

胸锁乳突肌三维有限元的建立

黄宇琦¹ 阚和平¹ 林智棋¹ 周杰¹ 李义凯^{2,4} 原林³

摘要 目的:采用三维有限元重建技术,建立出胸锁乳突肌的三维有限元模型。研究和分析颈部体位姿势对本模型各组成部分应力变化和分布特点的影响。**方法:**取材来自中国数字人 I 号头颈部断面切片图片,层距 0.2mm,图片序号 7800-8400,包含数字人胸锁乳突肌全长。对图片序号每间隔 10 张抽取 1 张,层厚 2mm(0.2mm×10)。图片保存为 BMP 灰度图。采用 Ansys8.0 软件,分别以双侧轴向向上载荷 100N,作用于乳突部,模拟头后仰时拉伸力;给一侧乳突部水平向前拉力 100N,另一侧乳突部水平向后拉力 100N,模拟头旋转时作用力。**结果:**根据中国数字人男 I 号头颈部断面切片图片和利用 Ansys 8.0 系统建立出包含了双侧胸锁乳突肌的实体模型。头后仰时的拉伸应力分布均匀,作用点集中在双侧胸锁乳突肌的乳突部。头旋转时应力分布出现高应力区,集中于对侧胸锁乳突肌肌腹的偏下部及乳突部。**结论:**基于中国数字人男 I 号头颈部断面切片图片建立的胸锁乳突肌三维有限元模型的效果直观、准确、仿真,可满足研究的要求,今后需进一步研究。

关键词 胸锁乳突肌;三维有限元;肌筋膜

中图分类号:R493,R741 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2009)-05-0423-03

Setting-up and analysis of the three-dimensional finite element model of sternocleidomastoid muscle/ HUANG Yuqi, KAN Heping, LIN Zhiqi, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2009, 24(5): 423-425

Abstract Objective:To set a three-dimensional finite element model of sternocleidomastoid muscle with Ansys8.0 soft system, in order to study the effect of postures of head and neck on stress changes and the distribution characteristics of the muscle. **Method:** The digital pictures of cross section of neck with a serial number from 7800 to 8400 and interval 0.2 mm were taken from the first of Digital Virtual Chinese Human I, which including total length of sternocleidomastoid muscle. Getting 1 piece of picture every interval 10pieces from the serial number to build model of the muscle according the acquired of 3D and the height of slide was 2mm(0.2mm×10). The manner of picture was keep for BMP.A pulling force of 100N was loaded axially and upward on one pair of sternocleidomastoid muscle at mastoid processes to simulate head extension. A force of 100N was loaded on mastoid level forward at one side and at the mean time, a force of 100N was loaded backward at another side to simulate head rotation. **Result:** The 3D finite element models were established with the digital pictures and Ansys 8.0, which including one side and both sides of sternocleidomastoid muscle. During simulating head extension, the stress loaded on the muscle was fair well-distributed and acting point concentrated on mastoid process areas of sternocleidomastoid muscles of both sides. During simulating head rotation, the stress distributed at high stress area and acting point concentrated on mastoid process area and middle-inferior belly of sternocleidomastoid muscle of contrast side. **Conclusion:** This three-dimensional finite element model was accurate, simulated, could be directly perceived through one's view, and could meet the demand of study. The further study is needed.

Author's address Nanfang Hospital, The Southern Medical University, Guangzhou, 510515

Key words sternocleidomastoid muscle; three-dimensional finite element; muscular fasciae

在医学领域,有限元模型可以帮助我们更好地研究人体的生物力学特点。如利用有限元模型,来研究和分析心血管及口腔科学和骨科学的力学特征和规律^[1-8]。近几年来,有关肌肉筋膜病变在疼痛性疾病中的重要性日益受到重视。而胸锁乳突肌在颈椎病和颈源性头痛中所起的作用也受到关注。一些作者从流行病学和解剖学角度对胸锁乳突肌肌筋膜的发病机制和解剖学特点进行了研究^[9-10]。但有关胸锁乳突肌的运动学及头颈部各种体位姿势和活动对

本肌各个部分的应力变化有何影响未进行过研究。而明确这些体位姿势与胸锁乳突肌各个部位的应力变化和分布特点之间的关系,可以指导临床的诊断

1 南方医科大学附属南方医院肝胆外科,广州,510515

2 南方医科大学中医药学院骨伤推拿教研室

3 南方医科大学临床解剖研究所

4 通讯作者

作者简介:黄宇琦,男,主治医师,博士

收稿日期:2008-12-13

和治疗以及有效的预防。为此,本研究拟采用三维有限元方法,建立胸锁乳突肌的三维有限元模型。在此基础上,模拟并分析颈椎的各种体位姿势对三维有限元模型各组成部分应力分布的影响,以期为临床的诊治提供直观可靠的生物力学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

取中国数字人 I 号头颈部断面切片图片^[11-12],层距 0.2mm,图片序号 7800-8400,包含数字人整个胸锁乳突肌全长。按建立模型需要对图片序号每间隔 10 张抽取 1 张,层厚=0.2mm×10=2mm。把图片按保存为 BMP 灰度图。

