

3 讨论

目前,传统解剖教学作为医学生学习解剖知识的重要手段^[1-3]。但存在以下局限性:(1)医科大学的解剖学课程通常安排在基础学习阶段。医学生进入临床工作时,对解剖知识尤其是复杂的鼻咽部解剖,遗忘率很高。(2)尸源少,医学生实物实际操作少;标本经福尔马林处理,长时间吸入影响师生身心健康;解剖过程无法重复操作。(3)人体解剖学教学通常以教师指导为主,辅以教科书、图谱、标本和模型等教具。但因所用教具无立体感、内容抽象,学生刻板接受知识,难以深入了解和探究存在的问题,再加上信息量大,容易混淆和遗忘,教学效果往往不能令人满意。(4)在基础课程阶段主要学习正常人体解剖,难以满足医学生对鼻咽部病变及变异解剖结构的认识需求。(5)因对鼻咽部解剖结构认识的不足,一方面降低了医学生对鼻咽部疾病的全面认识;另一方面,在与患者沟通时可能出现对疾病描述不清、自信心不足等问题,导致医患沟通障碍。

综上所述,本研究以医学图像等多模图像为基础,将 3D 造型技术应用于鼻咽部解剖模型制作,并将其应用到鼻咽部临床实践教学,形成较为完善的基于 3D 造型技术的鼻咽部疾病临床实践教学模式。总之,3D 虚拟模型所具有的个性化、精准化等优点,在模型真实程度、模型对年轻医生的培养作用、对医患沟通作用以及临床可应用性等方面具有积极意义。

〔参考文献〕

- (1) 赵飞,黄华兴,褚鹏,等. 3D 解剖图像和影像学三维图像在外科教学中的应用(J). 南京医科大学学报(社会科学版), 2016, 75(4): 333-335.
- (2) 王星,史君,张少杰,等. 3D 多媒体技术在解剖学教学中应用探讨(J). 科技创新导报, 2014, 11(1): 163-165.
- (3) 李小飞,沈军生,毋涛涛. 加入 3D 解剖模拟技术的新型人体解剖学教学方法研究(J). 卫生职业教育, 2015, 33(9): 41-42.

(文章编号) 1007-0893(2021)15-0007-03

DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2021.15.003

桡骨远端骨折的三维有限元模型研究

屈任伸

(广州市番禺区中医院, 广东 广州 511400)

〔摘要〕 **目的:** 构建三维有限元模型,借助三维有限元技术针对桡骨远端应力传导及分布水平进行评估,进而为临床诊断提供参考。**方法:** 以健康成年男性左前臂作为研究样本,经桡骨纵轴针对冠状面进行电子计算机断层扫描(CT)技术,扫描层距大概是 2 mm,将断面 CT 检测数据导入到计算机中,以 3D-DOCTOR (3.5 版本)进行桡骨远端 3D 有限元模型的构建;在 ANSYS (10.0 版本)中置入模型,设置合理的边界条件,并且进行负荷加载处理,针对桡骨远端展开应力传导及分布设置,并在此基础上完成三维有限元评估。**结果:** 借助 CT 技术,分析各层面的图像信息,并且借助 3D-DOCTOR (3.5 版本)展开构建,实现桡骨远端模型;针对有限元分析数据进行分析,若是出现 Colles 骨折的症状,桡骨密质骨及松质骨相接的位置会出现应力集中度显著提升的现象,并且掌侧拉应力相对于背侧而言,会显著提升;若是出现 Smith 骨折症状,桡骨密质骨及松质骨相接的位置会出现应力集中度显著提升,可是背侧拉应力会显著强于掌侧。**结论:** 联系 CT 技术及 3D-DOCTOR (3.5 版本)进行三维有限元模型的构建,此种方式具备有效、便捷的优势,所呈现的模型具备良好的精确性;根据有限元分析数据可知,桡骨骨折伸直型裂纹会在桡骨表面密质骨及松质骨相接的掌侧位置产生。

