doi:10.11659/jjssx.10E016072

·基础研究·

第5颈椎椎弓根的显微形态学研究

卢晓伟[1],李志军[2] (1.内蒙古兴安盟科右前旗人民医院骨外科,内蒙古 科右前旗 137400;2.内蒙古医科大学基础医学院人体解剖学教研室,数字医学中心,内蒙古 呼和浩特 010059)

[摘 要] **目的** 应用Micro CT对正常C_5椎弓根部位进行扫描,分析椎弓根结构的骨小梁显微结构特点并测量相关指标。**方法** 选取5例C_5颈椎骨结构完整的成人干燥骨标本,年龄45~57岁,使用Micro CT对其C_5椎弓根标本进行扫描。以Inveon Research Workplace软件对横断面重建图像分别选定3个兴趣区(50×50×50),计算各兴趣区内骨小梁体积/样本体积(BV/TV)、骨面积体积比(BS/BV)、骨组织表面积(BS)、骨小梁厚度(Tb.Th)等参数,分析骨小梁结构特点、寻找滋养孔并测量统计选定区域骨皮质厚度和髓腔径线。**结果** Micro CT扫描数据经过三维重建后能够清晰显示椎弓根结构骨小梁的显微结构,板层状骨小梁通过斜形棒状骨小梁组成立体网状结构。椎弓根骨髓腔各部分兴趣区BV/TV、BS/BV、Tb.Th、TN值差异均无统计学意义($P>0.05$);椎弓根中部皮质厚度及髓腔径线与椎弓根前部和后部皮质厚度及髓腔径线差异有统计学意义($P<0.05$),并发现滋养孔结构。**结论** 应用Micro CT可以获得正常颈椎椎弓根结构的精细显微图像,可用于分析椎弓根结构的各项指标,也可以进一步应用于有限元分析。

[关键词] 颈椎;椎弓根;骨小梁;Micro CT
[中图分类号] R329;R68 [文献标识码] A [收稿日期] 2016-10-23

Microstructure study of the 5th cervical vertebra with micro CT

LU Xiao-wei[1], LI Zhi-jun[2] (1. Department of Orthopedics, People's Hospital of Horqin Right Front Banner, Hinggan League Inner Mongolia 137400, China; 2. Digital Medical Center, Department of Human Anatomy, Basic Medical College of Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia 010059, China)

Abstract: Objective To measure and analyze the microstructures of the 5th cervical vertebra with micro CT. **Methods** Micro CT scans were obtained from the 5th cervical vertebra of bone specimens of 5 adult cadaver who aged 45 to 57 years old. The scanned data were reconstructed with the Inveon Research Workplace. After being reconstructed with the Inveon Research Workplace, 3 regions of interest(50×50×50, $pixe^3$) were chosen in a coronalplane so that the results of bone volume/total volume(BV/TV, %), bone surface area/bone volume ratio(BS/BV, mm^{-1}), bone surface(BS, mm), trabecular thickness(Tb.Th, mm), and trabecular number(TN, mm^{-1}) were measured. The characteristics of the bone trabecular structure and the nutrient foramina were analyzed, and the thickness of bone cortex and medullary cavity diameter were measured. **Results** Trabecular microstructures were obtained after 3D reconstruction of micro CT scans of the 5th cervical vertebra. The lamellar-like trabecular bone make up a complex net-like micro-construction combined with rod-shaped trabecular bones in all direction. There was no significant difference in BT/TV, BS/BV, Tb.Th, TN compared with the regions of interest of the 5th cervical vertebra ($P>0.05$). The thickness of bone cortex and medullary cavity diameter between different parts of the 5th cervical vertebra were of statistically significant difference ($P<0.05$). And the nutrient foramina were discovered. **Conclusion** High-resolution 3D images of the 5th cervical vertebra can be obtained with micro CT as so to analyze not only the bone micro-structures but also the finite element and so on.