1.2 有限元建模方法

本实验中利用 Matlab 6.0 提取图片中轮廓线数据矩阵,转换为 dat 文档后输入 Ansys 8.0 建模。模型包含双侧胸锁乳突肌胸骨头、锁骨头、肌腹、乳突部。

1.3 模型参数

对材料属性以及单元类型、实常数赋值:单元类型:PIPE20 PLASTIC STRAIGHT PIPE;实常数:0.18000E-01;材料属性:EX=0.28000E+08;PRXY = 0.30000。自适应划分有限元单元和节点。

模型参数、赋值过程和所生成数据均存储于计算机内。

1.4 加载和计算方法

以双侧轴向面载荷 100N,作用于乳突部,方向向上,模拟头后仰时拉伸力。以给一侧乳突部水平向前拉力 100N,另一侧乳突部水平向后拉力 100N,模拟头部旋转时作用力。

2 结果

2.1 胸锁乳突肌的实体模型

根据中国数字人男 1 号头颈部断面切片图片,利用 Matlab6.0 提取图片中轮廓线数据矩阵,转换为 dat 文档后输入 Ansys 8.0 建立出人体胸锁乳突肌模型,见图 1(见彩色插页)。模型分为不同角度下胸锁乳突肌的实体模型,包含了双侧和单侧的胸锁乳突肌。

2.2 头后伸及旋转对胸锁乳突肌各个部分应力分布的影响

2.2.1 头后伸时胸锁乳突肌的应力分布情况:在加载条件下(加载情况见 1.4)模拟头后伸牵拉双侧的胸锁乳突肌。可见胸锁乳突肌各个部分的应力分布均匀,作用点集中在双侧胸锁乳突肌的乳突部,见图

2(见彩色插页)。

2.2.2 头部旋转时胸锁乳突肌的应力分布情况:以给一侧乳突部水平向前拉力 100N,另一侧乳突部水平向后拉力 100N,模拟头部旋转时作用力。应力分布出现高应力区域,集中于对侧胸锁乳突肌肌腹的偏下部及乳突部,见图 3(见彩色插页)。

3 讨论

3.1 建模方法的发展方向

有限元模型化研究提供了我们正常生理功能的信息,减少了对动物和尸体实验的依赖,是临床研究不可缺少的工具^[13]。患者个体化模型可用于病情评估以及术前术中设计。可以认为:只有在有限元工具像 Word 软件一样被临床医生普遍掌握,并受益于患者时,有限元在医学上的应用才真正获得生命力^[14]。而目前的情况是有限元建模方法复杂,制约了其临床应用;有限元模型流通性差,缺乏技术交流平台。因此,我们认为有限元建模技术的发展必须走向智能化、集成化、网络化,必须面向临床应用。

3.2 集成强大图像处理功能的医学有限元软件的出现

目前最为流行的有限元软件 Ansys 已经发展到 8.1 版,能够在个人计算机的 Windows 环境下运行。Ansys 具有比较友好的图形界面,绝大多数操作可以用菜单命令完成。但由于其主要面向工业用户,所以其自带建模处理器只能建立规则的三维体素,或者由点往上建模,图形粗糙。因此,发展强大的集成前处理单元,使软件能够直接读取平面图像、提取轮廓数据、建立复杂的三维体素,已成为发展医学专业有限元软件的必要。

3.3 有限元三维重建与 CT 三维重建技术的融合

CT 三维重建技术包括四种显示方法即:框架轮廓显示法因图像直观效果差应用范围受限制;表面显示法比较成熟,已经处于临床应用阶段;体素重建法是一种有潜力的显示方法;真实三维显示法目前还处于研究阶段。CT 三维重建系统采用患者 CT 扫描数据或断面图像,完全在微机上实现患者扫描部位图像的立体重建。这种源于患者实际结构的三维计算机图像,表面特征真实,内部结构,如皮肤、皮下组织、肌、骨等层次清晰,骨性标志明确^[15-16]。通过计算机可对重建的三维图像作任意方向旋转、剖切或逐层剥离,清楚地显示人体病变波及的三维空间范围^[17-18]。因此,有限元三维重建完全可以借用 CT 三维重建的技术成就,或者融合表面显示技术,通过 CT 图像建模;或者建立良好的接口程序,直接引入

CT 三维模型^[19-20]。有限元技术同虚拟人体技术结合成为医学有限元发展的必然。在虚拟人体上可方便、准确地进行体内外结构的任意定点、定位和角度测量,提取所需要的数据,然后在性能强大的计算机或者网络服务器上自动完成有限元重建^[21]。

