

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.48.001 [http://www.crter.org]

刘延祥<sup>1,2</sup>, 姜俊<sup>2</sup>, 严振国<sup>2</sup>, 郭义<sup>1</sup>, 庄天戈<sup>3</sup>, 邵水金<sup>2</sup>, 张黎声<sup>2</sup>, 刘佳霖<sup>3</sup> (1天津中医药大学针灸学院, 天津市 300193; 2上海中医药大学基础医学院, 上海市 201203; 3上海交通大学生命科学技术学院, 上海市 200030)

## 数字化虚拟人体内关穴结构的三维重建\*☆

刘延祥<sup>1,2</sup>, 姜俊<sup>2</sup>, 严振国<sup>2</sup>, 郭义<sup>1</sup>, 庄天戈<sup>3</sup>, 邵水金<sup>2</sup>, 张黎声<sup>2</sup>, 刘佳霖<sup>3</sup> (1天津中医药大学针灸学院, 天津市 300193; 2上海中医药大学基础医学院, 上海市 201203; 3上海交通大学生命科学技术学院, 上海市 200030)

### 文章亮点:

- 1 文章以内关穴(PC6)作为研究对象,借助由德国汉堡大学基于美国的“可视人计划”(Visible Human Project, VHP)数据集而开发的VOXEL-MAN操作平台,对内关穴周围的局部结构以数学建模的方法进行重建。
- 2 建立的内含内关穴的三维形态结构的可视化人体模型,可以三维立体地反映内关穴的整个立体空间形态结构,可以观察针刺时针体和内关穴周围各组织的空间位置关系。
- 3 借助Micro-XCT-200机对内关穴位的局部结构也进行了补充研究。
- 4 为探讨穴位结构的本质和进针的安全性,为提高临床针刺疗效和避免针刺意外事故奠定了较好的基础。

### 关键词:

骨关节植入物;骨与三维有限元分析;内关穴;可视化;腧穴;针灸;数字化虚拟人;三维重建;解剖;临床安全;教学;国家自然科学基金

### 主题词:

解剖学;成像,三维;针刺穴位;可视人计划

### 基金资助:

国家自然科学基金面上项目(81072957)\*

### 摘要

背景:虚拟现实技术与中医穴位相结合,可实现针刺的三维立体表达。

目的:基于VOXEL-MAN和Micro-XCT-200机,通过对内关穴三维形态结构的可视化研究,进一步探讨穴位结构。

方法:在VOXEL-MAN系统中结合腧穴解剖学知识,内关穴(PC6)邻近的肌肉分割后进行融合,神经血管进行三维重建;编写程序获得内关穴的三维进针动画,进行内关穴位的三维可视化和虚拟进针研究。通过Micro-XCT-200机对穴位的本质进行补充。

结果与结论:完成了内关穴局部解剖结构的三维可视化,实现了内关穴在数字化虚拟人体中的定位与表达。运用Micro-XCT-200机对内关穴位的结构进行了研究,尚未发现新的组织。穴位局部三维重建有助于立体显示穴位解剖结构和逼真模拟针刺过程,有助于系统地观察针体和穴位周围各组织的空间位置关系,为探讨穴位进针的安全性、提高临床针刺疗效奠定了较好的基础。Micro-XCT-200机对内关穴位的结构研究,为“穴位立体构筑理论”进一步提供了实验依据。

## Three-dimensional reconstruction of human *Neiguan* point structure based on digitized virtual reality technology

Liu Yan-xiang<sup>1,2</sup>, Jiang Jun<sup>2</sup>, Yan Zhen-guo<sup>2</sup>, Guo Yi<sup>1</sup>, Zhuang Tian-ge<sup>3</sup>, Shao Shui-jin<sup>2</sup>, Zhang Li-sheng<sup>2</sup>, Liu Jia-lin<sup>3</sup> (1Acupuncture and Moxibustion College, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China; 2School of Basic Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 3Life Sciences and Biotechnology College, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** Based on the integration of virtual reality technology with acupoints, acupuncture can be expressed three-dimensionally.

**OBJECTIVE:** To explore the structure of points through reconstructing digitalized three-dimensional visualization of *Neiguan* (PC6) structure based on VOXEL-MAN and Micro-XCT.

