

核磁共振成像技术和核磁共振电气及病床开发设计思路

曹丁文

岳阳市二人民医院, 湖南 岳阳 414000

[摘要]文中首先从核磁共振成像技术原理的角度阐述该虚拟软件开发的总体设计思路和虚拟软件整体功能框架, 然后从本征组织模型建立、虚拟数据动态采集、核磁共振图像重建三个方面阐述核磁共振成像技术虚拟数据采集与图像重建方法, 从软件界面、数据结构两个方面阐述核磁共振成像技术虚拟软件设计开发, 最后从预扫描实验、成像实验等方面阐述核磁共振成像技术虚拟软件功能实验, 并重点阐述采样数据、SE 序列、IR 序列、EPI 序列等因素对图像成像特点的影响, 为核磁共振成像技术教学提供虚拟软件支撑。

[关键词]核磁共振成像技术; 虚拟软件开发; K 空间

DOI: 10.33142/sca.v4i3.4035

中图分类号: R197.39

文献标识码: A

Development and Design of NMRI Technology, NMRI Electrical and Sickbed

CAO Dingwen

Yueyang Second People's Hospital, Yueyang, Hunan, 414000, China

Abstract: In this paper, the overall design idea and overall functional framework of the virtual software development are described from the perspective of the principle of nuclear magnetic resonance imaging technology, and then the virtual data acquisition and image reconstruction methods of nuclear magnetic resonance imaging technology are described from three aspects of intrinsic tissue model establishment, virtual data dynamic acquisition and nuclear magnetic resonance image reconstruction. The design and development of virtual software of NMRI technology are elaborated from two aspects of data structure. Finally, the functional experiment of virtual software of NMRI technology is elaborated from the aspects of pre scanning experiment and imaging experiment. The influence of sampling data, SE sequence, IR sequence, EPI sequence and other factors on image imaging characteristics is mainly elaborated, which provides virtual software support for MRI technology teaching.

Keywords: NMRI technology; virtual software development; K space

引言

核磁共振成像技术也叫作自旋成像技术, 核磁共振现象自从发现开始便备受研究人员重视, 物理、化学、医学领域都可以依据该技术实现某些领域研究的突破, 医疗行业也在 20 世纪 80 年代正式将该技术推向临床, 从此医学诊断工具发生了质的革命。核磁共振成像设备可以利用磁场直接得到人体内部的组织图像, 而且图像非常清晰、对比度非常高, 有利于医疗人员做出更加准确的判断。而核磁共振成像设备的使用需要软件作为支持, 软件操作流程是否便利直接决定了该技术的适用范围, 因此该技术教学软件开发设计也在不断进步和迭代。

1 核磁共振成像技术虚拟软件总体开发设计

1.1 核磁共振成像技术原理

核磁共振成像技术是利用核磁共振原理, 依据所释放的能量在物质内部不同结构环境中不同的衰减, 通过外加梯度磁场检测所发射出的电磁波, 即可得知构成这一物体原子核的位置和种类, 据此可以绘制成物体内部的结构图像。该技术得到的医疗诊断图像能够将各种不同化学结构显示出来, 医疗人员可以更加容易对大脑中的灰质和白质、其他部位的坏死组织、软组织、退化性疾病和恶性肿瘤进行判断^[1]。

核磁共振成像的原理比较抽象且复杂, 与核自旋、进动、拉莫尔频率、共振、弛豫、FID 信号、自旋回波信号、梯度回波信号、受激回波信号、二维 FT、MRI 序列、MRI 对比度等因素息息相关。人体内部存在很多水分子, 水分子中含有大量氢原子, 氢原子是在自转, 但是在没有强大磁场作用下大量氢原子的自转是无序的。如果此时使用核磁共振设备对人体施加一个强大磁场, 此时氢原子会发生拉莫尔频率的进动, 此时外加强磁场的旋转频率如果与氢原子的拉莫尔频率相同就会发生共振。而强磁场取消后在弛豫原理下氢原子会发生偶极-偶极相互作用, 该现象可以使用 Bloch 方

程进行描述,而磁场消失之后氢原子受到 T2 衰减的影响会产生一个自由衰减的 FID 信号。自旋回波信号是 RF 脉冲下原子记忆的显现,梯度回波信号是 FID 信号快速失相之后又聚相产生的信号。二维 FT 主要指的是通过磁共振信号反演出各个位置的空间编码,其中利用了 K 空间接收磁共振信号,在 K 空间被填充完之后利用二维傅里叶逆变换即可得到核磁共振图像。而 MRI 序列和 MRI 对比度等因素的作用就是控制核磁共振成像机器的各种线圈,使之能够在合适的时间和地点工作,让经过重建之后的信号可以准确反演出人体内部的核磁共振图像^[2]。