3.4 三维有限元技术在骨骼肌疾病诊治中的意义

本研究是采用三维有限元建模,计算机加载分析的方法,来研究头后伸及旋转状态下双侧胸锁乳突肌的应力分布情况。研究表明,三维有限元技术完全可以用于骨骼肌的应力分析和动力学观测。而且效果直观、准确、仿真,可满足研究的要求。这些研究结果可以在临床上指导患者更有效地进行肌肉神经的康复锻炼;也可以用于生产劳动中劳动保护,指导员工如何避免容易造成劳损的工作姿势或日常生活中的不良动作,提高员工的生产效率和减少职业损害,在工效学方面具有重要的意义。本研究结果提示,在人体头后伸时,双侧胸锁乳突肌各个部分应力分布均匀,不会因一般性的头屈伸动作造成胸锁乳突肌的急性损伤或慢性劳损。但在旋转时,我们发现应力主要集中在对侧胸锁乳突肌肌腹部和乳突部,这些结果与临床观察基本相符。因工作需要或习惯,长期将头保持在转头姿势或长期维持扭头姿势上时,可造成对头旋转对侧的胸锁乳突肌肌腹和其乳突部的肌纤维发生慢性损伤。在已经发生胸锁乳突肌劳损的患者,应指导其避免频繁地扭头或转动头颈,减少病变处肌纤维遇受过度的牵拉,以利损伤的尽快康复。

本研究是利用通过中国数字人 I 号头颈部断面切片图片,利用三维有限元重建技术,建立了人体胸锁乳突肌的三维有限元模型。通过加载生理载荷参数来分析头后伸和旋转对胸锁乳突肌应力分布的影响。今后的工作是加载不同载荷等级,来模拟更多的头颈部动作,以尽可能地阐明胸锁乳突肌的损伤机制,更好地指导临床的诊治工作。

参考文献

[1] 张宇,郝智勇,金德闻,等.基于磁共振图像的人体膝关节三维模型的建立[J].中国康复医学杂志,2007,22(4):339—342.
[2] 郭宏强,李涤尘,连琴,等.静态和动态条件下股骨假体结构参数研究[J].中国康复医学杂志,2008,23(8):720—723.

[3] 徐海涛,徐达传,李云贵,等.坐位旋转手法时退变腰椎间盘内在应力和位移的有限元分析[J].中国康复医学杂志,2007,22(9):769—771.
[4] 方丽丹,贾晓红,罗勇,等.小腿假肢接受腔残肢生物机械系统三维重构[J].中国康复医学杂志,2007,22(1):55—57.
[5] 夏虹,张美超,赵卫东,等.寰椎三维有限元模型的建立及其骨折机制[J].中华创伤杂志,2004,20(4):209—212.
[6] 高允海.有限元分析法研究脊柱生物力学的新进展[J].国外医学·生物医学工程分册[J].2003,26(6):281—284.
[7] 王小平,张先龙,李柱国,等.有限元法在医疗器械设计中的应用[J].医疗卫生装备,2004,25(2):10.
[8] 朱兴华,侯亚君,尚禹.胞元结构形式、材料性质对松质骨力学性能的影响[J].中国生物医学工程学报,2004,23(2):134—138.
[9] 黄宇琦,高彦平,徐海涛,等.胸锁乳突肌扳机点疼痛部位及其性别因素分析[J].第一军医大学学报,2005,25(1):111—113.
[10] 杨先文,高彦平,李义凯.胸锁乳突肌乳突部形态学特征及其临床意义[J].颈腰痛杂志,2006,27(4):258—261.
[11] 原林,唐雷,黄文华,等.虚拟中国人男性一号(VCH-M1)数据集研究[J].第一军医大学学报,2003,23(6):520—523.
[12] 原林,黄文华,唐雷,等.虚拟中国人关键技术的研究[J].解剖学报,2003,34(3):225—230.
[13] 毕胜,张德文,张明,等.腰椎牵引三维有限元模型分析[J].中国康复医学杂志,2002,17(2):84—86.
[14] 陈肇辉,李义凯.计算机辅助的三维重建在骨伤科中的运用[J].中国中医骨伤科杂志,2000,8(2):52—54.
[15] Lin HS, Liu YK, Ray G. Systems identification for material properties of the intervertebral joint[J]. J. Biomechanics, 1978, 11(1-2):1—14.
[16] Shirazi-Adl A, Drouin G. Load bearing role of facets in a lumbar segment under sagittal plane loadings [J]. J. Biomechanics, 1987, 20(6):601—613.
[17] Shirazi-Adl A. On the composite material models of disc annulus—comparison of predicted stresses [J]. J. Biomechanics, 1989, 22(4):357—365.
[18] Shirazi-Adl A, Drouin G. Finite element simulation of changes in the axial content of human lumbar discs: mechanical and clinical implications[J]. Spine, 1992, 17, 206—212.
[19] Shirazi-Adl A. Analysis of role of bone compliance on mechanics of a lumbar motion segment[J]. J. Biomech. Engng, 1994, 116(4):408—412.
[20] Simon BR, Wu JS, Carlton MW, et al. Structural models for human spinal motion segments based on a poroelastic view of the intervertebral disc [J]. J Biomech. Engng, 1985, 107(4):327—335.
[21] Laible JP, Pflaster DS, Krag MH, et al. A poroelastic finite element model with application to the intervertebral disc[J]. Spine, 1993, 18, 659—670.