**METHODS:** Muscles and other tissues adjacent with *Neiguan* (PC6) were segmented and merged based on the VOXEL-MAN system combined with the anatomical knowledge of acupoints; nerves and blood vessels were performed with three-dimensional reconstruction; the needle-inserting animation of *Neiguan* (PC6) was obtained by running script file. Three-dimensional visualization and virtual needle-inserting researches of *Neiguan* (PC6) were performed. Nature of the acupoints was detected by the Micro-XCT-200 machine additionally.

**RESULTS AND CONCLUSION:** The visualization of the anatomical structure of local *Neiguan* (PC6) was completed, and the localization and expression of *Neiguan* (PC6) in the digitized virtual human were realized. The

刘延祥☆,男,1972年生,汉族,2011年上海中医药大学毕业,博士,讲师,主要从事中西医结合基础腧穴研究。  
LYX393@163.com

通讯作者:姜俊,硕士,副教授,上海中医药大学基础医学院,上海市 201203

中图分类号:R318  
文献标识码:A  
文章编号:2095-4344  
(2013)48-08301-06

修回日期:2013-08-16  
(201304023/M·C)

Liu Yan-xiang☆, M.D., Lecturer, Acupuncture and Moxibustion College, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China; School of Basic Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China  
LYX393@163.com

Corresponding author: Jiang Jun, Master, Associate professor, School of Basic Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

Accepted: 2013-08-16

*Neiguan* (PC6) structure was researched with Micro-XCT-200, and showed there was no new tissue. Local three-dimensional reconstruction of the acupoint structure could help to display the anatomical structure of acupoints and simulate the acupuncture process. It could also help to observe the relationship between the needle body and the surrounding tissues during needle-inserting, which supplying a good basis not only for exploring the security of needle-inserting, but also for improving the clinical effect of acupuncture. The research on the structure of acupoint *Neiguan* (PC6) by Micro-XCT-200 provides further experimental evidence for the hypothesis of three-dimensional acupoint.

**Subject headings:** anatomy; imaging, three-dimensional; acupuncture points; visible human projects

**Funding:** General Project of National Natural Science Foundation of China, No. 81072957\*

Liu YX, Jiang J, Yan ZG, Guo Y, Zhuang TG, Shao SJ, Zhang LS, Liu JL. Three-dimensional reconstruction of human *Neiguan* point structure based on digitized virtual reality technology. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2013;17(48):8301-8306.

## 0 引言 Introduction

内关穴(PC6)为临床常用穴位, 现在广泛用于心血管和神经系统疾病方面<sup>[1-3]</sup>。该穴属手厥阴心包经的腧穴, 是心包经的络穴, 且为八脉交会穴之一, 通于阴维脉。其临床治疗范围较为广泛, 为历代医家所重视。《针灸甲乙经》言:“心澹澹而善惊恐, 心悲, 内关主之。”在《百症赋》中记载:“建里、内关, 扫尽胸中之苦闷。”《标幽赋》言:“胸腹满痛刺内关。”《拦江赋》云:“胸中之疾内关担。”现代临床报道中, 内关穴还用于消化系统疾病方面的膈肌痉挛、顽固性呃逆<sup>[4]</sup>、胃痉挛、妊娠恶阻、化疗所致消化道反应, 胆囊手术牵拉反应等<sup>[5-7]</sup>; 现代还常常采用指压内关穴的方法, 以减轻患者皮试时的疼痛<sup>[8]</sup>。在实验研究方面, 内关穴治疗作用的研究也取得了很大进展<sup>[9-14]</sup>, 既包括有人体上的内关穴, 也有对大鼠前肢内关穴的研究, 但对内关穴局部结构实质的研究目前尚无报道。

