DOI:10.16016/j.1000-5404.2004.06.025
第26卷第6期 第三军医大学学报 Vol. 26, No. 6
2004年3月 ACTA ACADEMIAE MEDICINAE MILITARIS TERTIAE Mar. 2004

文章编号:1000-5404(2004)06-0537-03

论著

肾脏及其周围结构的三维可视化研究

王洛夫[1],张绍祥[2],江 军[1],郭燕丽[3],王平安[4],谭立文[2],刘正津[2],靳风烁[1] (第三军医大学:[1]大坪医院野战外科研究所泌尿外科,重庆 400042;[2]基础医学部解剖学教研室,重庆市计算医学研究所,[3]西南医院超声诊断科,重庆 400038;[4]香港中文大学计算机科学与工程学系)

提 要:目的 建立中国人肾脏及其周围结构的三维可视化模型。方法 应用中国首套男、女性数字化可视人体数据集,在VRM计算机平台上建立人体肾脏及其周围结构的三维可视化模型并进行分析。结果 成功建立了肾脏及其周围结构的三维可视化模型,该模型能进行任意角度的旋转和连续的任意方位的切割,并能清晰地显示出各个切割面的断面解剖结构。结论 可视化肾脏能够实现肾脏及周围结构的任意方位的断面解剖,为虚拟肾脏手术奠定了基础。

关键词:肾脏;可视化;虚拟手术
中图法分类号:R319; R322; R322.61 文献标识码:A

Three-dimensional visualization of the kidney and its surrounding structures

WANG Luo-fu[1], ZHANG Shao-xiang[2], JIANG Jun[1], GUO Yan-li[3], WANG Ping-an[4], TAN Li-wen[2], LIU Zheng-jin[2], JIN Feng-shuo[1] ([1]Department of Urology, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, 400042; [2]Department of Anatomy, College of Medicine; [3]Department of Ultrasonography, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400038; [4]Department of Computer Science and Engineering, Chinese University of Hong Kong)

Abstract: **Objective** To establish the three-dimensional visible kidney model of the Chinese visible human and its surrounding structures. **Methods** The three-dimensional visible kidney model was established and analyzed by using Virtual Reality Medicine (VRM) computer platform based on the dataset from the first Chinese visible human male and female. **Results** The three-dimensional visible kidney model, established successfully, could be rotated at any angles and could be sectioned at any orientation. The structures of each section could be displayed clearly. **Conclusion** Sectional anatomy at any orientation of the kidney and its surrounding structures can be performed on the visible kidney model, which has laid the foundation for virtual surgery of the kidney.

Key words: kidney; visualization; virtual surgery

肾脏是人体的重要器官,肿瘤、结石、结核及先天性发育异常等是肾脏的常见病。肾脏为腹膜后器官,位置较深,肾门部结构复杂,并且和肝、胰、脾、肾上腺、下腔静脉和腹主动脉等重要器官和血管毗邻,因此准确地掌握肾脏的解剖和周边的毗邻关系,对于外科医师具有重要的指导意义。近年来,在美国可视人体计划(visible human project, VHP)数据集基础上产生的虚拟现实医学,实现了人体解剖结构的三维可视化,能在可视化模型上进行人体的任意切割和多方位显示,并实现了虚拟外科学,已在教学和临床实践中发挥了重要的作用[1]。我国的医学可视化研究已经起步,首套中国男、女性成人数据集已完成,为国人肾脏的可视化研究提供了基础[2,3]。近年来,电视腹腔镜技术在泌尿外科迅速开展和普及,通过三维可视化人体进行模拟手术对培养外科医生可起到事半功倍的效果。本研究在中国首套可视化人体数据集的基础上,进行肾脏的可视化研究,旨在帮助泌尿外科医师获得扎实的肾脏及其毗邻结构任意方位的解剖学基础,为肾脏的虚拟外科手术奠定基础。