1.2 总体设计思路

本文按照 MVC 架构设计核磁共振成像技术虚拟软件,MVC 架构的全称是 Model (模型)-View (视图)-Controller (控制器)架构。模型架构模块主要负责对虚拟核磁共振设备的温度、磁场频率、脉冲激发、回波采样等工作,该部分可以为核磁共振成像收集采样数据并且对采样数据进行处理,主要起到的核磁共振成像原理演示作用;虚拟视图架构模块主要显示温度、磁场与中心频率、激发的脉冲、氢原子的回波信号、采样数据、人体内部核磁共振图像,主要起到的是虚拟成像作用;虚拟控制器架构模块主要为核磁共振成像设备的操作人员提供服务,主要负责对整个设备的控制和对视图模块结果的展示,主要起到的是展示预扫描界面的作用。在 MVC 架构下设计核磁共振成像技术虚拟软件可以直接按照实际核磁共振成像技术的操作模式和原理在虚拟空间中模拟实际软件的操作环境,这样才能提高虚拟仿真教学的沉浸式体验^[3]。

1.3 虚拟软件整体功能框架

核磁共振成像技术虚拟软件需要具备演示成像原理、展示设备操作、了解图像成像结果的影响因素等功能,因此设计人员最好在虚拟软件设计过程中将动画演示技术插入其中,利用这种更加直观的方式让学习人员理解核磁共振成像技术的原理、过程和设备操作方法,这样能够在提高仿真效果的同时降低学习人员对核磁共振成像技术的理解难度。核磁共振成像技术在实际应用中可以采用多种成像技术,如水抑制成像、半傅里叶扫描、权重成像技术等,这些不同的成像技术在虚拟教学软件中全部涉猎,确保学习人员在以后接触到任何一种核磁共振成像技术设备时都可以尽快上手操作。并保证核磁共振成像技术得到图像精度。

2 核磁共振成像技术虚拟软件设计开发

2.1 软件界面

核磁共振成像技术虚拟软件在设计时应该将软件界面分为主界面和次级界面,主界面主要展示各个次级界面的入口以及各种常用的虚拟软件功能。这样既可以保证虚拟软件功能操作具有一定的规律性,又可以保证虚拟软件在实际应用中具有一定的便利性。常用的功能主要分为参数调整和图像重建两种,参数调整可以让学习人员不断学习如何调整核磁共振设备才能提高图像成像的精确度,而图像重建可以考察学习人员是否具备将采样信号数据反演成图像的能力。

2.2 数据结构

核磁共振成像技术虚拟软件需要采集射频脉冲施工时间、回波时间、施加强磁场强度、梯度磁场强度、相位编码、频率编码、回波信号、噪声、组织本征值、序列、K 空间、采样点等数据。而核磁共振成像技术扫描界面的直接按照软件开发设计的程序进行操作即可,如果操作人员想要对虚拟设置的数据参数进行调整,应该在启动操作程序之前调整好准备工作。

3 核磁共振电气及病床开发设计

3.1 核磁共振电气及病床开发设计思路

通常情况下,检查床即病床需要具有 2 个方向上的运动,即垂直运动和水平运动才能将检查床上的病患送到圆形腔磁体的指定位置,但是这种设计思路会给行动不便的患者带来极大困难。因此,核磁共振电气及病床需要使用病床骨架和移动床板,病床骨架包括支撑移动床板的横梁组件和支撑所述横梁组件的剪力梁升降组件,剪力梁升降组件包括升降机构和剪力梁架,各组剪刀架在所述升降机构的驱动下作升降运动,极限复位机构安装在所述各组剪刀架下端的活动侧。这样既可使病床降得很低,又不会增加推杆电机的功率。

3.2 核磁共振电气及病床设计

核磁共振病床是否能够按照操作人员的指示调整床位高度和位置,直接决定了核磁共振技术检测的效果是否精准。目前核磁共振病床大多使用高自由度病床,该核磁共振病床分别由床体、导轨、导轨运动支撑部件、换向丝杆、传动换向机构及电线线缆,传统换向机构可以分为多个幅楔形块。有些幅楔形块按照病床长度方向摆放,还有些幅楔形块

按照病床宽度方向摆放，而所有幅楔形块均与换向丝杆相互连接，这样核磁共振病床系统即可通过对换向丝杆完成对幅楔形块的控制，从而让核磁共振病床与幅楔形块进行滑动连接。除此之外，核磁共振病床为了提高床体的自由度，通过设置齿轮并将齿轮与传动换向机构进行连接，这样齿轮即可分别固定在换向丝杆上，此时核磁共振病床系统操作人员通过对驱动丝杆的控制即可调整核磁共振病床的移动方向。而传动换向机构由多个万向联轴节组成，每个万向联轴节都固定在换向丝杆上，有些万向联轴节的布置方向与病床宽度方向一致，还有些万向联轴节的布置方向与病床宽度方向垂直，因此核磁共振病床系统操作人员通过控制万向联轴节对病床床位高度进行调整。为了保证核磁共振病床的性能，需要使用性能更加出色的复合型材料，而非普通的医疗器械材料，例如碳纤维增强复合材料。而核磁共振病床控制系统可以各个线缆、马达、电机等电力原件实现对病床的自由控制，一般来说核磁共振病床的电力系统原件都安装在床体下方的头部或尾部。