Keywords: cervical vertebra; pedicle; trabecular bone; micro CT

由于现代人生活习惯的改变,颈椎病和颈椎相关疾病的发病率越来越高,对生活、工作、学习造成极大影响。随着生物力学的发展,颈椎病手术治疗中以椎弓根螺钉内固定系统为代表的新一代内固定技术达到了较为理想的治疗目的[1-3]。Micro CT技术又称微计算机断层扫描技术,是近年来发展起来的一项更为精细的CT检查手段,分辨率达到微米级别,其最大优点是无创显示样本内部的显微结构,图像数据量高。Micro CT技术在骨科领域应用广泛,目前国内外已在骨质疏松病等的骨组织显微结构分析中应用,而对于颈椎结构的研究大多集中在普通CT所获得的影像学资料基础上,精度不够准确,且对颈椎骨组织的显微结构的相关研究较少[4-7]。本研究拟应用Micro CT选取C_5椎弓根部位进行扫描,分析椎弓根结构图像的形态学特点,测量椎弓根骨皮质厚度和髓腔宽度等,分析选定椎弓根髓腔内兴趣区中骨小梁的参数,从微观层面上更准确地研究正常椎弓根部位的显微影像学特点,为后续进一步的有限元分析提供依据。

[基金项目] 国家自然科学基金(81560348;81260269)
[通信作者] 李志军,E-mail:13904717040@qq.com

1 材料与方法

1.1 C_5 椎弓根 Micro CT 扫描图像的获取

选取5例 C_5 椎骨结构完整的成人干燥骨标本(内蒙古医科大学解剖教研室提供),年龄45~57岁。以Micro CT(Siemens Inveon PET/CT,德国)进行扫描后获取椎弓根横断面图像,用 Inveon Research Workplace 重建矢状面及冠状面图像。对获取图像中骨皮质、骨小梁的形态学特点进行分析,重点观察椎弓根髓腔内部结构的显微形态学。

1.2 椎弓根相关参数的测量

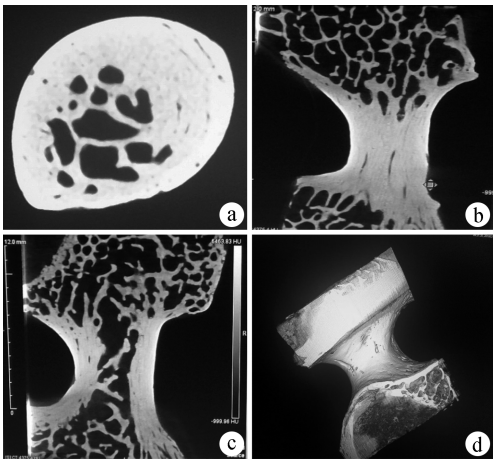
用 Inveon Research Workplace(Siemens)软件重建椎弓根部位横断面图像,在横断面中央区上均匀选取3个兴趣区,分别位于椎弓根前侧、中侧、后侧,兴趣区为厚度50 pixel(pixel=16.75 μm)、横截面50 pixel×50 pixel 的骨小梁立方体。以工作站中自带软件程序 MultiModal 3D visualizationch 计算兴趣区内骨小梁的各项参数[8-11],可以获得如下参数:骨小梁体积/样本体积(bone volume/total volume,BV/TV)、骨小梁表面积/骨小梁体积(bone surface area/bone volume,BS/BV)骨小梁厚度(trabecular thickness,Tb.Th)、骨小梁数量(trabecular number,TN)、椎弓根骨皮质厚度(thickness of bone cortex pedicle,TC)、椎弓根骨髓腔宽(width of marrow cavity pedicle,WMC)、椎弓根骨髓腔高(height of marrow cavity pedicle,HMC)和椎弓根骨髓腔有效钉道长(length of marrow cavity pedicle,LMC)。

1.3 统计学方法

所得数据用 SPSS 17.0 软件进行整理和统计学分析,计量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,侧别间采用配对 t 检验;应用配对 t 检验比较椎弓根的显微结构参数,确立检验水准为 $\alpha=0.05$,$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