## 1 材料和方法 Materials and methods

**设计:** 探索性实验。

**时间及地点:** 于2009年3月至2011年6月在上海中医药大学基础医学院“经穴解剖三级实验室”和上海交通大学Med-X研究院进行。

**材料:**

**数据来源:** 德国汉堡大学基于Visible Human Project成果开发的VOXEL-MAN系统, 上海中医药大学基础医学院解剖教研室对穴位解剖的研究积累。

**实验设备:** 课题进行的主要设备如下: VOXEL-MAN平台系统。美国Xradia公司生产的Micro-XCT-200机(序列号1209064)。

**实验动物:** 清洁级KM小鼠雌雄各1只, 雌18 g, 雄19 g, 由上海中医药大学实验动物中心提供。

**实验方法:**

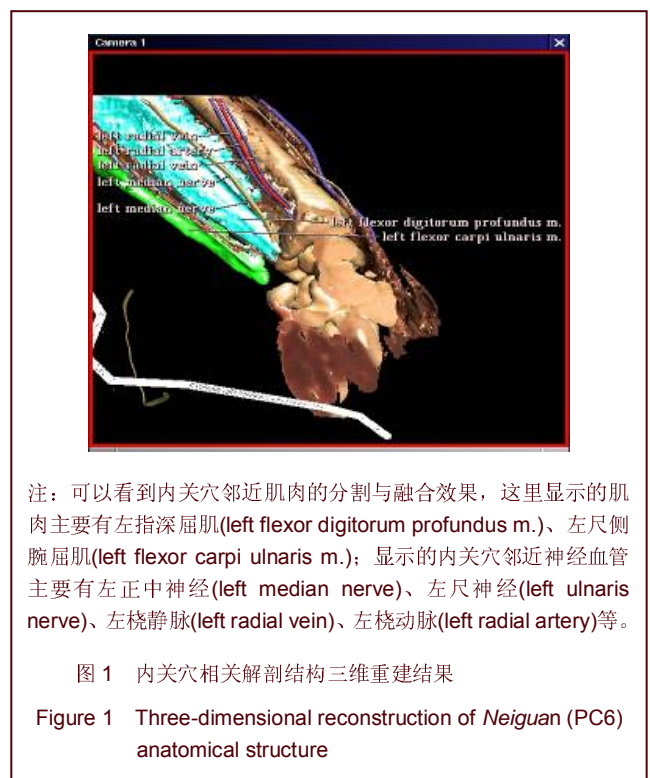
**定位标准:** 依据2006年“腧穴名称与定位”国标<sup>[15]</sup>中对内关穴规定, 同时参考了对内关穴论述的经典书籍<sup>[16-19]</sup>, 内关穴一般取穴时需要仰掌取之, 其具体定位

为: 在前臂掌侧部, 曲泽与大陵的连线上, 腕横纹上2寸, 掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱之间。

基于VOXEL-MAN系统, 进行虚拟人左侧内关穴局部结构的可视化研究:

**分割与融合肌肉:** 主要的分割肌肉为掌长肌腱、桡侧腕屈肌腱、指浅屈肌、拇长屈肌、指深屈肌和旋前方肌等; 其次, 对内关穴周围肌肉也进行了分割和修补, 包括肱桡肌、旋前圆肌和尺侧腕屈肌等前臂前区肌肉, 桡侧腕长伸肌、桡侧腕短伸肌、指伸肌、小指伸肌、尺侧腕伸肌、旋后肌、拇长展肌、拇短伸肌、拇长伸肌和食指伸肌等前臂后区肌肉。

在VOXEL-MAN操作平台中, 分割的依据主要是同一断面肌肉间的颜色差异及肌间隔<sup>[20]</sup>, 分割时还结合参考书和解剖教研室的标本<sup>[21-23]</sup>; 对分割的肌肉通过编写程序文件, 以命令的方式进行融合; 融合前还进行了形态学处理, 以便更加完整而接近于真实人体。图1即为内关穴邻近肌肉的分割与融合效果。



三维重建神经血管: 在VOXEL-MAN系统中, 根据内关邻近神经和血管的信息, 利用Cardinal样条曲线对其进行三维重建<sup>[24-27]</sup>。图1即为内关穴邻近神经血管的重建效果。

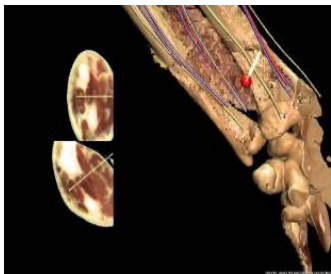
生成虚拟进针动画: 通过编写脚本程序, 以命令的方式运行后生成动画, 三维展示内关穴的虚拟进针过程, 可形象观察内关穴进针时的角度、深度及局部解剖结构等内容。

