设备配套的系统软件,可以完成阅片、测量等工作。

1.6.2 实验方法 实验准备:实验过程中将 3 个定位器用特制胶带安置在受试者的颈部和头部,具体分布如图 1A 所示:颞部一个(为避免操作者的手对定位点的应力遮挡而造成数据缺失,故只在颞部放一个,计算是根据对称求出另一侧数据),C₂ 棘突部位一个,头

顶正中一个(见图 1B~D)。

正式实验:打开设备后,首先在场地中挥动定位器在让捕捉系统调试并定位,然后开始操作定点旋转手法,手法操作左右各一次,在操作的过程中,数字动作

捕捉镜头对受试者头部安装的定位器以 50 帧/s 的捕捉速度捕捉其三维坐标数据——X(旋转)、Y(侧屈)、Z(前屈),然后运用系统配套数据处理设备对采集数据进行计算和分析(详见图 1E)。

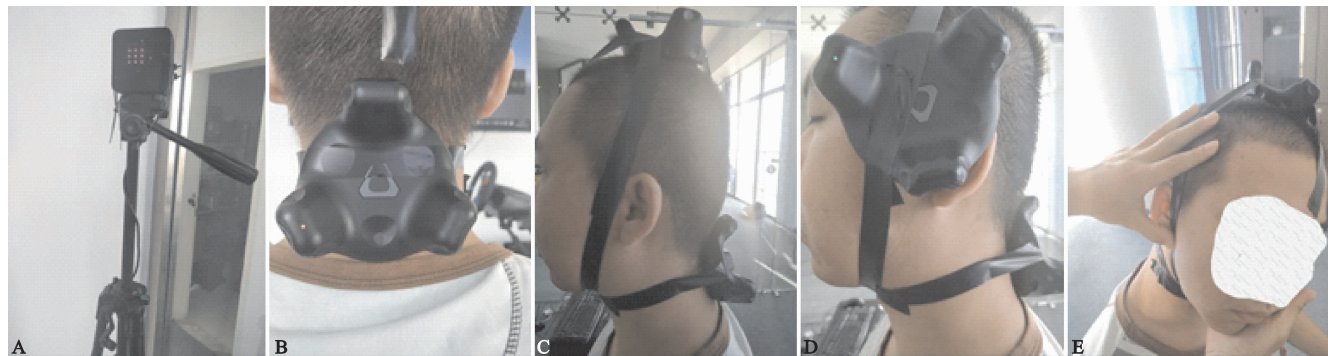


图 1 实验参数获取影像资料

1.6.3 实验观察运动学参数 颈椎定点旋转手法操作的在体运动学参数主要包括:前屈角度(°)、侧屈角度(°)、旋转角度(°)、再扳旋角度差(°)。

手法操作前在每位患者颈椎正侧位十开口位 X 线上测量个体参数指标:1)寰椎前后弓长度(mm)见图 2A;2)枢椎前后长度(mm)见图 2A;3)寰椎前弓宽

度(mm)见图 2B;4)枢椎宽度(mm)见图 2B;5)寰椎倾斜角(°)见图 2A;6)枢椎倾斜角(°)见图 2A;7)寰椎椎弓根高度(mm)见图 2C;8)枢椎椎弓根高度(mm)见图 2C;9)齿状突横径(mm)见图 2D;10)寰枢关节最大纵径(mm)见图 2E;每位患者个体参数均由课题组两位成员同时测量,然后取均值,以缩小数据误差。

