

DICOM-RT标准解决放射治疗信息系统标准化通讯模型的构建*★

雷力, 周凌宏, 夏德国

Construction of communication mode of radiotherapy information system based on DICOM radiation therapy standard

Lei Li, Zhou Ling-hong, Xia De-guo

Department of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong Province, China

Lei Li★, Studying for master's degree, Department of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong Province, China
leili3884@126.com

Supported by: Guangdong Science and Technology Planning, No.2008A030102011*

Received: 2012-01-13
Accepted: 2012-02-20

南方医科大学生物医学工程学院, 广东省广州市 510515

雷力★, 女, 1987年生, 湖南省永州市人, 汉族, 南方医科大学在读硕士, 主要从事肿瘤放射物理学研究。
leili3884@126.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2012)17-03178-05

收稿日期: 2012-01-13
修回日期: 2012-02-20
(20120113010/W · C)

Abstract

BACKGROUND: Radiation therapy requires a patient-centered information system to integrate all the information between different systems and equipments, to make the lossless transmission of the radiation data.

OBJECTIVE: To solve the non-normalized data access issues in the field of radiotherapy by using DICOM-radiation therapy standard.

METHODS: The paper designed a communication model for a DICOM-radiation therapy-based radiation therapy information system. This model, which adds the support for DICOM-radiation therapy objects was constituted of four modules: client module, TCP/IP interface module, correlation module and service class module, they all can send, receive, query and retrieve information. In addition, the system also contained the support for DICOM-radiation therapy objects.

RESULTS AND CONCLUSION: DICOM-radiation therapy data transmission between DICOMan software and dcm4chePACS system were tested on this model. The results show that this model can transmit data losslessly and exchange and share radiation-related information effectively.

Lei L, Zhou LH, Xia DG. Construction of communication mode of radiotherapy information system based on DICOM radiation therapy standard. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(17): 3178-3182. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 放射治疗需要一个以患者为中心的信息系统来整合不同系统、设备间的有关患者的所有信息, 实现放疗数据的无损传输。

目的: 利用 DICOM-RT 标准解决放疗领域中数据非标准化存取的问题。

方法: 设计了一种基于 DICOM-RT 标准的放疗信息系统的通讯模型。此模型分为客户端模块、TCP/IP 接口模块、关联模块及服务类模块 4 个模块, 实现了发送、接收功能及查询检索功能。此外, 该模型还增加了对 DICOM-RT 对象的支持。

结果与结论: 采用 DICOMan 软件和 dcm4chePACS 系统对此模型进行多次 DICOM-RT 数据传输测试, 测试结果表明, 该模型能实现放疗数据的无损传输, 有效地完成放疗相关的信息交换和共享, 达到了预定目标。

关键词: 放疗信息系统; DICOM-RT 标准; 存储; 查询检索; 通讯
doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.17.032

雷力, 周凌宏, 夏德国. DICOM-RT 标准解决放射治疗信息系统标准化通讯模型的构建[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(17):3178-3182. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

放射治疗作为治疗恶性肿瘤的重要手段之一, 目前已经发展到了以放射治疗计划系统为中心的精确计划放疗时代。精确计划包括精确诊断(如各种检查和影像诊断)、精确定位(如各种摆位设备)及精确治疗(如各种先进治疗技术)。此过程涉及的数据多、参数复杂, 在当前的放射治疗中, 这些信息存放在不同的系统之中, 给各科医生查阅患者放疗信息以及对放疗计划进行质量保证、质量控制等造成了很大的不便^[1]。因此需要一个以患者为中心的信息系统来整合不同系统、设备间的有关患者的所有信息。该系统必须能与 PACS、TPS、加速器服务器等其他系统互连, 实现放疗数据的无损传输^[2]。

