

医学物理与工程学

A design for locating the micro-medical device in human alimentary canal using nuclear imaging technology

LIANG Xue-ling, ZHENG Xiao-lin*, HOU Wen-sheng, LIU Yang, CUI Jian-guo
(Bioengineering College of Chongqing University, Chongqing 400030, China)

[Abstract] Objective The new real-time location system based on Gamma scintigraphy is designed to satisfy the location research on micro-system in the gastrointestinal tract. **Methods** The medical images collected from emission computed tomography were post-processed to distill the useful information which could be helpful to obtain the motion track of the device. **Results** The structure and arithmetic of the micro-medical device location system was introduced in this paper, which was validated through model test and preclinical test. **Conclusion** The results of the experiment indicate that using such technique can solve the location problem properly. This processing method is of great academic and applied value.

[Key words] Micro-medical device; Emission computed tomography; 3D projection location arithmetic

消化道微型诊疗胶囊核医学图像定位系统设计

梁学领, 郑小林*, 侯文生, 刘洋, 崔建国
(重庆大学生物工程学院, 重庆 400030)

[摘要] 目的 设计一种新型的基于闪烁扫描法的人体肠道微型诊疗胶囊的实时定位跟踪系统。方法 利用已有发射型计算机断层成像技术采集到的图像, 提取有用信息并处理得到微型诊疗胶囊在肠道中的运行轨迹。结果 根据微型诊疗胶囊定位系统的构成及空间投影定位算法, 给出模型实验和初步人体实验结果。结论 此种方法能较好的解决微型诊疗装置定位问题, 具有良好理论和实际应用价值。

[关键词] 微型诊疗胶囊; 发射型计算机断层摄影术; 空间投影定位算法

[中图分类号] R322.4; R817.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2006)10-1592-03

人体消化道微型诊疗系统主要作用于人体消化道内部, 针对人体消化道内病变进行诊断与治疗。整个系统一般由微型诊疗胶囊、体外接收装置、体外遥控发射装置、工作站四大部分构成。微型诊疗胶囊通过口服进入人体, 在消化道内进行图像传感、样品采集、药物释放、手术治疗等动作, 采集到的数据无线发送到体外。而诊疗胶囊在消化道中的准确定位对于图像传感、样品采集、药物释放、手术治疗等动作是至关重要的一环。

目前, 体内定位跟踪技术主要有超声定位、X线定位、放射性元素示踪等多种定位方式, 在国内外得到了较多的应用^[1,2]。ECT技术是一门新兴的医疗检测技术, 其应用范围越来越广泛, 也越来越受到医学工作者们的重视, ECT的图像后处理技术成为ECT新的发展方向。针对诊疗胶囊在人

体内一般要存留8h以上的特点, 应用基于闪烁扫描法的发射型计算机断层成像术这种方法进行检测不会使人体产生不适情况, 因此采用ECT技术进行人体内微型诊疗装置的空间定位是一种较为理想的选择^[3]。

MATLAB是由Math Works公司于1982年推出的一套高性能的数值计算软件, 其图像处理工具箱具有强大的图像处理功能, 在医学图像后处理中得到了广泛应用^[4,5]。目前应用MATLAB语言处理ECT图像的相关研究较少, 本文提出了一种利用MATLAB图像处理工具箱和VB语言相结合的图像处理方法, 实现对消化道微型诊疗胶囊空间定位的功能, 具有潜在的理论意义和实用价值。

1 空间投影定位算法

空间形体的三视图以不同方向的二维投影信息隐式表达空间立体信息, 根据画法几何学和工程制图的投影原理和制图规则, 三视图之间应满足相应的投影对应关系。工程人员根据视图所提供的二维信息及视图间的投影对应关系, 可以很容易地读懂视图所描述的空间形体结构^[6]。

在实际图像处理的工程应用中, 考虑到ECT采集图像的特点, 给出适合本系统的空间几何定位模型。由于实际得到的所有视图图形都是在一个统一的坐标系下描述的, 所以需

[基金项目] 本课题受国家“863”重大项目基金资助(2004AA404010)。

[作者简介] 梁学领(1979-), 女, 天津武清人, 博士。研究方向: 生物医学信息检测及医学图像处理。E-mail: lxlxq@126.com

[通讯作者] 郑小林, 重庆大学生物工程学院1-2室, 400030。

E-mail: zxl@cqu.edu.cn

[收稿日期] 2006-05-09 [修回日期] 2006-08-07

要根据已有的视图坐标信息及其对应关系,构造视图间的空间投影对应关系,使二维数据与三维信息相对应,并在视图间传递响应的约束关系。在本研究中,假定作为被处理的原始输入图的布局已经确定,并且视图间的坐标与目标形体的空间投影坐标系的相互关系已经明确建立,运动点的三维坐标可以由它在两个垂直平面的投影经过映射算子转换得出具体的转换和对应关系,进而得出运动点的三维坐标。

