

·学科进展与展望·

# 中国数字化可视人体研究进展

张绍祥<sup>\*</sup>

(第三军医大学基础部,重庆 400038)

**[摘要]** “可视化人体计划(Visible Human Project, VHP)”1989由美国国家医学图书馆提出。1991年8月,美国国家医学图书馆与科罗拉多大学健康科学中心(Health Sciences Center)签订协议,正式启动VHP。由科罗拉多大学完成人体连续横断面图像获取,获得一套正常人体的结构数据集。该课题1994年11月完成并向世界公布,引起了世界范围内的可视人数据开发,已经取得了巨大的社会效益和经济效益。此后,韩国、日本、德国、澳大利亚等国纷纷启动了可视人体计划。其中,韩国于2000年启动了韩国可视人(Visible Korean Human, VKH)五年计划(2000.03—2005.02),2001年获得了1例脑瘤死亡人体标本的数据。中国可视化人体的研究,开始于1999年。2002年10月,第三军医大学获得了首例中国数字化可视人体的数据集。此前,信息学领域的科学家利用美国公布的数据集进行了人体可视化的大量前期研究,已经具备了较好的基础。由于VHP研究是适应数字化时代来临的需要,在与人体的结构与功能相关的众多领域具有广泛应用前景的重大科学问题,因此,在国家层面上,部署中国可视化人体计划(Chinese Visible Human Project, CVHP)具有重要的科技战略意义。

**[关键词]** 中国,数字化,可视化人体,计划

## 1 可视化人体研究的国内外概况

### 1.1 国外研究现状

随着数字化时代的来临,与人体结构数据有关的医学、航天、体育、军事、汽车、机械制造、艺术等领域对数字化可视人体提出了巨大的需求。美国国家医学图书馆抓住先机,于1989年提出了“可视化人体计划(Visible Human Project, VHP)”。1991年8月,美国国家医学图书馆(NLM)与科罗拉多大学健康科学中心(Health Sciences Center)签署协议,由科罗拉多大学进行人体结构数据的采集和三维重构。科罗拉多大学采用的方法是将人体标本低温冰冻后,用工业铣床逐层铣切、逐层照相,输入计算机获取人体连续横断面图像,然后进行人体结构的三维重建。该研究小组获得了世界上第一套人体结构数据集。该研究于1994年11月完成并向世界公布。该套数据为中年男性,共有1 878个横断面图像,相邻断面

之间间隔1.0 mm。每幅断面图像数字化扫描分辨率约为250万( $2\ 048 \times 1\ 216$ )像素,总的数据量为13 GB。1995年11月,该研究组又完成了1例女性标本的断面制作和图像数据采集,断面总数为5 189幅,断面间距为0.33 mm,总数据量达到43 GB。美国可视人计划的实施在全世界引起了巨大反响。由NLM主持,于1996、1998、2000和2002年举行了四次VHP国际学术会议。美国国家医学图书馆已经和43个国家的1 400多个用户签订了数据集的使用协议。

不少研究机构或大学利用VHP的连续断面图像数据,已经或正在开发新的计算机人体模拟系统和实用产品。如华盛顿大学开发的数字解剖学家系统、哈佛大学开发的全脑图谱及外科手术规划系统、斯坦福大学开发的虚拟内窥镜系统、汉堡大学开发的Voxel-Man系统、美国伦斯利尔理工学院开发的核医学虚拟仿真系统等等。目前,韩国、日本、德国、

<sup>\*</sup> 1999年度国家杰出青年科学基金获得者。

本文于2002年12月6日收到。

澳大利亚纷纷启动了可视人体计划。其中,韩国可视人体计划(Visible Korean Human, VKH)的正式实施和取得的阶段性研究结果令人注目。韩国 Ajou 大学医学院和韩国科技信息研究所获得国家自然科学基金资助,实施了韩国可视人五年计划(2000.03—2005.02)。在2001年3月,获得了第一例韩国可视人体的数据集,连续横断面厚度为0.2 mm,断面数字摄影为610万( $3\,040 \times 2\,008$ )像素。虽然标本来源于一个65岁的老年脑瘤患者,但这是世界上见到的第二例男性标本的数据集。韩国可视人体的后续研究工作正在按照五年计划抓紧进行。