Micro-XCT下小鼠内关穴结构可视化研究: 于2010年6月2日在经穴解剖实验室内, 取清洁级KM小鼠雌雄各1只的右侧前腿下部内关穴处组织(由上海中医药大学实验动物中心提供, 雌18 g, 雄19 g), 在合作方上海交通大学的协作支持下, 运用美国Xradia公司生产的世界较新型的Micro-XCT(微米三维重构成像X射线显微镜技术), 以250 μm的尺度无损地对样品内部结构进行成像。

主要观察指标: 不同角度下骨表面及骨内部的微细结构, 以期对穴位结构的不同学说进行初步验证, 丰富内关穴下解剖结构的三维可视化。

## 2 结果 Results

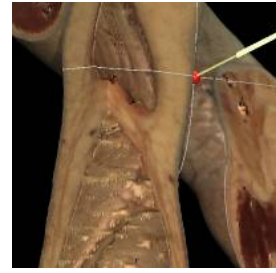
2.1 基于VOXEL-MAN内关穴三维可视化的结果 最终生成了内关穴的三维立体、进针至不同深度时的进针动画, 完成了内关穴的三维虚拟进针过程, 见图2。可以看到毫针尚未触及内关穴处的皮肤, 见图3, 针尖触及内关穴处皮肤下的肌肉组织情况, 见图4, 以及针尖触及内关穴处的神经血管附近情况, 见图5。通过截取的内关穴虚拟进针时的三维动画图片, 可以观察到内关穴针刺时所经过的肌肉主要有: 皮肤、皮下组织、掌长肌腱、桡侧腕屈肌腱、指浅屈肌、指深屈肌和旋前方肌, 针体邻近的神经血管主要为正中神经、正中动脉、桡动脉、桡静脉、尺动脉等。



注: 可以看到当毫针与皮肤表面成 90°角向下进行直刺时, 可依次经过皮肤、皮下组织、掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱之间、指浅屈肌、正中神经、指深屈肌和旋前方肌; 如果继续向下进针, 则针尖可穿过旋前方肌, 甚至刺至前臂骨间膜、抵达桡骨和尺骨。

图2 内关穴三维虚拟进针的综合图像

Figure 2 Three-dimensional integrated image of virtually needling into Neiguan (PC6)



注: 可以看到当毫针与皮肤表面成 90°角向下将要进行直刺, 毫针尚未触及内关穴处皮肤时的情况。

图3 毫针尚未触及内关穴处的皮肤时

Figure 3 Acupuncture needle did not yet touch the skin at Neiguan (PC6)



注: 可以看到当毫针与皮肤表面成 90°角向下进行直刺时, 毫针经过皮肤和皮下组织之后, 触及内关穴下的掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱之间时的情况。

图4 毫针触及内关穴下肌肉时

Figure 4 Acupuncture needle touched the muscles under Neiguan (PC6)



注: 可以看到当毫针与皮肤表面成 90°角向下进行直刺, 毫针刺入较深度时, 针尖可触及内关穴下的正中神经, 甚至骨间前动脉、骨间前神经等的情况。

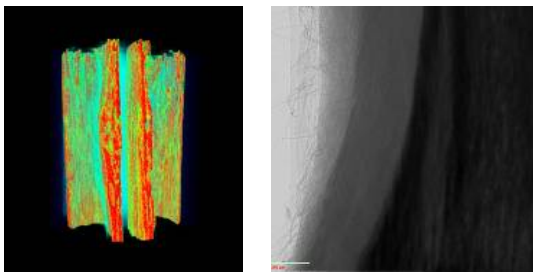
图5 毫针触及内关穴处神经血管附近时

Figure 5 Acupuncture needle touched the nerves and blood vessels near Neiguan (PC6)

同时还观察到: 在该虚拟人上进行内关穴三维虚拟进针过程中的每一个进针深度上, 三维虚拟人体模型可以在三维空间中的不同方向上转动6次, 观察者也可以

从6个不同角度观察内关穴三维虚拟进针至相应深度时的解剖结构。既可以在三维图像中对内关穴进针至不同深度时进行相应解剖结构的观察；也可以在横状面和矢状面对内关穴的虚拟进针情况进行相应观察。