因此，核磁共振成像技术虚拟软件中关于核磁共振电气及病床运动控制部分必须完全模拟医院实际应用的核磁共振病床情况。虚拟软件设计开发首先应该从结构方面对核磁共振高自由度病床的构造进行三维建模，让学习人员可以从虚拟软件中对核磁共振病床及电气系统进行了解，然后再模拟核磁共振病床控制系统操作界面，让学习人员模拟对核磁共振病床进行操作，最后学习人员即可掌握如何控制核磁共振病床系统才能完成病床的移动和高度调整。学习人员在使用核磁共振技术虚拟软件时虽然可以从三维建模中清楚地看到核磁共振病床的结构和电气系统构成，但是大部分学习人员对核磁共振病床的结构构件功能不够了解。为了提高学习人员掌握核磁共振病床电气系统的操作速度，教学人员可以先对核磁共振病床中床体、导轨、幅楔形块、换向丝杆、齿轮、万向联轴节、传动换向机构等构件的作用详细讲解，这样即可降低核磁共振技术的学习难度。

3.3 核磁共振电气及病床运动控制系统

医院可引进相关电气自动化控制系统，利用上述系统，对核磁共振进行电气控制，确保检查的过程能够有效进行。除此之外，还需要将病床运动控制系统应用到核磁共振中，利用高自由度病床以及导轨带动床体位移或者改变床体盖度，这样才能将病床移动到核磁共振磁场的中心范围，从而增加核磁共振的扫描区域。因此，核磁共振电器及病床运动控制系统必须进一步提高电气自动化水平，通过核磁共振病床控制电气系统带动病床向不同方向移动。

4 核磁共振成像技术虚拟软件功能实验

4.1 预扫描实验

核磁共振成像技术虚拟软件设计开发人员为了更好地实现教学功能，可以按照核磁共振成像技术原理分别对各个阶段进行拆分，确保如何保证拉莫尔频率与体内氢原子核自旋频率一致、如何调整射频脉冲角度、如何测量体内氢原子核反馈出来的 FID 信号、如何利用常用的序列提高图像成像效果、如何合理使用各种核磁共振图像技术这些问题在虚拟软件中可以得到解决。

核磁共振成像技术虚拟软件预扫描实验是其中的教学重点，为了保证实验结果中图像的精确度需要先对实验中的数据进行优化，然后利用软件自带功能进行参数调试皆可。但是为了保证虚拟软件功能的全面性，学习人员也可以选择自己手动调试各种参数，使核磁共振设备施加的磁场与体内氢原子核共振。

4.2 成像实验

4.2.1 采样数据对图像成像效果的影响

为了测试采样数据对核磁共振成像图像的影响，学习人员可以先对采样数据进行调整，然后根据不同采样数据对应的图像结果判断参数的合理性，最后学习人员即可明确图像的纵向和横向空间分辨率应该如何才能保证成像效果最佳。

4.2.2 SE 序列对图像成像权重的影响

SE 序列下核磁共振成像图像可以通过比较成像图像的对比值，查看检测软组织中的密度数据与正常密度之间的差异，权重图像是判断密度差异的有效手段之一，虚拟教学软件应该合理展现该方法的优点。

4.2.3 IR 序列对图像成像特点的影响

IR 序列下核磁共振成像图像是使用范围是脂肪和水信号组织的测试，但是这种成像方法的特点是速度慢，不适合在课堂教学中进行教学，否则会浪费大量的课堂教学时间，因此可以直接利用计算机技术在虚拟软件中缩短该技术的时间，这样教学时间更加有效。

4.2.4 EPI 序列图像成像结果比较

EPI 序列下改进型和螺旋型是两种常见的分类,其适用范围包括心脏和呼吸器官,这两种方法虽然工作方式存在一定差异,但是成像结果基本相同。

5 结论

综上所述,本文主要在 MVC 架构下对核磁共振成像技术虚拟软件进行设计,通过模块化思路按照软件通讯模块、控制模块和数据模块设计虚拟软件的用户界面、数据结构与程序流程、控制模块指标,最后根据核磁共振成像技术原理设计出一个视图一体化核磁共振成像虚拟教育软件。该虚拟软件设计开发思路降低了后续增减功能的难度,降低了核磁共振成像软件的教学难度,有利于扩大核磁共振成像虚拟软件的应用范围,提高医疗行业人员的整体理论和实践操作水平。

[参考文献]

- [1]许文哲,王长建,马一鸣.核磁共振图像引导的放疗技术进展[J].生物医学工程学杂志,2021,38(1):161-168.
 - [2]黄锦江.低场磁共振成像装置软件系统开发[D].重庆:重庆大学,2019.
 - [3]顾琦鑫.利用核磁共振技术研究弱凝胶调驱机理[D].北京:中国石油大学,2019.
- 作者简介:曹丁文(1975.12),男,毕业院校:中南工业大学,现就职单位:湖南省岳阳市第二人民医院。