## 1.2 国内研究现状

由于可视化人体研究在与人体形态结构有关的众多研究领域具有重要的理论意义和广阔的应用前景,国内不少学者一直关注着这一研究领域的进展并利用美国的VHP数据集进行了卓有成效的研究工作。如香港中文大学虚拟现实、可视化与图像学研究中心王平安等利用VHP数据进行了人体头部、心脏、气管支气管等器官结构的可视化研究以及中医经络和穴位在可视人体上的显示;清华大学唐泽圣等利用科学计算可视化和虚拟现实技术对人体颅底部结构进行了可视化显示;清华大学白净等利用VHP的数据,在基于虚拟人的计算医学研究方面,对人体多个器官的结构与功能进行了可视化显示;中国科学院自动化研究所田捷等构建了开放的虚拟人体实验平台,对于数据压缩、图像分割、配准与融合、三维重建与绘制以及面片化简算法等进行了研究;复旦大学宋志坚等利用CT、MRI获得的数据进行三维重建和立体显示研究,其结果已实际应用于临床诊断;山东大学刘树伟等使用自己制作的断面标本获取数据,对网膜囊和肝段等人体结构进行了三维重建和立体显示;厦门大学王博亮等对虚拟眼进行了研究等等。可见,此领域的研究在国内已具备了一定的基础。由于可视人体研究是一项人类借助计算机技术进一步认识自身,同时在医学、仿生学等多个领域具有广阔应用前景的重大课题,经解剖学界和计算机学界专家提议,经国家科技部和中国科学院有关部门批准,于2001年11月5—7日,在北京香山召开了主题为“中国数字化虚拟人体的科技问题”的第174次香山科学会议。与会的42位专家一致认为,虽然美国已有了世界上第一套人体结构数据,但具有明显的缺点:一是数据来源于白种人,不完全适合于中国人的结构特点;二是VHP将尸体截为3段,造成了交接处的数据缺损;三是断面

间距为1 mm和0.33 mm,仍然不够细致;四是无法保存断面标本,在光学照片和数码图像上都无法对较小的血管尤其是神经进行辨认。会议认为,中国作为一个具有13亿人口的大国,不能没有自己的可视化人体,而且,以我们现有的技术,有可能克服上述四个缺点。这一研究项目,需要人体解剖学、计算机图形图像学和医学专家协作研究,在获得完整的人体薄层连续断面图像数据集的基础上进行综合研究,建成可视化人体和各种面向应用的虚拟人体模型,为与人体结构有关的领域如现代临床医学、体育、航空航天、汽车撞击、核武器防护、战创伤研究、仿生学、人体器官代用品的研制等提供基础。

作者所在的课题组从1985年开始从事人体断面解剖学研究,1990年以后,集中于人体薄层影像断面解剖学研究,1999年获得国家杰出青年基金资助,开始进行中国人人体结构数据集建立的研究工作。经过3年多的工作,于前不久完成了第一套具有完全自主知识产权的人体连续横断面图像数据集的采集和计算机三维可视化的研究工作。所选用标本为男性,35 y,身高1 700 mm,体重65 kg,非器质性死亡。连续横断面层厚:头部和颈部为0.5 mm,其中颅底部为0.1 mm,其他部位为1.0 mm,全身共计2 518个断面。数字化摄影分辨率为6 291,456( $3072 \times 2048$ )像素,每个断面图像文件大小为36 MB,整个数据集数据量为90.468 GB。

此外,第一军医大学报道已于今年6月底成功试切了人体头部标本的一组断面,正式用于数据采集的标本的切削工作即将开始,计划切片厚度为0.1 mm,全身将有16 600个断面,预计明年完成。

## 2 数字化可视人体研究的意义

数字化可视人体的研究,对于与人体形态结构有关的多个学科领域,如医学、体育、汽车、人体器官结构代用品制造、影视与广告制作、航空与航天等都具有重要意义和应用价值。在此,仅就在医学领域的意义概述如下:

### 2.1 促进学科的新发展,建立一部新的适应数字化时代需要的人体数字化解剖学

现有的解剖学知识和数据是经过将人体剖切开以后进行观察和测量得来的。最大的缺陷在于缺乏某个器官或结构在人体空间中的准确定位、三维测量数据和立体图像,而这恰恰是以计算机技术为支撑的现代临床诊断和治疗手段中最需要的,它是计算机辅助医学(CAM)的基础,是计算医学研究的首