**2.2 基于Micro-XCT内关穴局部结构可视化的研究结果** 在Micro-XCT 250  $\mu\text{m}$ 下, 非常逼真实现了小鼠前腿相当于人的内关穴处的组织包括肌肉组织可视化, 见图6, 但尚未发现其他新的组织; 这也同时验证了严振国教授所提出的“穴位立体构筑理论”的正确性。



注: 左图为辅以颜色之后的不同角度下骨表面及骨内部的微细结构图片, 右图所见为没有添加任何颜色时的图片。可以非常清晰地观察到不同角度下骨内部的微细结构, 尤其可以看到骨松质的分布特点, 其呈海绵状, 由许多片状的骨小梁相互交织排列而成, 从而既丰富了解剖结构三维重建知识, 又对穴位结构的不同学说进行了初步验证。

图6 Micro-XCT 下内关穴结构

Figure 6 Structure of Neiguan (PC6) point under Micro-XCT

### 3 讨论 Discussion

**3.1 腧穴局部解剖结构关乎临床疗效** 能否准确取穴直接关乎临床的疗效, 但传统腧穴教学时, 腧穴犹如黑匣子, 其穴下结构无法逐层透视, 这样不利于学生快速掌握穴位局部解剖结构, 对腧穴临床操作的安全性也难以充分认识。早在秦汉时期的《素问·禁刺论篇》已载“刺脊间中髓为伛”, 已经强调了腧穴针刺时应注意针刺的深度以免造成意外事故。

时至今日, 对腧穴的研究越来越深入, 国内外医学科学工作者不断采用现代科学技术手段从腧穴的形态结构、生物物理、病理反应、刺激效应等方面对腧穴进行了诸多卓有成效的研究和探索<sup>[28-32]</sup>, 从不同的角度在一定程度上揭示了穴位的基本特性或指出了研究的方向。作者这次研究实现了内关穴局部结构的可视化, 见图2-5。操作者基于数字化虚拟人体不仅可以动态模拟针刺过程, 而且能知道是否触及血管、神经或相邻脏器, 防治医疗事故的发生。

**3.2 腧穴局部结构的三维重建研究** 作者经过VOXEL-MAN系统重建的结果符合内关穴局部神经血

管的生理特性, 见图1。由于数字化虚拟人在获取数据集之前, 已对标本进行了血管灌注, 因此对较细小分支的三维重建效果却并不令人满意<sup>[33-36]</sup>。作者认为可能需要采用另外的方法加以改进或几种方法综合起来进行, 以使数字人的研究具有生命力<sup>[37]</sup>。

**3.3 内关穴局部结构的可视化** 内关穴一般取穴时需要仰掌取之, 其具体定位为: 在前臂掌侧部, 曲泽与太陵的连线上, 腕横纹上2寸, 掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱之间。但是在临床上, 有的时候患者不一定能够做到仰掌体位以便于取之; 此时就需要根据针灸医生的临床经验或者结合体表解剖标志以及骨度分寸等综合进行取穴。

本研究中的虚拟人是依据VHP数据集进行的, 采用的方法是将标本低温冰冻后, 用工业铣床进行高精度、高分辨逐层铣切、逐层沿轴向位的解剖顺序照相, 并将相应数据输入计算机获取人体连续的横断面图像, 然后进行人体结构的三维重建。虚拟人的体位已经固定, 进行内关穴定位时, 医生难以根据活动的体表标志结合骨度分寸发进行取穴。为了实现内关穴在可视人体上的定位, 以传统腧穴定位方法的骨度分寸法为基础, 结合体表标志法, 根据1990年颁布的国标《经穴部位》<sup>[38]</sup>和2006年颁布的国标《腧穴名称与定位》<sup>[15]</sup>中内关穴的定位规定, 初步确定穴位后, 结合实验室与内关穴相关的标本; 进入课题电脑的VOXEL-MAN操作平台, 充分显示三维图像上内关穴所在位置的横断面、矢状面和冠状面信息; 在可视人体上进行内关穴的三维定位<sup>[39-40]</sup>, 见图7。所以, 作者通过编写程序, 从虚拟人的侧后方进行观察, 这样进针的时候就有图2-5的结果; 否则从虚拟人的前方看不到内关穴进针时的结构。