2 定位系统结构及组成

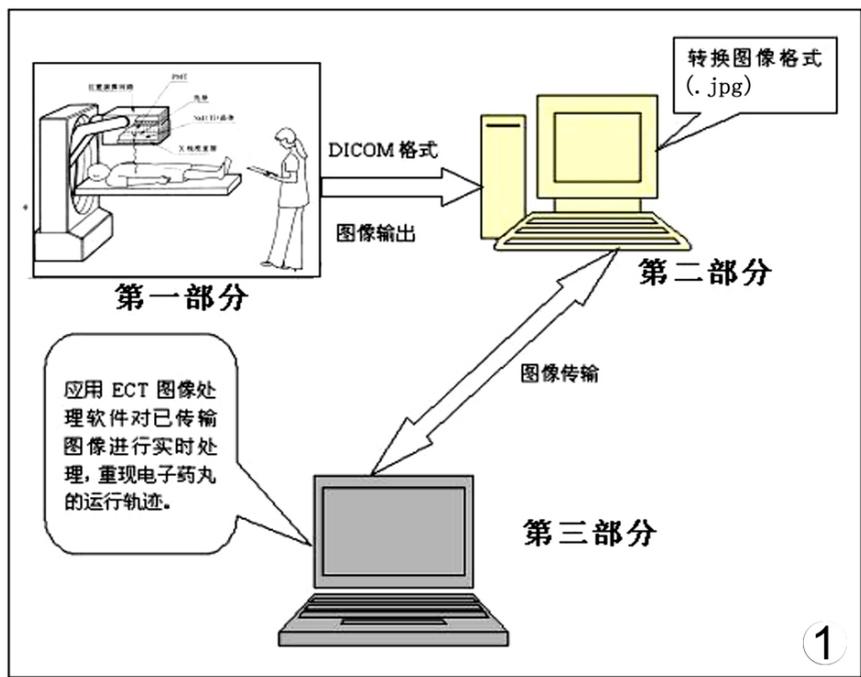


图1 人体体内微型诊疗胶囊 ECT 定位系统结构框图

人体体内微型诊疗胶囊定位系统主要由 ECT 图像采集存储装置和图像处理工作站三部分组成,系统的结构框图如图1所示:

第一部分的主要功能是利用 GE 公司的 GE Millennium MPR 型单光子发射型计算机断层仪(SPECT)采集微型诊疗胶囊在人体肠道中的放射性标记图像序列。

第二部分的主要功能是根据图像后处理的需要进行图像转换,DICOM 格式的图像里包含很多信息,在本课题研究的内容中,仅需要其中的部分信息,因此将其转换为“.jpg”格式的图像并传输到 SPECT 工作站以外的一台图像处理器上。

第三部分是自行设计的基于 VB 和 MATLAB 的图像处理软件,实现无创实时的显示微型诊疗胶囊在肠道中运行三维轨迹的功能。本软件通过图像选取菜单读取需要处理的图像,然后对图像进行处理,得到微型诊疗胶囊的空间坐标值,并实时存储在相应的文件中。每处理完一组图像可以确定系统的一个三维位置,通过三维作图法,把微型诊疗胶囊的坐标依次描记在一个三维坐标系中,通过旋转坐标系可以实现从不同角度观察微型诊疗胶囊在肠道中的相对位置。

3 微型诊疗胶囊定位实验及结果

3.1 模型实验研究 首先,制作参照系,方法是将 0.05 ml 钨(⁹⁹Tc^m)溶液平均分成 4 份,并分别注入到 4 个透明胶囊中(图2左),制作参照点,由这四个参照点组成空间坐标参照系。然后,用一次性注射器抽取 0.15 ml 钨(⁹⁹Tc^m)溶液,注入微型诊疗胶囊(图2右),将胶囊放入实验模型中,测量其初

始位置。胶囊每移动一定距离,记录其空间坐标,同时采集胶囊在实验模型中各个坐标点的二维平面图像序列(图3),并利用自行设计的 ECT 图像处理软件重建目标点空间运行轨迹,并进行实际测量值和软件重建值的比较(图4),经多次实验表明,轨迹误差小于 10 mm。



图2 透明胶囊(左)和微型诊疗胶囊(右)