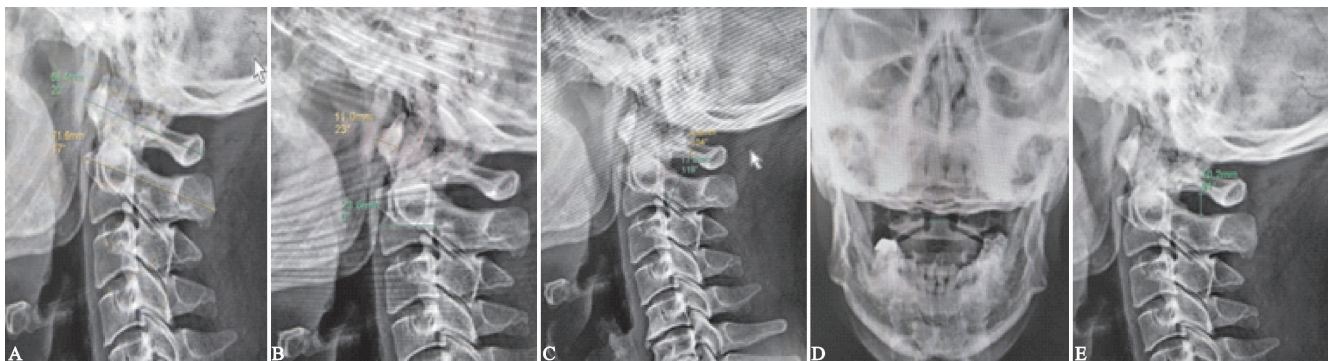


图 2 个体参数测量方法

1.7 统计学方法

将所数据使用 SPSS21.0 统计软件进行统计学分析,采用双侧检验方法进行统计学分析, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。所有计量资料将采用 $\bar{x} \pm s$ 进行统计描述,选用独立样本 t 检验以及多元线性回归进行统计表达。

2 结果

2.1 一般资料

纳入研究的寰枢关节紊乱患者 30 例;其中男 13 例,女 17 例;最大年龄 43 岁,最小年龄 19 岁,平均年龄(31 ± 13.64)岁;最大体质量 84 kg,最小体质量 61 kg,平均体质量(70.88 ± 12.17)kg;最大身高 183 cm,最小身高 161 cm,平均身高(172.33 ± 9.60)cm;患者最短病程 3 d,最长病程 7 年。

2.2 颈椎定点旋转手法操作的运动学参数分析

通过捕捉系统成功获取对 30 例患者操作颈椎定

点旋转手法过程中的相关运动学参数及运动轨迹曲线(见表 1 及图 3),对双侧操作数据采用独立样本 t 检验进行统计分析。结构提示左侧与右侧相比 $P > 0.05$,差异无统计学意义。

个体参数描述性统计量:寰椎前后弓长度(67.96 ± 4.51)mm,枢椎前后长度(78.93 ± 5.11)mm,寰椎前弓宽度(11.04 ± 1.62)mm,枢椎宽度(26.30 ± 2.98)mm,寰椎倾斜角 $17.33^\circ \pm 4.53^\circ$,枢椎倾斜角 $23.50^\circ \pm 3.39^\circ$,寰椎椎弓根高度(4.25 ± 1.48)mm,枢椎椎弓根高度(22.27 ± 3.27)mm,齿状突横径(8.94 ± 0.48)mm,寰枢关节上下纵径(16.60 ± 2.38)mm。多元回归模型分析结果如下:

1)相关运动学参数与个体参数之间均相互独立(前屈角度与个体参数 Durbin-Watson 检验值 = 1.858,侧屈屈角度与个体因素 Durbin-Watson 检验值 = 2.480,旋转角度与个体因素 Durbin-Watson 检验值

=1.634,再旋转角度差值与个体因素 Durbin-Watson 检验值=2.080,且回归容忍度均<0.2,VIF<5,故不存在多重共线性,同时 Q-Q 图提示研究数据均满足正态假设。

2)回归模型结果:前屈角度与个体参数分析 $F(10,19)=1.259(P>0.05)$,调整 $R^2=0.082$,所纳入模型中枢椎倾斜角(斜率-0.744, $t=0.035,P<0.05$),故枢椎倾斜角是前屈角度重要影响因素的解释变量。侧屈屈角度与个体因素分析: $F=1.223(P>0.05)$,调整 $R^2=0.71$,所纳入模型中寰椎前后弓长度(斜率 0.142, $t=1.837,P<0.05$)、枢椎椎弓根高度(斜率 -1.658, $t=0.954,P<0.05$),故寰椎前后弓长度、枢椎椎弓根高度是侧屈角度重要影响因素的解释变量。旋转角度与个体因素分析: $F=0.989(P>0.05)$,调整 $R^2=-0.04$,所纳入模型中寰枢关节上下纵径(斜率 0.476, $P<0.05$)、枢椎倾斜角(斜率 0.222, $P<0.05$)、枢椎前后长度(斜率 -0.058, $t=2.368,P<0.01$),故寰枢关节上下纵径、枢椎倾斜角、枢椎前后长度是旋转角度重要影响因素的解释变量。再扳旋角度差值与个体因素分析: $F=3.003(P>0.05)$,调整 R^2

=0.416,所纳入模型中寰椎前后弓长度(斜率 0.263, $t=3.521,P<0.05$),寰椎前后弓长度是再旋转角度重要影响因素的解释变量。回归方程具体分析结果见表 2。

