

· 基础研究 ·

前屈位不同角度牵引治疗颈椎病的有限元分析

汪芳俊¹, 魏威¹, 廖胜辉^{2*}, 任宏宇¹, 范炳华³

(1. 杭州市红十字会医院, 浙江 杭州 310003; 2. 中南大学信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083; 3. 浙江中医药大学附属第三临床医学院, 浙江 杭州 310003)

【摘要】 目的: 分析不同牵引角度加载在颈椎曲度变直的模型上得到的数据, 为临床牵引治疗颈椎病提供实验依据和临床建议。方法: 选取颈椎曲度变直患者采集 CT 数据(女性, 43 岁), 采用专用生物力学有限元软件构建完整的颈椎全节段模型, 包括使用实际解剖位置构建的颈椎韧带、肌肉组织; 进行有限元模型的验证后, 用 0°、前屈 5°、10°、15°、20°、25° 进行牵引, 观察椎间孔、关节突、钩椎关节、椎间盘的间距变化, 以及髓核和基质的应力变化。结果: 当牵引角度为前屈 0°~15° 时, 椎间孔、钩椎关节、后关节突之间的间距加大, 椎间盘的拉应力适宜, 压应力较小, 比较符合临床治疗要求。结论: 建议牵引治疗颈椎病时采取前屈位 0°~15°。

【关键词】 生物力学; 有限元分析; 颈椎; 牵引术

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2014.07.014

Finite element method analysis of anteflexion traction on various angles for the treatment of cervical spine WANG Fang-jun, WEI Wei, LIAO Sheng-hui*, REN Hong-yu, and FAN Bing-hua. *Central South University, Science and Engineering College, Changsha 410083, Hunan, China

ABSTRACT Objective: To analyze the data of angle variation on traction based on a finite element model of complete cervical spine with straight physiological curvature, and try to give experimental reference and suggestion in treating cervical spondylosis. **Methods:** A 43-year-old female patient with straight cervical spine was chosen and the CT scan data were collected. By using specially designed modeling system, a high quality finite element model of complete cervical spine with straight physiological curvature is generated, which included ligament and muscle according to anatomy. After the model was confirmed, traction was loaded with angle 0°, anterior 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, to observe the data of distance change on between adjacent intervertebral foramen, processus articularis, uncovered joint, intervertebral discs, and stress of anulus fibrosus and nucleus pulposus. **Results:** When the angle was 0°-15°, the distance between intervertebral foramen, Luschka joint and processus articularis posterioris was enlarged, the tensile stress was adequate and compressive stress was small. It met the clinical requests. **Conclusion:** 0°-15° anterior position is suggested for the treatment of cervical spondylosis.

KEYWORDS Biomechanics; Finite element analysis; Cervical vertebrae; Traction

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(7): 592-595 www.zggszz.com

随着现代社会的发展、人们生活方式的改变, 颈椎病发病率逐年上升, 发病人群也正在逐步年轻化。颈椎牵引是颈椎病非手术治疗中常用的有效方法。但牵引在临床上的具体操作尚缺乏统一细致的标准, 不适当的牵引角度不但不能达到治疗目的, 反而会加重病情。因此, 为了更好地认识牵引治疗颈椎病的生物力学原理, 提出合理的牵引方式, 对颈椎牵引进行生物力学的研究很有必要。有限元分析在骨科生物力学中的实用性和科学性被广泛认同, 能较好地模拟复杂力学环境, 提供其他实验方法不能直接

测量的内部力学反应。目前在脊柱外科, 腰椎有限元研究比较深入, 但颈椎有限元的应用则起步比较晚^[1], 所建模型比较简单, 并少有高质量的全节段颈椎模拟。笔者在前期研究构建高质量生理曲度变直的颈椎全节段有限元模型方法的基础上^[2], 进一步构建颈椎的主要肌肉组织, 然后根据临床中常用的前屈位牵引的不同角度, 对颈椎进行模拟牵引治疗, 并进行对比分析。