文章从实际应用出发, 在分析 DICOM 标准通讯机制的基础上, 实现了 DICOM 对象的传

输, 并增加了对 DICOM-RT(放射治疗)对象的支持, 最终实现了基于 DICOM-RT 的放疗信息系统与各个系统及设备间的无缝连接。

1 材料和方法

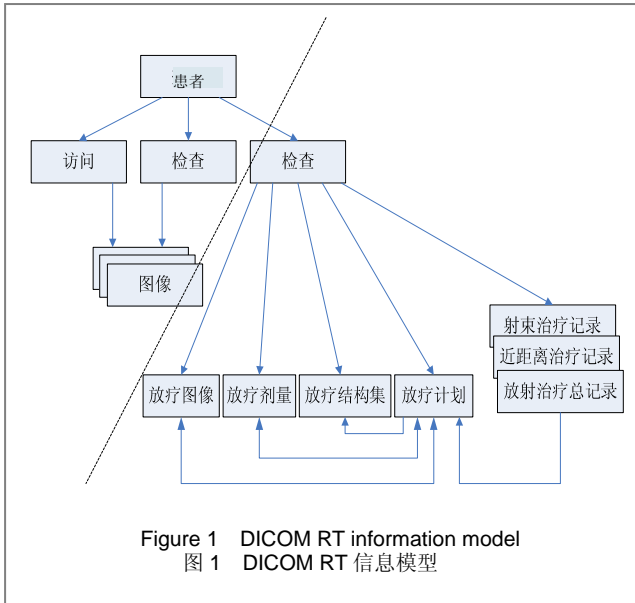
设计: 单一样本观察。

时间及地点: 实验于 2011-05 在南方医科大学生物医学工程医疗仪器研究所完成。

材料: DICOMan 软件为 DICOMan 公司产品; dcm4chePACS 系统为 INTERNET 网上的一个开源项目。

DICOM-RT 对象简介: DICOM-RT 标准是 DCIOM 标准在放射治疗领域的扩展, 其基本概念、数据模型及图像信息模型都与 DICOM 标准一致, DICOM-RT 标准也是采用面向对象的方法对实体进行结构化层次定义, 见图 1^[3]。一个完整的 DICOM-RT 对象包括 RT 结构集、RT

计划、RT剂量、RT图像以及RT记录。其中RT记录包括射束治疗记录、近距离治疗记录和放射治疗总记录^[4-5]。



RT结构集定义了放射治疗相关的重要区域的数据结构集，每个区域结构可以和一个或多个图像对象相联系。RT计划包括体外或近距离治疗过程的几何参数和剂量数据。例如照射角、准直器开口、射野调节装置、近距离治疗通道与源规格。RT剂量主要用于传输TPS所计算的剂量数据。其中剂量的分布可以通过二维、三维的网格或等剂量线来表示，还可以包含剂量直方图数据、声音解说、应用查找表，但没有坐标系统的定义，需要和其他相关对象同时定义。RT图像包括成像设备(如CBCT)所得到的图像及数字化重建放射图像(DRR图像)等。相对DICOM图像对象，它可以叠加一些特征曲线和成像参数信息，如准直器的开度，射束修整设备位置、患者器官轮廓线和靶区轮廓线等。RT记录包括射束治疗记录、近距离治疗记录和放射治疗总记录^[6-7]。治疗记录对象是整个疗程中各次治疗的记录，还可以显示治疗的累积效果。

方法：

DICOM-RT对象的实现：以RT结构集为例来描述RT对象的实现过程。

在DICOM RT标准中，RT结构集信息对象定义(IOD)由多个信息实体(IE)组成，其中，RT结构集信息对象定义强制要求的信息实体以及信息实体包含的模块见表1。

表 1 RT Structure Set 信息对象定义
Table 1 RT Structure Set information object definition

Information entity	Module (M)
Patient	Patient
Study	General study
Series	RT series
Equipment	General equipment
Structure Set	Structure Set, ROI contour, RT ROI observations, SOP common

其中 Patient 模块、General Study 模块及 Equipment 模块 SOP Common 模块是 DICOM 对象与 DICOM RT 对象共有的模块，用来描述患者、检查、设备的基本信息以及与信息对象定义相关的 SOP(服务对象)所必需的属性。

RT Series 模块是用来把 DICOM RT 对象嵌入进 DICOM 服务中(如 Storage 服务、Query/Retrieve 服务)，还可使之区别于诊断图像。

Structure Set 模块、ROI Contour 模块及 RT ROI Observations 模块是相互关联的，用来实现解剖结构轮廓的描述，其中 Structure Set 模块用于标识一组特定区域，每个区域可以和一副或一组图片相关联。ROI Contour 模块定义了感兴趣区域的轮廓信息，包括颜色、几何类型、点数和位置等，RT ROI Observations 模块主要是对前两个模块中定义的感兴趣区域做一个标识和声明。

将这些模块包含的信息及相关操作封装成不同的类，主要的类包括 DcmRT_SS、DcmRT_Patient、DcmRT_PatientStudy、DcmRT_RTSeries、DcmRT_SSROISeq、DcmRT_ROIContourSeq、DcmRT_RTROI_ObsSeq。