〔关键词〕 桡骨远端骨折;三维有限元;计算机断层扫描

〔中图分类号〕 R 687.3 〔文献标识码〕 A

Three Dimensional Finite Element Study of Distal Radius Fracture

QU Ren-shen

(Guangzhou Panyu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Guangzhou 511400)

〔Abstract〕 **Objective** To construct a three-dimensional finite element model and evaluate the stress conduction and

〔收稿日期〕 2021-05-01

〔基金项目〕 广州市番禺区科技计划项目资助课题(1303)

〔作者简介〕 屈任伸,男,主治中医师,主要研究方向是中医骨伤方向。

distribution level of the distal radius with the help of three-dimensional finite element technology, so as to provide reference for clinical diagnosis. **Methods** The left forearm of healthy adult male was used as the study sample. CT technique was performed on the coronal plane of the longitudinal axis of the radius with a scanning interval of about 2 mm. CT detection data of the section was imported into the computer, and a 3D finite element model of the distal radius was constructed using 3D-Doctor (version 3.5). The model was placed in ANSYS (version 10.0), reasonable boundary conditions were set, and load processing was carried out. The stress transmission and distribution Settings were carried out for the distal radius, and the three-dimensional finite element evaluation was completed on the basis of this. **Results** CT technology was used to analyze the image information at all levels, and 3D-Doctor (version 3.5) was used to construct the distal radius model. According to the analysis of the finite element analysis data, if the symptoms of Colles fracture are present, the stress concentration of the radius where the dense bone and cancellous bone meet will be significantly increased, and the volar tensile stress will be significantly increased compared with the dorsal. In the presence of Smith fracture symptoms, there is a significant increase in stress concentration where the dense bone and cancellous bone of the radius meet, but the dorsal tensile stress is significantly stronger than the palmar. **Conclusion** Combined with CT technology and 3D-DOCTOR (version 3.5) to construct 3D finite element model, this method has the advantages of effectiveness and convenience, and the presented model has good accuracy. According to the finite element analysis data, the extensional crack of the radial fracture will occur in the palmar position where the dense bone and the cancellous bone meet on the radial surface.

(Key Words) Distal radial fracture; Three-dimensional finite element; Computed tomography

现今, 三维有限元技术是具备较高科技含量的生物力学分析方法, 这种方法是在工程数学基础上产生的一种求解连续介质力学问题的数值研究技术, 其有效联系了电子计算机方法, 可以系统性地研究具备较为复杂结构性能的物体。其机制其实是把具备连续性特性的弹性体, 细分为有限力学单元, 并且借助其结合体来针对原弹性体进行分析, 并且针对各个单元的具体性质进行分析, 并因此有效分析弹性体特性。在桡骨骨折症状中, 因为桡骨存在一定生物力学特征, 因此会对骨折进展产生极大的影响, 甚至会影响到临床治疗效果, 并且改善预后^[1]。就桡骨的外观及结构来说, 以有限元分析方法完成三维模型的构建, 如此能够针对其进行系统性的评估, 并且掌握桡骨在各个情况下的应力分布特征及生物力学特征, 并将这些数据用来为桡骨远端骨折的临床诊治提供参考意见。

1 材料及方法

基于桡骨远端有限元模型, 以 ANSYS (10.0 版本) 对模型开展应力传达及分布特征的系统性评估。

1.1 建模方法

以健康成年男性左前臂作为研究样本, 采用美国 GE 螺旋电子计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 机从桡骨下半段近端到远端垂直于其纵轴进行 CT 扫描, 获取用于建立三维有限元模型的相关资料。经 CT 胶片用胶片数字化扫描仪转化为数字图像导入计算机, 用图像处理软件 PHOTOSHOP 7.0 剪裁出每个层面的桡骨 CT 图像以方便在 3D-DOCTOR (3.5 版本) 软件中进行建模。

1.2 模型导入

把 3D-DOCTOR (3.5 版本) 内的桡骨远端模型传输至 ANSYS (10.0 版本) 内, 获得相关参数之后构建桡骨远端三维模型, 见封三图 1A, B。桡骨长度、桡骨干密质骨分别是 140.3 mm、116.7 mm, 密质骨往松质骨渐变位置 23.6 mm。