1 材料和方法

1.1 计算机硬件配置和建模软件系统 硬件使用普通台式个人计算机, 英特尔 P4 3.0 盘为 260 GB, ATI RADEON 9800 Pro 显示卡。建模软件采用上海辉擎信息科技有限公司的生物力学建模软件 (E-feature Biomedical Modeler)^[3], 系统具有方便的图像分割和组织自动提取功能, 能重建出高精度的三维

基金项目: 浙江省医药卫生一般研究计划(编号: 2011KYA136)

Fund program: Zhejiang Province General Research Project of Medical Science (No. 2011KYA136)

通讯作者: 廖胜辉 E-mail: shliao@zju.edu.cn

Corresponding author: LIAO Sheng-hui E-mail: shliao@zju.edu.cn

表 3 不同前屈度数关节突和钩椎关节在 Z 轴方向间距上的变化 (mm)

Tab.3 Distance change of processus articularis and uncovertebral joint on Z direction with various angles (mm)

表 4 不同前屈度数椎间盘间距在 Y 轴和 Z 轴方向上的变化 (mm)

Tab.4 Distance change on Y and Z direction of intervertebral discs with various angles (mm)

表 5 不同前屈度数髓核的最大拉应力和最大压应力 (mm)

Tab.5 Maximum tension stress and maximum compressive stress of nucleus pulposus with various angles

外),但 15°以后,变化较小;所有髓核的最大压应力都随着牵引角度的增大而增加,下颈段大于上颈段(表 5)。

3 讨论

颈椎牵引是非手术治疗颈椎病的手段之一,临床常结合推拿手法治疗,可以提高疗效。牵引能限制颈椎活动,促进组织水肿和炎症消退;增大椎间隙和椎间孔,减轻神经根压迫;解除肌痉挛恢复脊柱平衡;恢复颈曲,解除滑膜嵌顿,恢复颈椎间的正常序列和相互关系;伸展扭曲的椎动脉,改善椎动脉血供;使黄韧带皱褶变平,改善脊髓受压症状等作用。有限元方法在颈椎生物力学研究中的应用被广泛认同^[8],本文基于高质量的全节段颈椎有限元模型进

行分析。根据从模拟实验得出的结果,笔者设想临床应用牵引治疗颈椎病时,可以根据影像学征象选择适宜角度。

3.1 椎间孔狭窄 颈椎退行性改变后,由于椎间韧带、后纵韧带或黄韧带的增厚钙化、或椎间隙狭窄等因素造成椎间孔内径狭窄,可能挤压到颈椎神经后根,从而产生神经根刺激症状造成颈肩背痛或上肢麻木疼痛的症状^[9]。从模拟试验可以看出,随着前屈位牵引角度的增大,同一节段椎间孔的前后和上下距离均变大,但大于 20°后 C₂-C₄ 的上下间距开始变小。该结果提示在影像学上有椎间孔狭窄征象时,应采用不超过 20°的前屈位牵引,有利于最大限度地增加椎间孔距离,减轻对神经根的压迫。

3.2 关节突关节退行性改变 关节突关节和钩椎关节退变的特点是关节面软骨的退变并形成骨赘, 关节间距变窄, 关节增大, 使周围软组织或颈神经根受压而产生紧张疼痛^[9]。模拟试验中关节突关节间距变化随着牵引角度的增大而变大, 但钩椎关节在牵引角度增大时, 间距变化反而减少, 尤其值得注意的是当牵引角度大于 20° 时, 钩椎关节间距变化全部为负值, 说明大角度牵引使钩椎关节间距反而减小。这对颈椎病是不利的。以上结果提示如果从影像学上观察有钩椎关节明显增生时, 宜采用 0° 的牵引; 如果关节突增生明显, 宜略前屈 15°~20° 牵引。