实现 RT Structure Set 对象时需要注意的是：①在读取感兴趣区域数据前，需先读取原始的 DICOM 图像，否则轮廓信息无法和坐标系标定。②感兴趣区域轮廓与图像的对应关系必须通过 UID 确定，而不是通过感兴趣区域轮廓存放的顺序。③轮廓点不一定共面，轮廓数据由三维坐标标定。

通过研究由 DICOM RT 标准所定义的 RT 信息对象定义，将其主要模块所包含的信息和操作封装成类，这种方式也是其他 RT 对象的实现途径，在此就不做赘述。

DICOM 通讯机制 DICOM 标准是一种可以基于 TCP/IP 协议、OSI 模型及点到点环境的上层网络协议，它处于 OSI 开放系统互连 7 层协议的上 3 层，即会话层、表示层及应用层的位置。DICOM 标准引入了广义的信息对象定义概念，信息对象定义不仅包括图形和图像，还包括患者信息、检查信息(Study)、诊断报告(Report)等广义上的各种信息。DICOM 标准将对信息对象定义的操作和服务定义为服务类(Service Class)，不同的服务由不同的 DICOM 消息服务元素(DIMSE)组成。DICOM 标准将需要传递的信息封装在信息对象定义的信息实体中，然后借助 TCP/IP 协议发送这些信息，DICOM 消息服务元素通过操作信息对象定义来完成信息交换，从而达到网络传输的目的^[8]。

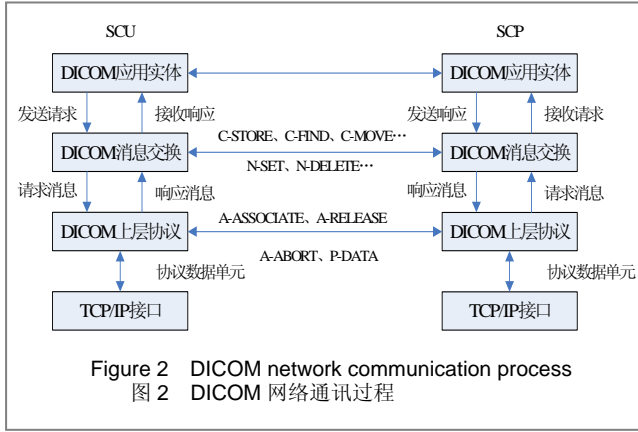
DICOM 网络通讯的过程可以用图 2 来表示。

首先，SCU 请求与 SCP 建立关联，SCU 将应用上下文、表示上下文、DICOM 应用实体等信息封装在 A-ASSOCIATE-RQ PDU 中，通过底层的 TCP/IP 接口，将关联请求发送给 SCP 进行协商。SCP 收到请求进行协商校验后，通过 TCP 传输服务将 A-ASSOCIATE-RSP

PDU发送回SCU, 关联建立成功。

双方建立关联后, 进行进一步的消息交换, 如C-STORE操作、C-FIND操作等。

当数据交换完成时, SCU通过发送A-RELEASE-QR PUD请求断开关联, SCP发送A-RELEASE-RSP进行响应, 最后断开关联^[9-12]。



2 放疗信息系统通讯模式的实现

由于DICOM标准引入了信息对象以及服务类的概念, 所以采用适用于面向对象及类的编程工具。在Windows MFC框架基础上, 选择Visual Studio 2008作为开发工具, 采用C++语言编写应用软件来实现放疗信息系统与其他系统以及设备间的通讯。软件按通讯过程分为客户端模块、TCP/IP接口模块、关联模块及服务类模块4个模块。