运用计算机处理图形, 构建桡骨远端三维计算机模型, 涵盖骨髓腔的透视图, 见封三图 1C、D。

1.3 有限元模型的网格细分

以三维技术, 并且结合符合四面体单元完成网络细分处理, 有效分析相关的区域, 再加上网格细分具备较为细致特征, 涵盖 111252 个节点 85125 个单元。网格细分处理之后得到桡骨模型, 见封三图 1E。

1.4 骨组织的材料学特征

计算机建模中非常重要的一点就是将桡骨体设定成密质骨, 而从桡骨下端渐渐变成松质骨, 具备良好的均质及连续性, 而线弹性材料具备显著的各向同性特征, 相关参数见表 1。

表 1 骨组织的材料学特征

组织弹性	模量 /Pa	泊松比
密质骨	1.7×10^{10}	0.3
松质骨	8.0×10^8	0.2

1.5 加载情况

以桡骨尺侧往桡侧的方向当作 X 轴, 而桡骨背侧往掌侧的方向则是 Y 轴, 桡骨纵轴由近端到远端是 Z 轴。借助抽象简化技术进行相关分析, 简要分析一些并不重要的因素, 只针对机体在前臂位置所施加的冲击力及地面对腕关节位置所施加的反冲力进行重点分析。伸直型桡骨远端骨折症状: 因为腕关节具备固定特征, 也就是模型底部截面中全部的节点自由度都是 0, 针对桡骨体截面位置以恒定的加速度进行所施加力度的提升, 所施加的力度是 1000 N, 而力的方向和前臂两者之间的角度是 45°, 并且沿背侧, 角度朝下, 见封三图 1F 及封三图 1G。

2 结果

2.1 伸直型桡骨远端骨折 (Colles 骨折)

桡骨远端密质骨及松质骨相接的位置应力集中度较高,

并且应力的最大值是 200 MPa, 见图 1H; 相对于桡骨背侧来说, 掌侧的拉应力相对较大, 并且差异存在统计学意义 ($P < 0.05$), 应力范围是 66.8~160.0 MPa, 见图 1I。

2.2 屈曲型桡骨远端骨折 (Smith 骨折)

在桡骨远端密质骨及松质骨相接位置的应力集中度相对较高, 并且最大值是 198 MPa, 见图 1J; 拉应力图能够得知, 相对于桡骨掌侧来说, 背侧拉应力相对较大, 并且范围是 44.6~200.0 MPa, 见图 1K。

3 讨论

3.1 骨折部位的评估

若是骨骼所承担的外力大于骨承受应力的极限强度, 承受外力的位置会产生机械受损的现象, 并且出现骨折症状。根据生物力学数据可知, 骨对轴向压力具备极高的抵抗力, 若是存在压力因素, 产生破坏现象的几率相对较小, 因为张力存在, 因此患者的抵抗力会明显降低, 出现骨折症状的几率相对较高, 再加上张力及压力存在较大差异, 因此骨折位置差异也相对较大^[2]。

3.2 Colles 骨折

根据有限元分析数据可知, Colles 骨折位置会出现在松质骨及密质骨相接位置的掌侧部位, 这是由于出现跌倒症状的时候, 桡骨会承受两个分量的外界冲击力, 平行和骨纵轴对桡骨形成压缩力, 垂直和骨纵轴导致桡骨出现弯曲变形的症状, 骨折症状是因为压缩及弯曲变形而形成的。因为桡骨体密质骨及桡骨下端松质骨所具备的弹性模量存在较大差异, 依照应力与应变之间的关联性, 应变若是一致, 那么若是弹性模量较大, 对应的应力也就相对较大, 因此骨折部位是桡骨体往远端的移行位置。此外, 因为弯曲变形的力是因为背侧所承担的压应力及掌侧所承担的张应力共同产生的, Colles 骨折症状的患者, 其掌侧张应力具备较强的集中力, 并且显著强于背侧^[3]。根据生物力学数据可知, 而骨具备较强的抗压力特性, 在存在压力时, 破坏性相对较小, 而若是存在张力, 那么抵抗破坏力的能力相对较小, 骨折出现的几率相对较小, 因此骨折首先出现的部位是掌侧。综合上述数据可知, 首先出现骨折症状的位置是松质骨及密质骨相接位置的掌侧, 这和临床相关经验相符。