注: 可以看到内关穴的具体定位为: 在前臂掌侧部, 曲泽与太陵的连线上, 腕横纹上2寸, 掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱之间。

图7 内关穴在VOXEL-MAN上定位

Figure 7 Position of Neiguan (PC6) point on VOXEL-MAN

这次研究中, 将针刺入皮下之后, 作者发现针尖最终可触及内关穴皮下的皮下组织、掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱之间; 进一步针刺时, 针尖可触及内关穴皮下的指浅屈肌及其深层的正中神经和指深屈肌; 若继续进针,

针尖可触及内关穴下的正中神经、指深屈肌和旋前方肌;如果仍旧继续进针,针尖甚至触及内关穴下的前臂骨间膜、桡骨和尺骨。从而完成了内关穴的可视化及虚拟进针过程。

**3.4 借助Micro-XCT-200机对穴位本质的研究** 尽管VOXEL-MAN人体三维可视化技术平台可以再现内关穴虚拟进针的三维可视化,可动态模拟针刺过程;但经络穴位的本质能否通过现代新的设备或科技手段检测出来或者是否存在新的可能的组织也很值得探讨。本论文还运用世界较新型的Micro-XCT(微米三维重构成像X射线显微镜技术)技术,实现了小鼠前肢下部相当于人的内关穴邻近的肌肉、神经、血管,相当于人的尺骨和桡骨内部微细结构(也包括其他组织)的可视化。该Micro-XCT-200机是由美国Xradia公司生产的,其检测标本只能限于直径1.5 cm内,该机具有高分辨率3D X射线显微成像系统,可以在微米和纳米级下进行成像,可以无损地对样品内部结构进行成像。

耿宁等<sup>[41]</sup>认为在牙体解剖数字化教学中显微CT可以提高教学质量,陈方府等<sup>[42]</sup>还进一步研究了显微CT成像的图像实时校正问题。于是,作者采用Micro-XCT技术尝试对小鼠前肢相当于人的内关穴处进行了成像,以期发现新的可能的组织。本研究中,最终采用Micro-XCT技术在250 μm级下实现了小鼠前肢相当于人的内关穴处的尺骨和桡骨内部微细结构的可视化<sup>[43-44]</sup>,也实现了其他的组织包括肌肉组织可视化,见图6,但依旧尚未发现新的其他组织;这也同时验证了“穴位立体构筑理论”的正确性。由于针灸学作为生命科学的分支,其研究领域涵盖了现代生物医学的很多部分,还应进一步通过新的仪器、科技手段对针灸作用机制和经络理论进行深入的研究,以保持其在该领域国际学术界的领先水平<sup>[45]</sup>。

**3.5 穴位立体构筑理论** 经过50多年来对腧穴解剖结构的系统研究,医学科研工作者在针灸穴位区尚未发现新的组织结构;严振国教授领导的课题组在50多年来应用大体、巨微、显微和CT解剖技术相结合的方法对全身经穴和常用奇穴进行了全面、系统的研究,取得了卓有成效的贡献,并提出了“穴位立体构筑理论”。严振国教授认为穴位由多种组织在空间结构上整合而成,非一种或几种组织的简单组合;穴位的形态结构不是一个点,亦不是某种特殊的组织;穴位是由皮肤、肌肉、肌腱、筋膜、神经、血管、淋巴等多种已知的正常组织以一定的规律配布而成的三维立体空间结构。这些结构在不同的穴位中所起的作用各有所侧重,穴位与非穴位的差别在于其组织的不同配布,穴位的功能是这些组织共同作用的结果。目前严振国教授提出的“穴位立体构筑理论”已经得到国内外许多学者和专家的认可。“穴位立体构筑理论”不排除目前尚未发现的组织结构。如果