2.1 客户端模块 此模块设计了用户图形界面。实现用户与DICOM应用实体的交互以及指令与信息的输入输出。

2.2 TCP/IP接口模块 此模块主要完成建立网络连接的功能, 实现上层网络与传输层的对接, 将上层数据通过TCP/IP协议发送, 或通过TCP/IP协议获取底层数据。

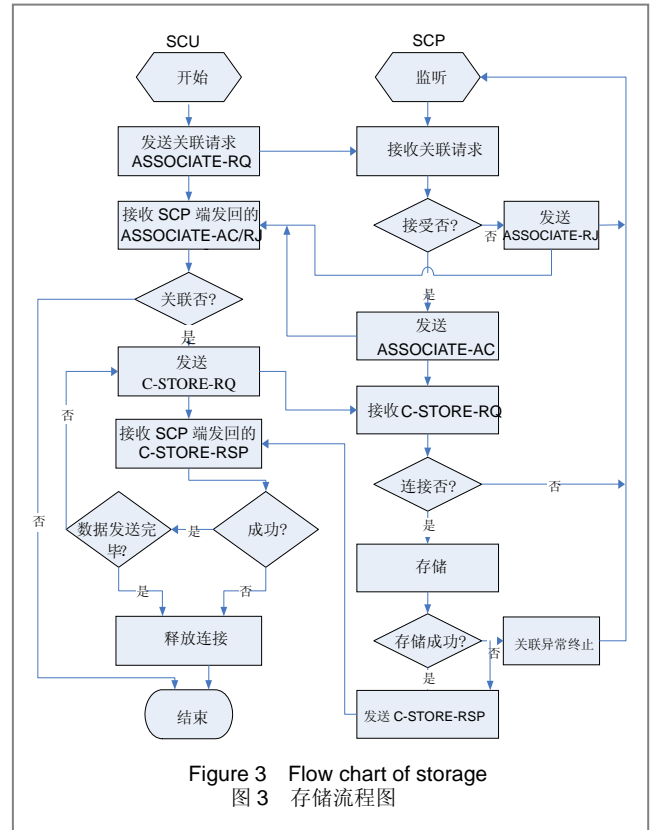
这一模块的功能主要通过initializeNetworkTCP(void *parameter)函数实现, 网络连接的参数通过结构体变量parameter设定。因本程序是基于Windows MFC框架的, 所以可以在initializeNetworkTCP()函数内部调用Windows系统自带的套接口API函数来完成网络连接及数据传输的功能。由于DICOM图像的数据量庞大, 而且医学诊断对图像的特殊要求使得的数据传送必须具有高准确性, 所以采用的是面向连接的流式非阻塞式套接口^[13-14]。

2.3 关联模块 关联模块的功能是实现上层协议的内容。上层协议是为了确保进行关联的两个DICOM应用实体都具有一致的DICOM服务而制定的, 它包括关联建立服务(A-Associate)、关联释放服务(A-Release)、异常终

止服务(A-Abort)以及数据传输服务(P-Data)。针对这4种服务分别设计了4个类A_Associate、A_Release、A_Abort、P_Data。

2.4 服务类模块 DICOM协议将对信息对象定义的操作封装为服务类。它主要定义了14种, 包括Verification, Storage, Query/Retrieve等服务类。在实际应用中, 放射治疗相关信息常有存储、查询、获取等需求。本研究主要用到了Storage服务类和Query/Retrieve服务类。因此, 可将服务类模块分为存储模块和查询检索模块两个部分。

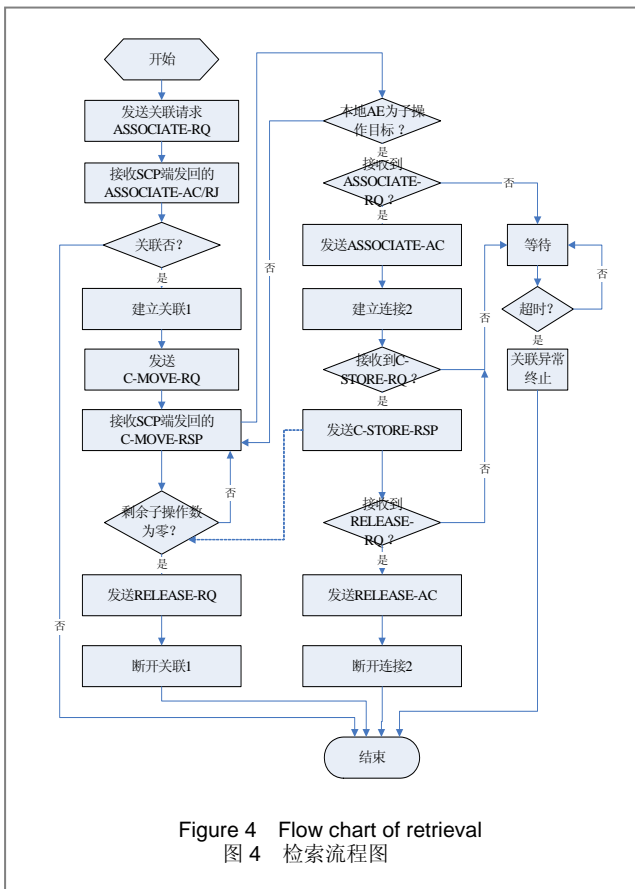
存储模块: 此模块实现了Storage服务类, 通过C-STORE服务提供在两个应用实体之间进行信息对象传输的服务。通过对DICOM RT对象的分析, 增加了对对应于DICOM RT对象的存储SOP类的支持。由于放疗信息系统在不同的情况下需要扮演不同的SOP类角色, 所以设计了SCU端和SCP端。存储通讯的流程见图3。