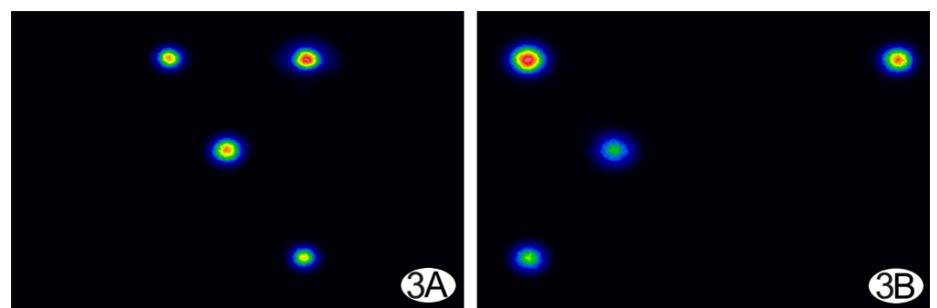


图3 A. ECT 正面图; B. ECT 侧面图

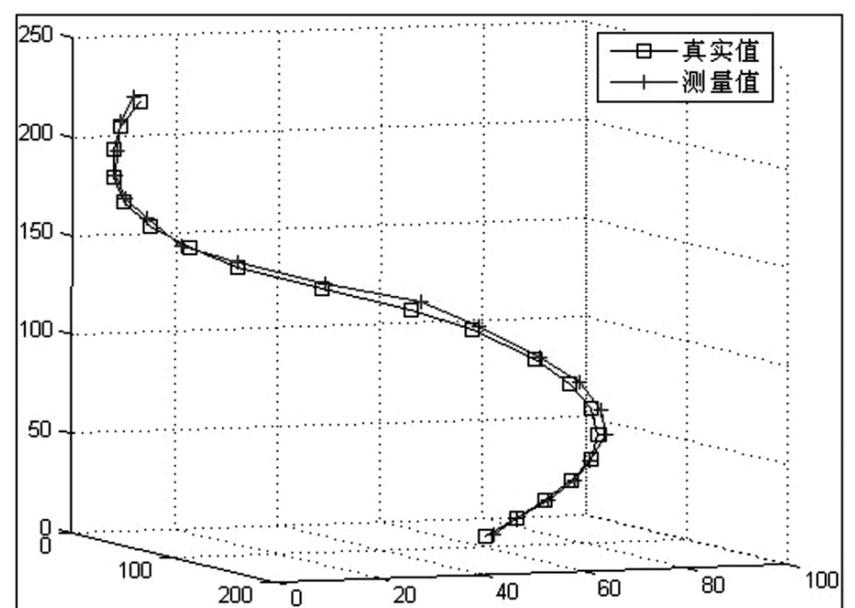


图4 模型测量的真实值和软件测量值的三维轨迹比较

3.2 初步人体实验研究 利用 ECT 图像处理软件进行了初步人体实验研究,得到的结果如下图5所示。由于人体肠道是一个管状结构,利用现有医疗手段直观地显示人体肠道整体的内部特征还较为困难。目前较为先进的技术例如消化道内窥镜系统在进行肠道采样的时候由于角度、方向等原因也无法实现肠道准确的三维定位。不同的受试者肠道的长度、弯曲度、走向也都不尽相同,人体的消化道钡餐检测可以给检查医生较为直观的感受。