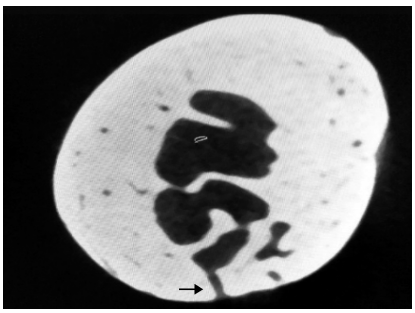
2 结果

Micro CT 图像上颈椎椎弓根呈椭圆柱形,髓腔内骨小梁分布稀松,骨小梁呈独立放射状走行,伸向髓腔内与斜形棒状骨小梁相连接形成立体网状结构,骨小梁在腹侧端至背侧端走行多不连续;椎弓根内外侧皮质骨下均有板层状骨小梁分布,板层状骨小梁结构致密并向前方椎体部和向后方椎板部延伸,内侧皮质骨处明显多于外侧皮质骨(图1)。椎弓根存在滋养孔结构,滋养孔由皮质骨表面深入骨髓腔内部(图2)。本组样本间椎弓根同一测量部位各统计指标在左右侧别经统计学分析差异无统计学意义($P>0.05$),椎弓根各部位皮质厚度内外侧经统计学分析差异无统计学意义($P>0.05$),以上数据合并统计。椎弓根骨髓腔各部分兴趣区BV/TV、BS/BV、Tb.Th、TN 值差异均无统计学意义($P>0.05$),见表1。椎弓根中部皮质厚度及髓腔径线与椎弓根前部和后部皮质厚度及髓腔径线差异有统计学意义($P<0.05$);椎弓根骨髓腔有效钉道长度约6 mm。



a:横断面图像;b:冠状面图像;c:失状面图像;d:三维重建后图像

图1 Micro CT 扫描 C_5 椎弓根图像



箭头:滋养孔

图2 Micro CT 图像可找到椎弓根滋养孔

表1 C_5 椎弓根 Micro CT 扫描数据($\bar{x}\pm s$,$n=10$)

椎弓根测量指标	前部	中央部	后部
BV/TV(%)	0.23±0.02	0.25±0.05	0.26±0.03
BS/BV(mm^{-1})	16.33±0.36	15.39±2.12	15.13±0.95
Tb.Th(mm)	0.12±0.01	0.13±0.03	0.13±0.02
TN(mm^{-1})	1.92±0.35	1.99±0.28	1.96±0.40
TC(mm)	0.42±0.37	0.44±0.37	0.35±0.65
WMC(mm)	2.25±0.33	2.36±0.30	3.07±0.09
HMC(mm)	5.35±0.21	4.59±0.08	5.32±0.35

3 讨论

颈椎疾病多由创伤、骨质疏松症、颈椎退行性变等因素造成颈椎失稳,手术治疗是通过固定方式增加颈椎的稳定性。临床常见内固定手术方式有钢丝钢缆内固定术、侧块螺钉钢板螺钉内固定术、椎弓根螺钉钢板螺钉内固定术、计算机导航辅助置钉技术等。椎弓根螺钉由于在抗拔出力、抗侧弯、旋转等方面以及稳定性

方面明显优于其他内固定技术成为常见的手术方式。但颈区解剖结构复杂特殊,颈椎椎弓根髓腔直径小,毗邻椎动脉、神经根、脊髓等重要结构,置入螺钉时可能发生神经血管并发症,因此对于颈椎椎弓根的相关径线参数的研究就尤为重要。我们应用 Micro CT 自带 Inveon Research Workplace 软件对正常 C_5 椎弓根结构进行了更为精细的研究[12-16]。