1 材料和方法

1.1 肾脏薄层断面解剖图像的获取

选取中国首套男性和女性标本连续断面,从肾上腺上缘至输尿管下段[2,3],男性标本层厚1.0 mm,女性标本层厚为0.5 mm。断面由Cannon高清晰度数码相机摄像,分辨率为6291456(3 072×2 048)像素,每个断面图像文件大小为36 MB,每个层面均能连续、完整地显示肾脏内部及其周围器官和血管细微结构。

1.2 可视化方法

采用香港中文大学王平安教授提供的Virtual Reality Medicine (VRM)可视化软件[4],对所选连续薄层断面进行可视化三维重建,对重建的三维图像进行了观测。

基金项目:国家杰出青年基金资助项目(39925022)
Supported by the National Science Fund for Distinguished Young Scholars (39925022)
作者简介:王洛夫(1970-),男,山东省莒南县人,博士,主治医师,讲师,主要从事前列腺癌基因治疗方面的研究。电话:(023)68757364
通信作者:张绍祥,电话:(023)68752201
收稿日期:2003-12-18;修回日期:2004-02-27

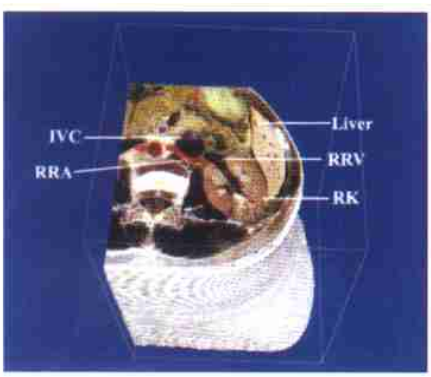
?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 结果

应用 VRM 可视化软件，在首套中国可视人体数据集的基础上，成功地建立了肾脏的可视化模型，实现了对肾脏进行任意轴面和斜切面的实时切割。肾脏的可视化模型可在计算机的帮助下进行肾脏冠状位、矢状位和水平位 3 个轴面及任意方位剖面的实时虚拟切割，每个虚拟切割面均能显示肾脏内部的细微解剖结构和周边毗邻血管和器官，同时能对肾脏重要和感兴趣的部位进行随意的放大和缩小。

2.1 右肾

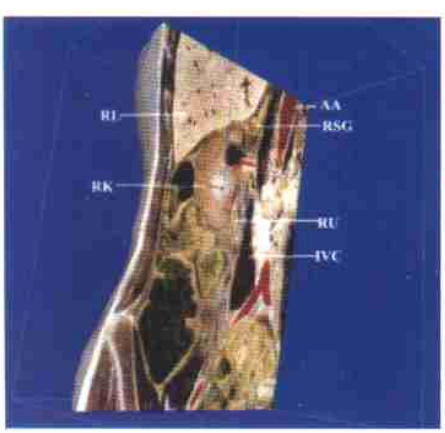
右肾的可视化模型清晰地显示了肾脏内部结构（肾皮质、肾锥体、肾盏）及周围毗邻，在右肾门水平切割面上，可见右肾静脉较短，直接汇入下腔静脉，右肾动脉在脊柱前方、下腔静脉的后方进入右肾（图 1）。在冠状切割面上，可清晰地显示右肾上方为肝脏，上后方为肾上腺，右侧输尿管自肾下极向下与下腔静脉伴行（图 2）。



IVC：Inferior vena cava；RRA：Right renal artery；RRV：Right renal vein；RK：Right kidney

图 1 肾脏可视化模型右肾门水平切割面

Fig 1 Horizontal section of the right renal hilum of the visible kidney model



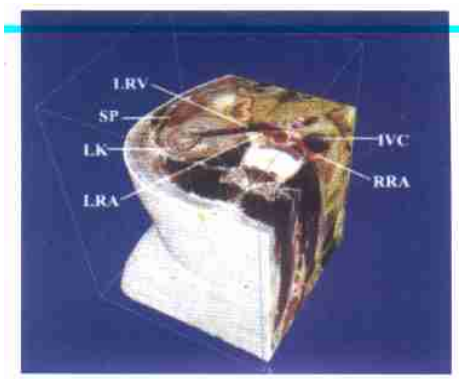
RL：Right liver；RK：Right kidney；AA：Abdominal aorta；RSG：Right suprarenal gland；RU：Right ureter；IVC：Inferior vena cava