查询检索模块: 此模块实现了查询服务和检索服务。查询服务就是根据查询条件在SCP服务器中查找与之相匹配的内容, 并得到相关信息。使用的是Query/Retrieve服务类中的C-FIND服务。通过对DICOM RT对象的分析, 采用以患者为根的查询方式, 将7个RT信息对象定义作为Study的下一层次内容来参与查询。

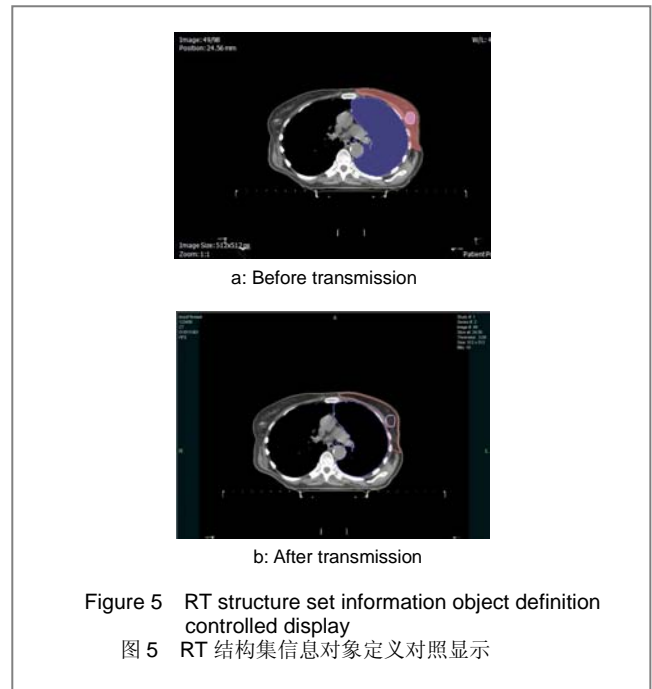
检索服务是查询服务与存储服务的结合, 使用Query/Retrieve服务类中的C-GET, 或C-MOVE服务。

此服务的SCU首先发出C-MOVE或C-GET请求, SCP收到请求后进行C-STORE子操作, 发出C-STORE请求, 此时检索服务的SCP变成了存储服务的SCU, 待存储服务完成后, SCP再返回对C-MOVE或C-GET请求的响应^[15-17]。C-MOVE与C-GET的不同之处在于C-MOVE引发的C-STORE子操作发生在另外一个连接上, 因此可以让SCP端将查询到的信息发送至SCU端或第3方DICOM应用实体, 而C-GET只能让SCP端将查询结果发送回SCU端。因为OVE服务能实现C-GET服务无法实现的功能, 所以本文采用并实现的是C-MOVE服务。使用C-MOVE进行检索的流程见图4。



3 结果

在局域网环境下, 分别对所编写的放疗信息系统、DICOMan软件和dcm4chePACS系统进行存储与查询检索服务测试。测试的数据有4组, 其中3组为适形放射治疗, 另一组为调强放射治疗。收集的数据有CT图像、DRR图像和相应的RT对象文件。结果表明, 无论是CT图像这种DICOM数据, 还RT结构集等DICOM RT数据, 都能够做到正常无损传输。图5是传输前的RT结构集信息对象定义与传输后的RT结构集信息对象定义图像对照。因为所用的系统不同, 所以显示方式有所不同, 但可以看到图像包含的信息是没有改变的。