要工作。因此,建立一部新的人体数字化解剖学是数字化时代到来的迫切要求,将为古老的人体解剖学科带来一次划时代性的革命。

## 2.2 为现代临床影像诊断提供依据

临床断层影像诊断(B超、CT、MRI等)均需要正常人体断面解剖学图像和数据资料作为诊断的形态学基础。目前,新一代CT和MRI已能将断层的厚度减小到1—2 mm甚至更薄,从而使得微小病灶的检出率大大提高,这对于占位性病变尤其是肿瘤的早期发现和早期治疗具有重要意义。现在普遍采用的冰冻锯切方法制作的断面标本最薄也有5 mm以上。显然,已有的断面解剖学资料无法完全满足当前临床影像的需要,因而亟待寻找一种制作薄层断面标本的新方法,而数字化可视人体则能提供与之匹配的断面图像和数据。

## 2.3 建立中国数字化标准人脑

由于我国尚无数字化标准人脑,目前在临床上使用的功能磁共振(fMRI)、PET等,所使用的标准脑是一位56岁的法国妇女的数字脑,与东方人脑匹配不好,导致定位诊断的准确性降低。我国目前已大量引进了fMRI、PET等应用于临床,因此,建立中国数字化人脑已迫在眉睫。

## 2.4 在现代放射治疗中的意义

$\gamma$ 刀、X刀等放疗手段的有效实施,有赖于对病灶在三维空间的准确定位,以便于对病灶部位的准确切除和对周围正常组织的有效保护。提供一套全方位的正常人体解剖结构的图像与数据资料,对于放疗方案的准确制定和有效实施具有较大帮助。

## 2.5 在临床介入诊断和介入治疗中的意义

内窥镜、导管等介入诊断、介入治疗手段以其创伤小、准确、快捷等优点在临床上得到越来越广泛的应用,对人体管道结构的三维形态规律和正常数据非常需要。在临床诊断和治疗中,有创性介入(内窥镜、导管等)和外科手术往往因不可预测的因素(包括医生缺乏应急处理的预案)而导致失败,给病人造成不可挽回的损失和痛苦,甚至危及生命。如果利用数字化人体在计算机上事先进行手术模拟,如虚拟内窥镜、虚拟介入导管、人体放射治疗模拟定位、人体模拟外科手术,对于医生针对具体病人的手术训练和准确而有效的手术方案的制定具有重要意义。

## 2.6 推动显微外科手术发展

现代外科学的发展趋势是局限化,小型化和显微化。对于某些重要部位,一些过去被认为是手术

禁区的微细结构的形态规律有待进一步阐明,因为一些过去认为不太重要的细小的血管、神经,现在由于显微外科技术的发展变得重要了。例如人体颅底解剖结构极为复杂,由于脑的重要结构和生命中枢均位于此,过去一直被视为手术禁区。近年来,随着医疗器械、设备和显微外科技术的进步和提高,为颅底外科的开展创造了条件。颅底外科是神经外科的尖端,要想推动我国颅底外科的发展、进步和提高,首先应该大力加强颅底外科各个具体部位解剖学的深入研究,对重要结构的所在区域、血管走向、粗细、神经分布以及它们之间的关系亟待阐明。这对于颅底外科,耳鼻咽喉科、眼科显微手术的开展和提高都具有重要意义。

## 3 国家层面上对数字化可视人体研究的进一步部署应抓紧进行

### 3.1 计算机技术的快速发展为数字化可视人体研究提供了支撑

以人类基因组计划(HGP)的完成和人类脑计划(HBP)的实施为标志,人体科学的研究已经进入到以信息化为主要特征的时期。从基因的构成到蛋白质的空间结构,从细胞、组织、器官、系统乃至整个人体的形态结构到生理功能,包含了海量的数字信息。随着计算机技术的快速发展,实现人体信息从微观到宏观的数字化和可视化,进而进行人体结构和功能的精确模拟已经成为可能。