图 2 肾脏可视化模型右肾冠状切割面

Fig 2 Coronal section of the right kidney of the visible kidney model

2.2 左肾

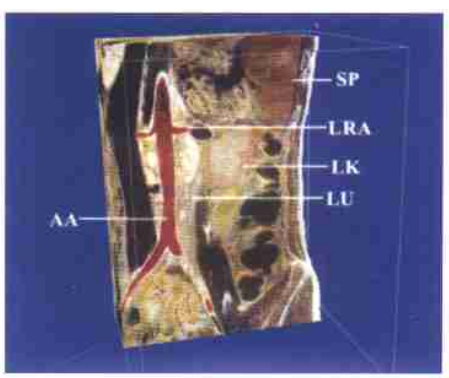
左肾可视化模型能清晰地显示左肾上部与脾脏、胃底相邻，下部邻接空肠和结肠。在左肾动脉的水平切割面上清晰地显示左肾动脉发自腹主动脉，左肾静脉越过腹主动脉汇入下腔静脉（图 3）。在冠状切割面上，可清晰地显示左肾毗邻，左侧输尿管沿着腹主动脉下行并跨过髂血管（图 4）。



LRV：Left renal vein；SP：Spleen；LK：Left kidney；LRA：Left renal artery；IVC：Inferior vena cava；RRA：Right renal artery

图 3 肾脏可视化模型左肾门水平切割面

Fig 3 Horizontal section of the left renal hilum of the visible kidney model



AA：Abdominal aorta；SP：Spleen；LK：Left kidney；LRA：Left renal artery；LU：Left ureter

图 4 肾脏可视化模型左肾冠状切割面

Fig 4 Coronal section of the left kidney of the visible kidney model

3 讨论

3.1 解剖断面图像的采集和三维可视化方法的选择

肾脏三维可视化重建是以二维图像为基础，二维图像提供的原始数据越充分，则重建出的三维图像失真度就越小。本研究的肾脏连续断面选自中国首套数字化可视人体数据集，该数据集的获取是由铣切精度为 0.001 mm 的高精度数控铣床从头到脚逐层铣切取得的，每层厚男性为 1.0 mm，女性为 0.5 mm，厚薄均

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

匀。同时,由于是对人体整个腹部的完整铣切,确保了肾脏及周围器官和结构原来的位置,避免了既往解剖研究中将肾脏单独分离所造成的器官变形。因此该套数据的连续性、完整性、精确性及所含丰富解剖信息量上均较以往的报道前进了一步,为肾脏三维可视化研究提供了对位更为准确、信息量更大的原始二维图像数据。断面采用高清晰度的数码相机摄像,每个断面图像文件大小为 36 MB,保证了图像的高质量和清晰度。

在可视化研究方面,香港中文大学计算机科学与工程学系可视化研究课题小组所提供的 VRM 可视化软件,已在相关的 CT、MRI、超声中得到应用,在美国 VHP 数据集上完成了虚拟支气管镜、虚拟关节镜等研究[7],证明是高质量的、性能稳定的三维可视化软件。我们以中国首套数字化可视人体数据集为基础,采用 VRM 软件成功地建立了肾脏的可视化模型。