3 讨论

3.1 颈椎定点旋转手法的优点

从生物力学上来讲,颈椎定点旋转手法是在特定的角度下对颈椎施加的一种力学干预,虽然手法操作在体表,在却作用于筋骨,笔者认为该手法具有以下优点:1)该手法操作过程中推手的拇指推力直接作用于寰椎的横突,而利手摆放在旋扳对侧的下颌以形成力臂,所施加旋扳的剪切力可通过杠杆作用到达寰枢关节,具有定性、定位的优势。2)该手法旋转速度快,但旋转幅度小,具有高速-低幅的运动特征,手法操作相对比较安全^[5]。3)该手法是一复合动作,使寰枢椎椎体结构在空间内产生三维运动,可整复寰枢关节的力学紊乱状态,解除对神经、血管的机械性压迫。4)手法操作瞬间短速的旋扳可松解深部位韧带、肌肉、关节囊的黏连,恢复其收缩力量及做工功率,协调其动静力学平衡。

表 1 颈椎定点旋转手法操作的运动学参数(±s)

参数	左侧操作	右侧操作	均值	t	P
前屈角度(°)	37.01±3.16 ¹⁾	34.38±5.03	35.69±4.09	1.605	0.861
侧屈角度(°)	34.28±4.01 ¹⁾	35.60±3.79	34.94±3.47	1.328	0.573
旋转角度(°)	30.95±3.45 ¹⁾	31.29±2.04	31.12±2.76	1.749	0.772
再旋扳角度差值(°)	4.97±0.84 ¹⁾	4.03±1.26	4.50±1.05	1.063	0.662

注:1)左侧手法与右侧手法相比, $P>0.05$ 。

表 2 运动参数与个体因素回归分析结果

参数	数值	寰椎前后	枢椎前	寰椎前	枢椎宽度	寰椎	枢椎	寰椎椎弓	枢椎椎弓	齿状突	寰枢椎弓
		弓长度	后长度	弓宽度	(mm)	倾斜角	倾斜角	根高度	根高度	横经	根最大纵
前屈角度(°)	B	0.167	0.279	-1.559	-0.463	-0.111	-0.744	-0.816	-0.904	-4.712	0.784
	S.e	0.245	0.360	0.882	0.427	0.265	0.333	2.613	0.433	3.682	0.485
	t	0.679	1.355	1.814	1.084	0.421	2.230	0.312	2.090	1.280	1.615
	P	0.505	0.191	0.086	0.292	0.678	0.038	0.758	0.050	0.216	0.123
侧屈角度(°)	B	-0.396	0.142	0.412	-0.023	0.012	-0.036	0.120	-0.658	0.957	0.082
	S.e	0.217	0.182	0.780	0.378	0.234	0.295	2.314	0.382	3.260	0.429
	t	1.821	0.167	0.528	0.061	0.053	0.123	0.052	1.718	0.294	0.192
	P	0.004	0.447	0.604	0.952	0.958	0.903	0.959	0.001	0.772	0.850
旋转角度(°)	B	0.181	-0.058	0.412	-0.036	0.222	0.482	2.372	-0.292	-0.730	0.476
	S.e	0.215	0.180	0.773	0.374	0.232	0.292	2.291	0.379	3.229	0.425
	t	0.843	0.320	0.533	0.097	0.956	1.648	1.035	0.212	0.226	1.118
	P	0.410	0.001	0.600	0.924	0.351	0.016	0.314	0.451	0.823	0.001
再旋扳角度差(°)	B	0.263	0.001	-0.111	0.081	0.079	-0.081	-0.373	0.168	-0.078	0.131
	S.e	0.075	0.063	0.269	0.130	0.081	0.102	0.796	0.132	1.122	0.148
	t	3.521	0.023	0.413	0.624	0.982	0.796	0.468	1.274	0.070	0.886
	P	0.001	0.982	0.684	0.540	0.339	0.436	0.645	0.218	0.945	0.387