3.3 颈椎椎间盘膨出或突出 颈椎膨出或突出以后会出现椎间隙变窄的影像学表现。模拟试验提示牵引能增加相邻椎间盘的距离, 而且随牵引角度加大而增加; 椎间盘后端的间距增加明显, 这有利于部分膨出或突出的椎间盘回纳, 减轻椎间盘受压, 符合临床治疗颈椎间盘突出或膨出的要求^[9]。但从应力分析来看, 随着牵引角度的增大, 拉应力减小, 压应力增加, 这对椎间盘是不利的, 尤其是大于 20° 时, 尤为明显。这种情况提示在颈椎椎间盘膨出/突出时宜采用小角度牵引。

该研究表明: 当牵引角度为前屈 0°~15° 时, 椎间孔、钩椎关节、后关节突之间的间距加大, 椎间盘的拉应力适宜, 压应力较小, 符合临床治疗颈椎病的要求, 因此建议牵引治疗颈椎病时采取前屈位 0°~15°, 最大不超过 20°, 有利于减轻神经根的刺激和椎间盘的减压。

参考文献

[1] 魏威, 毕大卫, 郑琦, 等. 颈椎有限元分析模型的应用和进展[J]. 中国骨伤, 2010, 23(5): 400-402.
Wei W, Bi DW, Zheng Q, et al, Application and progress of the fi-

nite element analysis model of cervical vertebrae[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2010, 23 (5): 400-402. Chinese with abstract in English.

[2] 魏威, 廖胜辉, 赖震, 等. 生理曲度变直与正常的颈椎有限元建模与分析[J]. 中国生物医学工程学报, 2011, 30(6): 885-891.
Wei W, Liao SH, Lai Z, et al. FEM Modeling and Analysis of straight and normal physiological curvature cervical spine[J]. Zhongguo Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Bao, 2011, 30(6): 885-891. Chinese.

[3] Liao SH. E-feature Biomedical Modeler[EB/OL]. <http://www.e-feature.net/content/fea>, 2010-12-08/2011-05-30.

[4] Tchako A, Sadegh AM. Stress changes in intervertebral discs of the cervical spine due to partial discectomies and fusion[J]. J Biomech Eng, 2009, 131(5): 051013.

[5] Kallemeyna N, Gandhi A, Kode S, et al. Validation of a C2-C7 cervical spine finite element model using specimen-specific flexibility data[J]. Med Eng Phys, 2010, 32(5): 482-489.

[6] Moroney SP, Schultz AB, Miller JA, et al. Load-displacement properties of lower cervical spine motion segments[J]. J Biomech, 1988, 21(9): 769-779.

[7] Panjabi MM, Dvorak J, Sandler A, et al. Cervical spine kinematics and Clinical Instability. The cervical spine[M]. 3rd Edition. Philadelphia: Cervical Spine Research Society, Lippincott-Raven (Pub.), 1998: 53-77.

[8] 胡勇, 赵红勇, 徐荣明. 有限元方法在上颈椎生物力学研究中的应用进展[J]. 中国骨伤, 2012, 25(3): 262-266.
Hu Y, Zhao HY, Xu RM. Biomechanical application of finite element method in upper cervical spine[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2012, 25(3): 262-266. Chinese with abstract in English.

[9] 倪家骧, 段红光, 裴爱珍. 颈源性疼痛诊疗学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2005: 186-210.
Ni JX, Duan HG, Pei AZ. Diagnosis and Management of Cervicogenic Pain[M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2005: 186-210. Chinese.

(收稿日期: 2013-11-1 本文编辑: 王宏)

·读者·作者·编者·

《中国骨伤》杂志正式启用稿件远程处理系统通知

《中国骨伤》杂志已于 2010 年 1 月正式启用稿件远程处理系统。通过网站 <http://www.zggszz.com> 可实现不限时在线投稿、审稿、编辑、退修、查询等工作。我刊将不再接受纸质版和电子信箱的投稿。

欢迎广大的作者、读者和编者登录本刊网站, 进入稿件处理系统进行网上投稿、审稿和稿件查询等工作。

咨询电话: 010-84020925。

《中国骨伤》杂志社