3.3 Smith 骨折

有限元计算结果表明, Smith 骨折的骨折部位首先发生于松质骨和密质骨交界处的背侧, 是因为发生跌倒时, 桡骨所受的外界冲击力有两个分量, 其中平行与骨纵轴的分量对桡骨产生压缩力, 垂直与骨纵轴的分量使桡骨产生弯曲变形, 骨折是压缩和弯曲变形共同引起的。因为桡骨体密质骨及桡骨下端松质骨所具备的弹性模量存在较大差异, 依照应力及应变两者之间的关联性能得知, 应变是恒定的, 若是弹性

模量相对较大, 所承担的应力也就相对较大, 因此出现骨折症状的时候, 往往最先发病位置是桡骨体往远端的移行位置。

3.4 骨折移位的分析

若是骨骼所承担的外力大于骨可以承受的应力最大值, 此位置就极有可能出现机械性受损现象, 产生骨折症状。骨折远近端因为外力存在差异, 因此会产生方向差异显著的移位症状, 而移位程度能够运用力学方法进行阐述^[4]。

桡骨骨折症状产生之后, 因为暴力及肌肉等软组织存在一定收缩力, 因此骨折端会出现移位现象, 由于暴力相对于肌肉等软组织来说, 其收缩力明显较大, 因此应该重视残余暴力效应。若是出现伸直位跌倒的现象, 则应该针对桡骨关键性受力进行分析: 这主要是机体对桡骨作用力是 F, 并且是偏向背侧朝向下的状态; 此外, 地面冲击力是 N, 并且是偏向背侧朝上的状态, 根据牛顿定律可知, MA 是桡骨所承受的惯性力, 三力能够当成是一种平面平衡力系统, 若是桡骨纵轴是 Z 轴, 垂直的方向是 X 轴, 出现骨折时, 将骨折断面当成界面, 将桡骨细分成两个分量, 也就是远折端及近折端^[5]。

4 结论

综上所述, 分析有限元分析数据可知, 桡骨骨折伸直型的裂纹部位往往是桡骨表面密质骨及松质骨相接的掌侧位置; 屈曲型裂纹往往在桡骨表层密质骨及松质骨相接的背侧位置产生。因为骨折是往远端进展至近端位置, 因此 Colles 骨折也往往由桡骨远端掌侧渐渐进展至背侧的位置, 但是 Smith 骨折症状则由桡骨远端背侧的位置渐渐进展至掌侧的位置。此外, 出现 Colles 骨折症状与 Smith 骨折症状出现移位的现象存在较大差异, 因此在临床治疗过程中应该注意这个问题。

[参考文献]

- (1) 张浩, 米建民, 马南, 等. 腕关节有限元骨性建模及力学分析 (J). 江苏大学学报 (医学版), 2013, 23(1): 53-56.
- (2) 朱海波, 朱建民, 马南, 等. 基于软骨和韧带的全腕关节有限元模型建立和舟状骨生物力学研究 (J). 上海医学, 2014, 37(7): 602-605.
- (3) 黄政基, 姚宇航, 张晓猛, 等. 桡骨远端骨折不同治疗方法的研究进展 (J). 中国老年学杂志, 2018, 38(9): 249-251.
- (4) 李佳, 刘勃, 董天华, 等. 2010-2011 年西南地区 11 所医院 60 岁以上尺桡骨远端骨折患者流行病学分析 (J). 中华老年骨科与康复电子杂志, 2017, 3(4): 244-247.
- (5) Hua Z, Wang JW, Lu ZF, et al. The biomechanical analysis of three-dimensional distal radius fracture model with different fixed splints (J). Technol Health Care. 2018, 26(8): 1-13.