3.2　可视化肾脏模型建立的意义

人体计算机虚拟可视化研究在医学上的应用起源于医务人员对复杂的三维医学解剖数据的可视化需求,在它的基础上可建立供手术和手术前制定手术方案的虚拟环境,在外科手术教学和仿真训练等方面,具有不可替代和令人鼓舞的应用前景。1994 年美国 VHP 数据集的出现具有划时代的意义,它使信息技术和医学结合起来,并使走向成熟的三维重建图像处理技术以空前的速度普及[5]。VHP 数据的共享性使全世界都可以利用它进行深入开发,由它所引伸的虚拟现实(virtual reality, VR)医学,包括虚拟解剖学、虚拟影像学及虚拟外科学等,能使医学生和临床医师沉浸于虚拟的场景中,可以在虚拟现实的"解剖教室"、"诊断操作室"或"手术室"中,"真实"地感受、观察和分析解剖结构的空间关系、模拟操作整个手术过程、处理意外情况,选择最佳手术和操作方案[6,7]。我国的医学虚拟可视化研究刚刚起步,因一直缺乏中国的可视化人体数据集,许多研究只能在美国 VHP 数据集的基础上进行,但西方人体的可视化模型并不能完全适应国人的需要。本实验室于 2003 年 2 月完成了中国首套可视化人体(CVH)数据集,并与香港中文大学计算机科学和工程系虚拟现实和可视化研究中心合作进行了虚拟可视化肾脏的研究,建立了肾脏的可视化模型。研究结果显示:虚拟可视化肾脏能对肾脏进行三个轴面(冠状、矢状、水平位)的实时切割,并可进行任意角度或方位的斜面和旋转式切割,清晰地显示了肾脏内部结构(肾皮质、肾锥体、肾盏)以及肾动脉、肾静脉、输尿管、腹主动脉、下腔静脉、肝脏、胰腺等肾脏周围毗邻器官和血管的空间位置,实现了国人肾脏的虚拟解剖学,为肾脏的虚拟外科学奠定了坚实的基础。

肾脏疾病的外科手术一直是泌尿外科中的一个重点和难点。肾脏为腹膜后器官,位置深在,周围有较多的重要器官和血管,熟悉和掌握肾脏及周围器官和结构的解剖和毗邻关系是提高手术技能和成功率的关键。以往的肾脏疾病的手术教学是学生见习手术,这种教学方式存在不能够使学生全面了解肾脏解剖和周围毗邻关系。日益发展的医学可视化技术为外科医师多方位、动态掌握肾脏的三维立体解剖结构和周围器官、血管的毗邻关系提供了基础,也有利于术前制定针对性的手术方案。国外有学者应用 VHP 数据集建立了心脏的可视化模型,实现了在心脏可视化模型的基础上对心脏进行任意方位的切割和内部结构的实时显示,已应用于外科医师培训中[8]。本研究的肾脏可视化模型提供了国人肾脏的可视化数据,能帮助外科医师从任意方位动态和立体地观察肾脏的解剖结构及周围毗邻关系,有助于术前手术方案的制定,减少手术中误伤胰腺、肾上腺、腹主动脉、下腔静脉等重要器官和血管的风险,同时在教学中能帮助学员立体地理解肾脏及其毗邻,理解手术入路和步骤。

参考文献:

[1] Spitzer V M. The vidible human: a new language for communication in health care education[J]. Caduceus, 1997, 13(2): 42－48.

[2] 张绍祥, 刘正津, 谭立文, 等. 首例中国数字化可视人体完成[J]. 第三军医大学学报, 2002, 24(10): 1332－1333.

[3] 张绍祥, 刘正津, 谭立文, 等. 首例中国女性数字化可视人体数据集完成[J]. 第三军医大学学报, 2003, 25(4): 371.

[4] Heng P A, Fung P F, Chen K W, *et al*. Interactive navigation of virtual vessel tracking with 3d intelligent scissors[J]. Int J Image Graph, 2001, 1(2): 273－285.

[5] Heng P A, Fung P F, Wong T T, *et al*. Virtual bronchoscopy[J]. Int J Virtual Reality, 2000, 4(4): 10－20.

[6] Robb R A. Virtual endoscopy: development and evaluation using the Visible Human datasets[J]. Comput Med Imaging Graph, 2000, 24(3): 133－151.

[7] Trelease R B, Nieder G L, Dorup J, *et al*. Going virtual with quicktime VR: new methods and standardized tools for interactive dynamic visualization of anatomical structures[J]. Anat Rec, 2000, 261(2): 64－67.

[8] Freudenberg J, Schiemann U, Tiede U, *et al*. Simulation of cardiac excitation patterns in a three-dimensional anatomical heart atlas[J]. Comput Biol Med, 2000, 30(4): 191－205.

（编辑　王　红）

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net