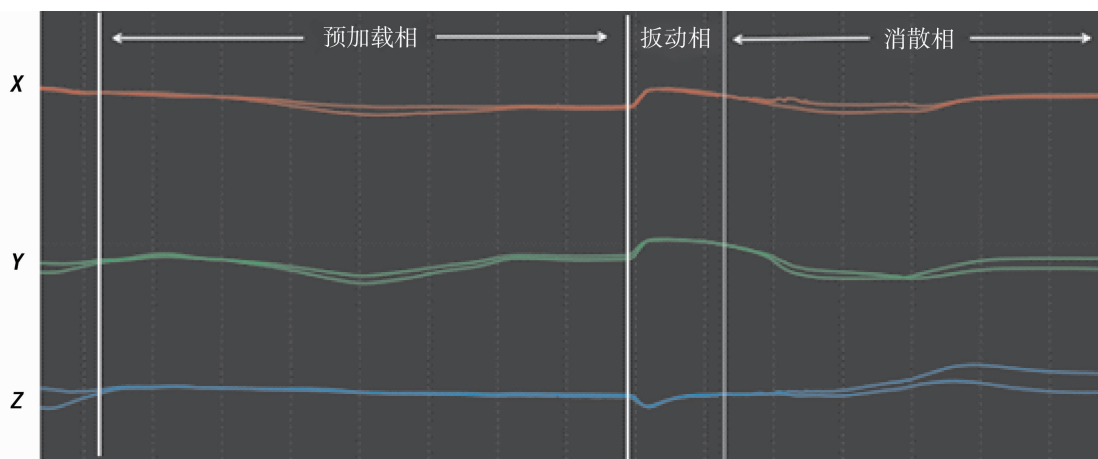


图3 颈椎定点旋转手法运动轨迹

3.2 对正骨手法进行数字化研究的价值

探索手法的运动特征及作用力特点有助于揭示该手法的治病机理及掌握该手法的精髓,李义凯^[6]认为弄清楚手法的“力”与“形”的关系,以数字化的方式来表手法作用力的构成,这将有助于构建临床疗效评价新体系。高春雨等^[7]认为通过对手法进行数字化研究可为手法的操作提供可参考的技术指标,并减少初学者学习曲线以及更好的评价学习效果;冯敏山等^[8]通过对颈椎旋提手法进行数字化测量并建立可视化动态图像,可为初学者的模仿训练有极大的帮助。另外规范化的技术操作也可避免手法意外的发生,在颈椎手法的操作中屈曲和伸展的姿势的偏差,将会改变颈椎小关节接触压力与关节位置之间的短矩力臂,若在盲目的操作将会产生小关节损伤的风险^[9],因此对专家手操作的核心指标进行客观量是非常有必要的,也应是以后发展趋势^[10]。

3.3 测定不同患者个体参数的意义

手法的操作既要注重局部也要重视整体,“知常达变、因人施法、灵活有度”才是正骨手法的灵魂所在,因此在量化手法操作的基础上再把患者自身相关影响因素纳入研究,将使得手法的研究结果更贴近临床实际^[11]。朱立国等^[12]通过测力系统来研究个体因素对颈椎旋提手法操作的影响,结果发现体质量指数是该手法的影响因素,侧面说明患者体重与旋提的预加载力呈正相关关系;而 Hubbard 等^[13]运用光电数字跟踪系统检测颈椎发生退行性改变的椎体在手法操作过程中其运动模式,结果发现:椎间盘高度损失和严重骨赘影响颈椎在矢状面的运动,使受影响关节的角度运动减少约 10%,并指出这些关节运动模式变化与受扰的椎间角和剪切运动有关,提示在颈椎扳动过程中旋转角度应较常人应更小。以上研究都围绕患者个体因素差异对手法操作的影响,突出“因人施法”的重要性。

基于此,本次实验在手法操作前在影像片上测量患者个体易获取的相关指标,并结合对应患者定点旋

转手法操作过程中运动学参数来探究相关个体因素对颈椎定点旋转手法操作的影响,这是在既往的研究中是没有涉及到的。

3.4 对本次实验的结果分析

本次研究清晰呈现了定点旋转手法操作运动轨迹,起始阶段前屈-侧屈-旋转运动的预加载动作目的是达到“绞索”状态,即就是寰枢关节在生理范围内活动至极限伴周围韧带反向拉长且刚度增大,在此之前的运动曲线是较平稳的,而后瞬间加载的高速-低幅旋扳力使旋转幅度增大,在扳旋的过程中以寰椎齿状突为中点形成轴-铰链点-平移的三维运动的模式,运动曲线瞬间达到峰值然后陡直消散。此外,本次研究发现同一施术者左右侧操作差异无统计学意义($P > 0.05$),说明具备经验的医师在手法技巧操作层面是没有差别的,相关参数具体数值如下:前屈角度 $35.69^\circ \pm 4.09^\circ$,侧屈角度 $34.94^\circ \pm 3.47^\circ$,旋转角度 $31.12^\circ \pm 2.76^\circ$,再扳旋角度差 $4.50^\circ \pm 1.05^\circ$ 。此外在同研究领域 Anderst^[14]通过对三维动态设备对寰枢椎运动学研究结果:颈椎旋转极限为 $73.6^\circ \pm 8.3^\circ$,最大 C_1 旋转相对于 C_2 为 $36.8^\circ \pm 6.7^\circ$,约占头部轴向旋转的一半, C_1/C_2 旋转与头部旋转在近 1:1 的中程运动中呈线性关系(从中性角度旋转到 $\pm 20^\circ$)。同时, Dugailly 等^[15]用光电系统采集在体头部 $C_1 \sim C_2$ 在接受 HVLA 过程中的三维运动学参数结果为:在操作过程中,侧弯、轴向旋转、前屈过程最大运动范围分别为 $39^\circ \pm 6^\circ$, $31^\circ \pm 7^\circ$ 及 $21^\circ \pm 6^\circ$,在旋转冲击周期中旋转角度差值在 $5^\circ \sim 8^\circ$ 之间。本研究结果与上述两位研究者研究结果有部分差异,考虑一方面是实验设备差异,另一方面是研究者操作习惯不同,这也是正骨旋转扳法研究结果难以保持高度一致的重要原因之一。