通过对 Micro CT 图像分析我们发现了椎弓根皮质骨、骨小梁的分布特点,在图像上依次呈高密度、次高密度显影过度,层次清楚。椎弓根皮质下板层骨小梁结构比较致密,厚度较大,板层骨小梁通过于斜形的棒状骨小梁组成网状结构分布较疏松,未完全充满髓腔。我们考虑椎弓根作为整个颈椎椎体的力学“核心”,由于要集中承载来自头颅的纵向应力,所以形成了更为致密的板层状骨小梁,增加了力学特性以适应颈椎运动功能要求。

对椎弓根结构血供的研究也是十分必要的,这有助于为骨代谢、骨质疏松症等的病因研究提供相关依据。在 Micro CT 图像上我们清楚看到了椎弓根存在滋养孔结构,以 Inveon Research Workplace 软件重建正常椎弓根结构的 3 个剖面,逐层查看可找到椎弓根滋养孔分布,这提示椎弓根的血运丰富,结合椎弓根滋养孔的位置分布来看,特别是在椎弓根中部下端滋养孔分布较为密集,这说明椎弓根血供不仅仅靠周围组织提供,还靠自身滋养孔结构营养。本研究利用 Micro CT 扫描图像可找到椎弓根结构滋养孔,虽然不能进一步了解滋养孔内脉管走行分布的具体情况,但采用 Micro CT 图像来研究椎弓根营养血管的方式也不失为一种好方法,也是一种新的研究方法,后续可以采用类似皮瓣血液供应的研究方法进行标本灌注,进一步研究椎弓根滋养孔的血液供应关系[17-18]。

我们对椎弓根皮质厚度及髓腔直径进行测量,并对选定兴趣区内的骨小梁进行统计计算,得到相应区域内 BV/TV、BS/BV、Tb. Th、TN 数值指标。通过统计学处理比较发现三区数值差异均无统计学意义。BV/TV数值升高表示骨修复;BS/BV 比值减小提示骨形成增加;Tb. Th、TN 数值减小提示发生骨质疏松,以上数据说明颈椎椎弓根不易发生骨质疏松,可能提示椎弓根处力学特性更好,对椎弓根螺钉螺纹具有更好的把持力,这与我们在 Micro CT 扫描图像所观察到的椎弓根骨结构依次呈高密度、次高密度显影及椎弓根皮质下板层骨小梁结构致密所获得信息一致。经过上述分析,可以得出椎弓根中部结构具有独特性这一结论:即骨小梁呈板层状分布、结构非常致密,该结构向椎弓根前部和后部延伸。结合 Micro CT 扫描图像说明椎弓根中部结构是椎弓根作为整个椎体“力学核心”的“核心”。

有国内学者研究认为下颈椎椎弓根外侧骨皮质最为薄弱,其次是下侧、上侧、内侧皮质骨,手术时螺钉通道应尽量靠近内侧皮质进入并掌握好外展角。下颈椎椎弓根的上侧及下侧皮质厚度相当,但内侧皮质总是大于其外侧皮质。我们通过对椎弓根皮质厚度、髓腔的高度和宽度及髓腔理论钉道长的测量,发现 C_5 椎弓根的显微 CT 图像测量结果和上述结果相类似,即椎弓根内侧的皮质最厚,上下侧皮质随着板层骨小梁延续逐渐减少,C_5 椎弓根皮质处平均厚度约 0.4 mm,髓腔最窄处约2.3 mm,椎弓根骨髓腔有效钉道长度约 5 mm,因此在进行椎弓根相关手术过程中注意此处的解剖学特性,入钉点可偏内而入钉角度偏外,尽量避免反复穿钉造成对皮质骨的损伤。根据有关研究生物力学研究发现:正确的进钉点、正确的进钉方向决定螺钉的生物力学及把持力,这样可以避免螺钉螺纹对椎弓根骨皮质和板层状骨小梁的损伤破坏以及减少相邻螺钉螺杆的应力遮挡,以上情况可以后续进一步用有限元的方法加以分析研究[19-21]。

[参考文献]

[1] 张 伟,陈伟高. 下颈椎椎板螺钉固定技术研究进展[J]. 南昌大学学报(医学版),2016,56(3):95 - 97. doi:10.13764/j.cnki.ncdm.2016.03.027.