结语: DICOM标准以及DICOM-RT标准是当今医学信息学领域通用的国际标准, 是医疗信息一体化的基石。国内不少学者都对此展开了广泛深入的研究。李科等^[18]与张小琼^[19]都在实现DICOM消息交换层及其主要服务的基础上提出一种通讯模式。不过双方的侧重点略有不同, 李科等提出的通讯模式侧重于存储服务而张小琼提出的通讯模式侧重于查询检索服务。但是两者都存在一定的局限性, 即都没有将DICOM-RT标准应用到通讯模式中, 仅支持普通DICOM图像。后李科等^[20]又根据DICOM-RT标准编程设计了RT信息对象定义, 从而实现了DICOM-RT信息交换, 但此文献中仅验证了放疗计划系统之间的共享, 跟其他系统之间通讯的有效性还有待进一步考证。

本文实现了一种支持普通 DICOM 图像以及 DICOM-RT对象的通讯模式。包括存储功能与查询检索功能, 完善了张小琼提出的查询检索模块没有实现的利用C-MOVE服务向第3方DICOM应用实体发送数据的功能。能较好的满足放疗信息系统的需求。

4 参考文献

- [1] Law MY, Liu B. DICOM-RT and Its Utilization in Radiation Therapy. Radiographics. 2009;(29): 655-667.
- [2] Xie YJ. Hangzhou: Zhejiang Daxue. 2002. 谢英杰. 基于DICOM RT的放疗信息系统研究开发[D]. 杭州. 浙江大学. 2002.
- [3] National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 3: Information Object Definition. 2009.
- [4] National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Supplement 11: Radiotherapy Objects. 1997.
- [5] National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Supplement 29: Radiotherapy Treatment Records and Radiotherapy Medical Extensions. 1999.

- [6] Huang J, Yao XZ, JONATHAN YAO. Zhongguo Yiliao Qixie Zazhi. 2003;27(5):367-369.
黄洁, 尧德中, JONATHAN YAO. DICOM RT 的过去、现在和将来[J]. 中国医疗器械杂志, 2003,27(5):367-369.
- [7] Wang S.Chengdu:Dianzi Keji Daxue.2010.
王爽.DICOM结构化报告和放射治疗计划研究[D].成都:电子科技大学,2010
- [8] National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 7: Message Exchange. 2009.
- [9] Shi WL, Song Y,Yan Y.Journal of Changchun University of Science and Technology. 2008;(1):121-123.
师为礼,宋野,颜雁.基于DICOM3.0标准的医学图像传输的研究与实现[J].长春理工大学学报;自然科学版. 2008,(1): 121-123.
- [10] Xiang WC. Beijing:Beijing Youdian Daxue.2011.
向万春. DICOM图像处理和基于TCP/IP通信过程的设计和实现[D].北京邮电大学, 2011.
- [11] Tan ZM. Guigu. 2010;(24):32.
谭志明. DICOM标准在医院PACS/RIS系统中的应用[J]. 硅谷. 2010, (24):32.
- [12] Shi XL. Taiyuan:Zhongbei Daxue.2010.
石晓磊. 医学DICOM远程传输及医学图像的处理研究[D]. 太原;中北大学,2010.
- [13] Zhu XJ.Heilongjiang Keji Xinxi. 2009;(3):80.
朱晓娟. DICOM/HL7网关的设计与实现[J]. 黑龙江科技信息, 2009, (3):80.
- [14] Li FR. Xi'an Wenli Xueyuan Xuebao:Ziran Kexueban. 2010; (2): 81-84.
李芙蓉. 基于Winsock流套接字的进程通信的实现[J].西安文理学院学报:自然科学版,2010,(2):81-84.
- [15] Hu BJ,Zhu J,Li JK,et al.Zhongguo Yixue Wulixue Zazhi. 2009; (2):1080-1083.
胡宝梅,朱俊,李久楷,黄鑫.基于DICOM医学图像的传输和查询系统的设计[J].中国医学物理学杂志,2009(2):1080-1083.
- [16] Ren HX.Baotou;Neimenggu Keji Daxue.2010.
任海霞. 基于DICOM标准的医学图像查询与获取技术研究与实现[D]. 包头;内蒙古科技大学,2010
- [17] Gu LC,Zhu C,Zhang TH.Jisuanji Xitong Yingyong. 2009;(5): 100.
辜丽川,朱诚,张友华. DICOM查询/检索服务类SCP的设计与实现[J]. 计算机系统应用,2009,(5):100.
- [18] Li K,Huang J. Jisuanji Gongcheng yu Yingyong. 2004;(29): 188-190.
李科,黄洁.基于TCP/IP的DICOM网络通讯模型实现[J].计算机工程与应用,2004(29):188-190.
- [19] Zhang XQ.Chengdu:Dianzi Keji Daxue.2006.
张小琼. DICOM标准查询/找回功能模块的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2006.
- [20] Li K,Huang J,Yao Y.Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi. 2005; (1):116-119.
李科,黄洁,姚毅.应用DICOM标准实现放射治疗计划系统的共享[J]. 生物医学工程学杂志, 2005,(1):116-119.