同时,通过多元线性回归分析发现:所纳入的个体参数中枢椎倾斜角是前屈角度重要影响因素;寰椎前后弓长度、枢椎椎弓根高度是侧屈角度重要影响因素;寰枢关节纵径、枢椎倾斜角、枢椎前后长度是旋转角度

重要影响因素;寰椎前后弓长度是再旋转角度的重要影响因素,参考这些研究结果对手法的技术操作以及预期效果的评估有重要的现实意义。

3.5 此次实验不足之处

此次实验只是测试颈椎定点旋转手法操作过程中角度参数,对于操作时间、速度的研究尚未纳入,因此不能彻底展现该手法操作特征,下一步优化实验设备使测试实验数据更加完善和直观。同时临床发现患者颈项肌肉的丰厚与紧张程度会在旋转过程中产生阻力,据此推测可能会对该手法操作有一定的影响^[16],以后还应借助其他科技设备展开研究,以推进该手法的科学化进程。

参考文献

- [1] 韦贵康. 脊柱相关疾病学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2012.
- [2] 王宽,邓真,王辉昊,等. 力学测量在评估颈痛及手法治疗领域的应用[J]. 中国骨伤,2016,29(7):668-672.
- [3] 韦以宗. 中医整脊学供中医整脊学专业用[M]. 北京:中国中医药出版社,2016.
- [4] 冯天有. 中西医结合治疗软组织损伤的临床研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,2002.
- [5] Krott NL, Bloyinski GM, Cattrysse E. 3-Dimensional cervical movement characteristics and the influence of thoracic treatment on a subgroup of acute neck pain patients [J]. Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics, 2018, 41(4):304-314.
- [6] 李义凯. 脊柱推拿生物力学研究的几个关键问题[J]. 医用生物力学, 2013, 28(3):255-258.
- [7] 高春雨,冯敏山,朱立国,等. 坐位腰椎旋转手法的在体力学参数及相关影响因素研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26(8):21-25.
- [8] 冯敏山,朱立国,王尚全,等. 颈椎旋提手法学习过程中常见操作错误分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2017, 25(8):43-47.

- [9] Howarth SJ, Callaghan JP. Compressive force magnitude and intervertebral joint flexion/extension angle influence shear failure force magnitude in the porcine cervical spine. [J]. Journal of Biomechanics, 2012, 45(3):484-490.
- [10] Facchinato AP, Benedicto CC, Mora AG, et al. Clinical competency evaluation of Brazilian chiropractic interns [J]. Journal of Chiropractic Education, 2015, 29(2):145-149.
- [11] Pei Y, Mathematics DO, University TN. The influence of interpolation algorithm in the digital elevation model on slope and aspect-take mountain li as an example[J]. Journal of Taiyuan Normal University, 2017, 11(3):89-97.
- [12] 朱立国,冯敏山,魏戎,等. 个体因素对颈椎旋提手法操作影响的在体力学研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2011, 19(9):14-17.
- [13] Hubbard TA, Pickar JG, Lawrence DJ. Radiographic analysis of the anterior to posterior open mouth (APOM) cervical spine view: frequency of atlas transverse process overlap of the inferior tip of the mastoid process[J]. Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics, 2012, 35(6):477-485.
- [14] Anderst W, Rynearson B, West T, et al. Dynamic in vivo 3D atlantoaxial spine kinematics during upright rotation [J]. Journal of Biomechanics, 2017, 26(3):60-64.
- [15] Dugailly PM, Sobczak S, Van GB, et al. Head-trunk kinematics during high-velocity-low-amplitude manipulation of the cervical spine in asymptomatic subjects: helical axis computation and anatomic motion modeling[J]. Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics, 2015, 38(6):416-424.
- [16] Williams S. Chiropractors' perception of occupational stress and its influencing factors: a qualitative study using responses to open-ended questions [J]. Chiropractic & Manual Therapies, 2016, 24(1):1-7.

(收稿日期:2018-09-12)