### 3.2 国外数字化可视人体研究正在兴起高潮

自1994年11月美国科罗拉多大学完成了第一例可视人体数据集的采集并向世界公布以后,数字化可视人体研究很快引起了多国政府和科学家的重视。美国国家医学图书馆继续投入了700万美元进行VHP的进一步研究,橡树岭实验室和华盛顿大学分别提出了虚拟人创新计划(The Virtual Human Project Initiative)和生理人计划(The Physiome Project);韩国正在实施韩国可视人五年计划(Visible Korean Human Project 2000—2005);德国汉堡大学正在实施Voxel-Man II期计划;澳大利亚、法国和英国的数字化可视人体研究已经获得重大项目基金的资助;日本科技厅决定从2002起进行人体基本数据调查,2010年前完成7岁至90岁的34 000人的数据测定,制定出新的人体标准数据库。与数字化可视人体相关的研究更是层出不穷。

### 3.3 我国数字化可视人体研究已有一定基础

美国VHP数据集公布以后,我国计算机和信息

学领域的科学家已经利用这一套数据集进行了数据压缩、图像分割、图像配准与融合、几何建模、三维重构与绘制等可视化人体的基础研究;信息科学家与医学科学家合作,在医学图像的立体显示、虚拟内窥镜与手术仿真、手术导航、无框架脑立体定向手术、基于中医针灸学习和训练的智能虚拟环境、具有触觉反馈的模拟外科手术操作环境等方面进行了卓有成效的研究,有的已经实际应用于临床;解剖科学家与计算机科学家合作已经进行了人体多个部位、多个器官、多种组织和多种细胞的立体重建和三维可视化研究。这些工作都为数字化可视人体的研究打下了较好的基础。已经完成的首例数字化可视人体数据集,为我国科学家研究中国的可视化人体提供了前提条件。所谓“巧妇难为无米之炊”,现在已经有了“米”,相信有志于从事此领域研究的科学家可以大有作为。

### 3.4 国家层面上对数字化可视人体研究的进一步部署应抓紧进行

由于数字化可视人体研究,一是适应数字化时代来临的需要,在与人体的结构与功能相关的众多领域具有广泛应用前景的重大科学问题;二是信息技术与生命科学等多个学科交叉形成的一个新的研究领域;三是国际间的竞争与合作会同时出现;四是我国科学数据库建立的工作已经启动,而人体数据是其中非常重要的一部分;五是我国已有了较好的前期研究基础,继美、韩之后,第三个拥有了本国人体数据集,在国内已经初步形成了一支人数较多、力量较强的研究队伍,如果抓紧进行,我国有实力在此研究领域走在世界前列。因此,在国家层面上,部署中国可视化人体计划(Chinese Visible Human Project, CVHP)具有重要的科技战略意义。基于此,建议在国家层面上尽快部署此研究领域的重大计划。通过重大课题的部署,统领协调全国在此领域的科研力量,按照国家目标要求,加紧工作,早日取得一批具有原创性的成果,造福于人类。

## CHINESE VISIBLE HUMAN PROJECT

Zhang Shaoxiang

(*Department of Preclinical Medicine, Third Military Medical University, Chongqing 400038*)

**Abstract** “Visible Human Project (VHP)” was put forward by US National Library of Medicine in 1989. Then the library signed agreement with Health Science Center of Colorado University to formally carry out the project in August 1991. Accordingly, scientists at Colorado University obtained successive sectional images for structural data set of normal human body. This research was accomplished and made public in November 1994, which aroused worldwide enthusiasm in this field. And remarkable social and economic benefit has been gained. Thereafter, many countries including Korea, Japan, Germany and Australia initiated visible human project one after another. Among them, Korea started a 5-year “Visible Korean Human (VKH)” project (Mar. 2000—Feb. 2005) in 2000 and obtained the first specimen data of a human died of cerebroma in 2001. China began its project in 1999. The data set of the first Chinese digital visible human was obtained at Third Military Medical University in October 2002. Before then, by utilizing data made public by US VHP, Chinese scientists in informatics had exerted themselves on enormous preliminary work to pave the way for further achievement. Now that VHP research is so promising a scientific field to meet the needs of the coming digital era and presents great potential to many domains related with structure and function of human body, the deployment of Chinese Visible Human Project (CVHP) has crucial strategic significance scientifically.

**Key words** digital, visible human, project, Chinese