来自本文课题的更多信息——

基金声明: 广东省重点科技计划(2008A030102011)。

作者贡献: 第一作者进行课题设计、实现和成文, 第二作者为课题负责人, 进行效果评估, 并对文章审核。第三作者进行资料收集。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 未涉及与相关伦理道德冲突的内容。

文章概要:

文章要点: 通过对 DICOM 及 DICOM-RT 标准的研究, 提出一种方案解决放疗领域中数据非标准化存取的问题。

关键信息: 课题为医疗信息一体化的实现奠定了坚实的基础。

研究的创新之处: 创新之处在于实现了放疗领域的 DICOM 服务。

本期专题: 椎体植入物的生物力学变化①

(接目录)

植入物生物力学评价指标包括: ①载荷-位移曲线: 反映了内固定结构的稳定性随载荷变化的趋势, 由载荷-位移曲线可以得到以下指标(参数): 运动范围(range of motion, ROM)-相对运动范围(relative range of motion, RROM)、硬度/稳定性和柔韧性/不稳定性、伸展-屈曲中性区(NZ)、伸展-屈曲弹性区。②载荷-圈数疲劳曲线: 屈服强度和疲劳强度试验样本量小, 常以个体值或中位数加以比较。以上2个指标均适用于离体标本的测量使用。对于体内椎体植入物生物力学评价指标, 可运用运动测量方法, 利用光学原理或者影像学方法, 立体重建、定位精确, 并结合神经功能恢复情况(Frankel分级), 综合得到椎体移位及重建节段骨融合情况。

一种新的脊柱内固定装置在运用之前, 除了要对其器械本身的材料学测试外, 大部分的器械还均以非破坏性试验进行生物力学评价, 生物力学研究的发展, 显著缩短了内固定器械应

用于临床的周期, 因而在近20年来, 脊柱新器械包括人工椎体的发展速度空前提高。有很多学者认为目前椎体植入既应具有植入后的即刻稳定性, 亦应注重其对脊柱生理曲度的恢复以及兼顾远期的融合功能。从远期效果看, 人工椎体的作用是融合而不是支撑。因此生物力学的评价已经成为椎体植入后与宿主相容性及植入后临床效果评估不可或缺的一部分。

本期专题推荐读者阅读11篇文章, 从椎体植入物植入后生物力学各指标变化、置入后稳定性、置入后对宿主的影响及植入体自身变化等角度, 分析生物力学评价的重要性。2012年本刊欢迎此类研究方面的优秀稿件投稿。

1 人工颈椎间盘假体置换短期随访: 颈椎稳定性及其运动范围变化, 见2012年16卷9期1551-1554页。

2 下颈椎前路内固定联合后路经关节金属螺钉置入固定的生物力学稳定性, 见2011年15卷35期6532-6535页。

3 上胸椎前路钛板与颈前路钛板内固定装置的拔出强度实验, 见2012年16卷4期605-608页。

4 体外生物力学评价上胸椎前路钛板内固定装置的三维运动稳定性, 见2011年15卷17期3119-3123页。

5 短节段椎弓根螺钉置入内固定椎体成形治疗胸腰椎骨折的生物力学检测, 见2011年15卷39期7284-7287页。

6 比较两种前段膨胀椎间融合器在椎间盘镜下治疗腰椎不稳症的生物力学特点, 见2012年16卷9期1639-1642页。

7 钉棒系统置入内固定治疗腰椎骨折的力学分析, 见011年15卷43期8147-8150页。

8 非融合棘突间固定器不同棘突间撑开高度对植入节段椎间盘压力分布的影响, 见2011年15卷39期7279-7283页。

9 模拟腰椎间盘髓核摘除后疲劳载荷对腰椎稳定性的影响, 见2011年15卷48期9040-9043页。

10 骶骨S2椎弓根外进钉固定的生物力学分析, 见2011年15卷17期3085-3088页。

11 以三维有限元分析两种方法L4/5椎间融合后的螺钉应力, 见2011年15卷13期2295-2298页。