[2] 周树成,张 鹏. 下颈椎椎弓根相邻解剖结构的应用研究[J]. 局解手术学杂志,2016,25(1):30 - 32. doi:10.11659/jjssx.04E015032.

[3] 李松柏,张远金,孙法瑞. 后路单开门联合椎间孔切开术治疗混合型颈椎病[J]. 局解手术学杂志,2016,25(6):432 - 434. doi:10.11659/jjssx.05E015029.

[4] 谢俊祥,张 琳. Micro CT 国内外技术、产业发展现状及应用趋势的研究[J]. 中国医疗器械信息,2016,22(3):1 - 11. doi:10.15971/j.cnki.cmdi.2016.02.001.

[5] 许海甲,李章华,侯煜东,等. Micro-CT 评价 Runx2 基因修饰的骨髓间充质干细胞静脉移植促进缺血性股骨头坏死兔坏死股骨头修复效果[J]. 生物技术通讯,2015,26(6):825 - 829. doi: 10.3969/j.issn.1009 - 0002.2015.06.020.

[6] 肖滋润,熊 革,陶 剑,等. Micro CT 扫描正常月骨的显微形态学研究[J]. 中华手外科杂志,2015,31(6):455 - 459. doi:10.3760/cma.j.issn.1005 - 054X.2015.06.022.

[7] 吕厚辰,唐佩福. 骨组织形态及微观结构的影像学评价及进展[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2016,9(1):68 - 74. doi:10.3969/j.issn.1674 - 2591.2016.01.012.

[8] 李生鋆,范顺武,赵凤东. Micro-CT 在椎体微结构扫描中的应用[J]. 中华骨科杂志,2016,36(4):241 - 247. doi:10.3760/cma.j.issn.0253 - 2352.2016.04.008.

[9] Ritman EL. Current status of developments and applications of micro-CT[J]. Annu Rev Biomed Eng,2011,13:531 - 552. doi:10.1146/annurev - bioeng - 071910 - 124717.

[10] Bouxsein ML,Boyd SK,Christiansen BA,et al. Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography[J]. J

doi:10.11659/jjssx.09E016077

·基础研究·

小鼠食管和气管 pH 值的测定与比较研究

滕 根,冯志鹏,陈 实,刘昱成,陈镜宇,罗怀青 (长沙医学院生理学教研室,湖南 长沙 410219)

[摘 要] **目的** 探测小鼠食管与气管不同位置 pH 值的大小,并进行对比研究。**方法** 将 40 只清洁级昆明小鼠随机分为 2 组,分别测定食管(食管组)与气管(气管组)的 pH 值。2 组小鼠实验前禁食 12 h。将 2 组小鼠解剖并分别分离出食管和气管,距离小鼠中切牙 0.3 cm、0.5 cm、0.7 cm 做倒"T"切口,利用敏感级精细 pH 试纸进行测定,记录各组数据并进行整理分析。**结果** 所有小鼠均测定成功,在距离中切片 0.3 cm,0.5 cm 和 0.7 cm 处,食管组的 pH 值分别为(6.10±0.17)、(5.84±0.11)、(5.44±0.11),气管组分别为(7.44±0.11)、(7.19±0.11)、(6.97±0.07)。同距离 2 组数据差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 食管和气管的 pH 值存在差异,不同段的 pH 值也具有差异性,这为利用 pH 值辨别食管气管的新型小鼠灌胃器的设计提供了理论基础。

[关键词] 灌胃器;小鼠;pH 值;食管;气管

[中图分类号] R33-33 [文献标识码] A [收稿日期] 2016-09-26

Determination and comparative study on pH of esophagus and trachea in mice

TENG Gen, FENG Zhi-peng, CHEN Shi, LIU Yu-cheng, CHEN Jing-yu, LUO Huai-qing (Department of Physiology, Changsha Medical University, Changsha Hunan 410219, China)