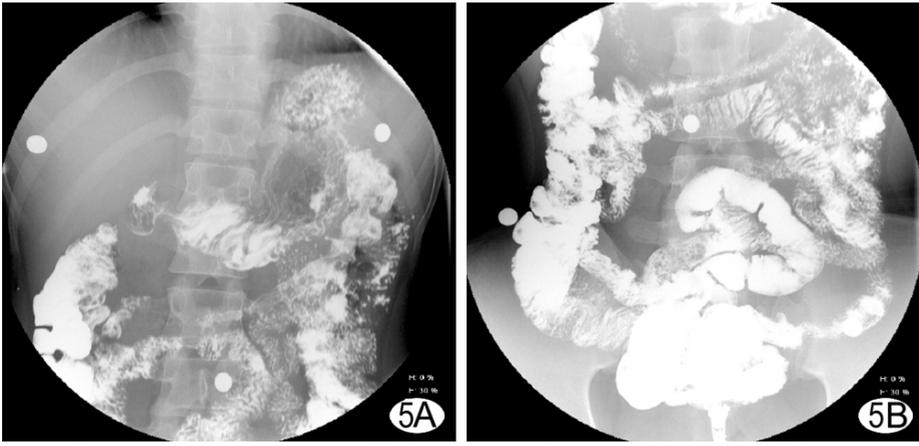


图5 受试者消化道钡餐图像 A.消化道上部; B.消化道下部

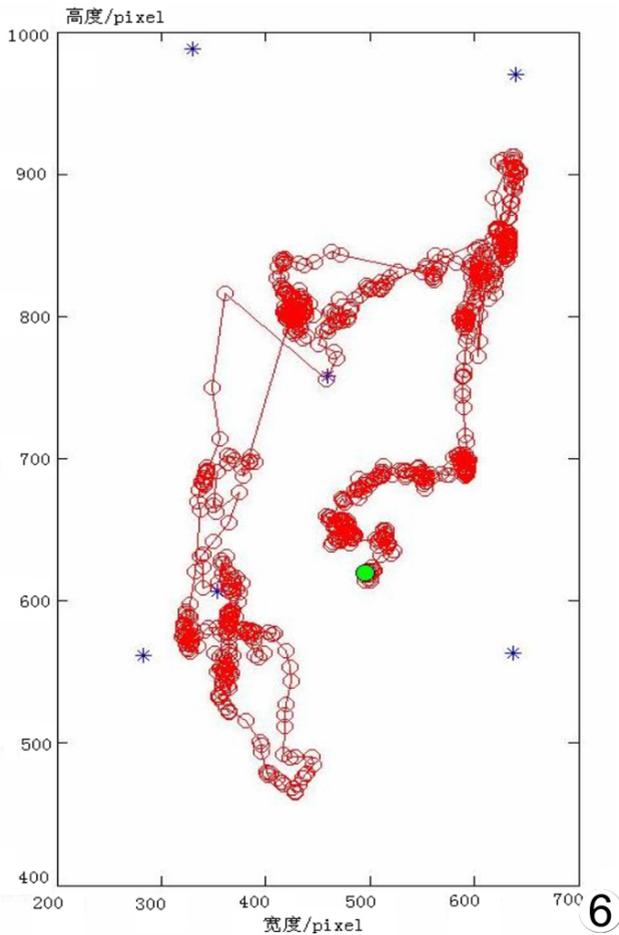


图6 微型诊疗胶囊定位初步人体实验结果

由于消化道微型诊疗胶囊在人体肠道内的运动与肠道的蠕动密切相关,微型诊疗胶囊的运动是一种非自主运动,因人体的个体差异,肠道蠕动快慢各不相同,因此造成采集到的图像效果与ECT图像采样频率之间存在一定的对应关系,即在肠道蠕动较快的区域微型胶囊的运动速度也较快。ECT图像采样频率的快慢直接影像图像处理的结果如图6所示,其中蓝色的星号为体表标记点,红色圆圈描记的为微型胶囊的

运动轨迹。当采样频率较高时,图像重建过程中就会出现某些部位点堆积现象;而采样频率较低时,就会丢失肠道中有效的弯曲数据,导致测量数据失真。

4 结论

本文设计的基于ECT图像后处理的人体消化道微型诊疗胶囊定位系统能够进行微型管道内运动物体的空间定位,克服了现有的人体消化道检查手段的不足,且对人体损伤较小,实验结果表明这种空间定位方法是安全和有效的。但是这种检测手段也存在不足之处,它只能被动地对ECT图像进行处理。在实用性方面由于微型诊疗胶囊在肠道中运行的速率是不固定的,在肠道的某些部位运行速度会时快时慢,此时应用采集到的ECT图像进行空间定位就会使得到的轨迹存在失真现象。这就需要在以后的工作中进一步探讨微型诊疗胶囊的运动模式,进一步与其它成像方法相结合,应用图像融合的方法来进行优化处理。

[参考文献]

- [1] Mummaneri V. Gamma scintigraphic valuation of the intestinal absorption of stavudine in healthy male volunteers using IntelliSite capsule[J]. Pharm Sci, 1999, 9(1): 608-611.
- [2] Peter J. Integrating kinetic models for simulating tumor growth in Monte Carlo simulation of ECT systems[J]. Nucl Sci, 2004, 51(5): 2628-2633.
- [3] Newman SP, Wilding IR. Imaging techniques for assessing drug delivery in man[J]. Pharmaceutical Science & Technology Today, 1999, 2, (5): 181-189.
- [4] Chen GY, Bi TD, Krzyzak A. Image denoising with neighbour dependency and customized wavelet and threshold[J]. Pattern Recognition, 2005, 38(1): 115-124.
- [5] Zeng Z, Dong FH, Chen X, et al. Three dimensions reconstruction of CT image by MATLAB[J]. CT Theory Appl, 2004, 13(2): 24-29.
曾箏,董芳华,陈晓,等.利用MATLAB实现CT断层图像的三维重建[J].CT理论与应用研究,2004,13(2):24-29.
- [6] Zhang AJ, Zhu CL, Wang Z. Coordinates transformation of engineering drawings for 3D reconstruction from orthographic views[J]. J Southwest Jiaotong Univ, 2001, 36(1): 57-61.
张爱军,诸昌铃,王喆.面向三维重建的视图坐标转换[J].西南交通大学学报,2001,36(1):57-61.