Abstract: Objective To detect and compare the pH value of different locations in esophagus and trachea of mice. **Methods** 40 male Kunming mice of clean grade were randomly divided into two groups, of which the esophagus (esophageal group) and trachea (windpipe group) were measured, before the experiment two groups kept 12 hours abrosia. The esophagus and trachea of the rats in two groups were dissected and separated out, the distance from the central incisors were 0.3 cm, 0.5 cm, 0.7 cm, the incision was like 'T'. The sensitive grade of pH test paper was used for the determination, and the data was recorded in each group and analyzed. **Results** All the mice were measured successfully. The pH of the esophagus group were (6.10±0.17), (5.84±0.11), (5.44±0.11), and the pH value of the trachea group were (7.44±0.11), (7.19±0.11), (6.97±0.07), respectively. There was a significant difference in the same segment between the two groups ($P<0.05$). **Conclusion** The results showed that the differences in the pH values of trachea and esophagus and the pH values of different

[基金项目] 国家级大学生创新创业训练计划项目(201510823004)

[通信作者] 罗怀青,E-mail:luohuaiqing@163.com

Bone Miner Res, 2010, 25(7): 1468-1486. doi: 10.1002/jbmr.141.

[11] Wang J, Zhou B, Liu XS, et al. Trabecular plates and rods determine elastic modulus and yield strength of human trabecular bone[J]. Bone, 2015, 72: 71-80. doi: 10.1016/j.bone.2014.11.006.

[12] 温鑫鑫,严亚波,徐 超,等. 人体颈椎松质骨显微结构和力学性能的区域性差异研究[J]. 现代生物医学进展,2016,16(2):212-217. doi:10.13241/j.cnki.pmb.2016.02.004.

[13] Tofuku K, Koga H, Komiya S. Cervical pedicle screw insertion using a gutter entry point at the transitional area between the lateral mass and lamina[J]. Eur Spine J, 2012, 21(2): 353-358. doi: 10.1007/s00586-011-1969-1.

[14] 杨 兰,郑雷蕾,陈 杨,等. 基于 Micro-CT 的 2 型糖尿病大鼠骨骼特点的研究[J]. 四川大学学报(医学版),2016,47(5):727-731. doi: 10.13464/j.scuxbyxb.2016.05.020.

[15] 温鑫鑫,雷 伟,王法琪,等. 松质骨显微结构参数与表观力学强度关系研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志,2014,20(12):1495-1500. doi:10.3969/j.issn.1006-7108.2014.12.027.

[16] 王振锋,李志军,李筱贺,等. CT 三维重建青少年胸椎椎弓根断面测量的解剖学研究[J]. 中国临床解剖学杂志,2011,29(2):193-196. doi:10.13418/j.issn.1001-165x.2011.02.030.

[17] Li MJ, Dai GQ, Wang D, et al. Anatomical and biomechanical analysis of sacral pedicle and lateral mass[J]. Chin J Traumatol, 2011, 14(1): 29-35. doi:10.3760/cma.j.issn.1008-1275.2011.01.006.

[18] 张 迪,金东春,周 聪,等. 应用 Micro CT 骨组织微细解剖学分析[J]. 安徽医科大学学报,2012,47(7):859-860. doi:10.3969/j.issn.1000-1492.2012.07.028.

[19] 李治国. 颈椎椎弓根形态个体化术前应用 CT 测量评价的临床意义[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2016,14(6):130-132. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2016.06.042.

[20] 姜良海,谭明生,董 亮,等. 标杆型 3D 打印导板辅助寰枢椎椎弓根置钉准确度分析[J]. 脊柱外科杂志,2016,14(4):205-210. doi:10.3969/j.issn.1672-2975.2016.04.005.

[21] 臧法智,陈华江,王建喜,等. 钽涂层椎弓根螺钉的研制与初步动物实验研究[J]. 颈腰痛杂志,2016,37(2):85-88. doi:10.3969/j.issn.1005-7234.2016.02.004.

(编辑:魏 源)