经络穴位的本质能够通过现代新的设备或科技手段检测出来,或者通过现代新的设备或科技手段发现新的可能的组织也参与穴位的构成,很值得探讨。

**结论:** 穴位局部三维重建有助于立体显示内关穴的解剖结构和逼真模拟针刺过程,有助于系统地观察到针体和内关穴周围各组织的空间位置关系,为探讨穴位进针的安全性、提高临床针刺疗效奠定了较好的基础。Micro-XCT-200机对内关穴位的结构研究,为“穴位立体构筑理论”进一步提供了实验依据。

**展望:** 寻找人体经络的解剖学依据是科技界长期以来相当一部分科学家一直锲而不舍追求的基本目标<sup>[25,30,46]</sup>。由于整个研究工作是基于VHP数据集进行的,个别图像可能与专门的解剖书籍相比较而言“不够清晰”。田宝俊等<sup>[47]</sup>认为要使中医药现代化,就必须先使中医药数字化。乘着2010年11月16日“中医针灸”被联合国教科文组织列入“人类非物质文化遗产代表作名录”的东风,祖国传统的针灸医学面临着全新的历史发展机遇。从现代生物学角度揭示经络实质<sup>[48]</sup>,有可能是实现中医理论现代化的关键问题之一。

**致谢:** 感谢课题组团队如杨浩硕士、郭春霞硕士、牟芳芳硕士在课题研究中的支持。

**作者贡献:** 刘延祥为主要研究人员,其余作者都给予了不同程度的贡献,如校审。

**利益冲突:** 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:** 无与相关伦理道德冲突的内容。

**学术术语:** 虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术一是采用以计算机技术为核心的现代高科技技术生成一种具有逼真的集视觉、听觉、触觉等一体化的三维世界的模拟效果,用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟世界中的物体进行交互、相互影响,从而产生临其境的感受和体验<sup>[49]</sup>。虚拟现实具有3个最突出的特征(3I特征),即交互性(Interactivity)、沉浸感(Immersion)和构想性(Imagination)。

**作者声明:** 文章为原创作品,数据准确,内容不涉及泄密,无一稿两投,无抄袭,无内容剽窃,无作者署名争议,无与他人课题以及专利技术的争执,内容真实,文责自负。

## 4 参考文献 References

- [1] 王书诚.低频电脉冲治疗原发性高血压的效果研究[J].临床和实验医学杂志,2010,9(9):657-658.
- [2] 王向英,张莉,王建成,等.针刺治疗假性球麻痹32例[J].江苏中医药,2006,27(9):61.
- [3] 叶德宝,方剑乔,宋莹慧,等.内关穴经皮电刺激对偏头痛急性发作患者TCD的影响[J].浙江中医学院学报,2003,27(4):68-70.
- [4] 温塘芳,陈云飞,刘凤梅,等.小剂量氟哌利多内关穴注射治疗术后顽固性呃逆临床观察[J].临床合理用药杂志,2009,2(5):16-17.

- [5] You Q, Yu H, Wu D, et al. Vitamin B6 points PC6 injection during acupuncture can relieve nausea and vomiting in patients with ovarian cancer. *Int J Gynecol Cancer*. 2009; 19(4):567-571.
- [6] Wollaston DE, Xu X, Tokumaru O, et al. Patients with systemic sclerosis have unique and persistent alterations in gastric myoelectrical activity with acupressure to Neiguan point PC6. *J Rheumatol*. 2005;32(3):494-501.
- [7] Kim H, Park HJ, Han SM, et al. The effects of acupuncture stimulation at PC6 (Neiguan) on chronic mild stress-induced biochemical and behavioral responses. *Neurosci Lett*. 2009; 460(1):56-60.
- [8] 易婧, 杨莉, 张彦妮. 按压内关穴对皮试疼痛的影响[J]. *临床军医杂志*, 2007, 35(5):777.
- [9] 潘莉, 潘贵书. 电针内关穴对海洛因依赖大鼠心率变异性的影响[J]. *包头医学院学报*, 2008, 24(5):448-451.
- [10] 蔡琛, 吴俊梅, 薛红, 等. 针灸治疗海洛因依赖选穴规律探究[J]. *成都医学院学报*, 2008, 3(3):170-172.
- [11] 徐德国, 戴启刚, 常加松. 侧脑室注射P物质对心肌缺血调整作用的机理研究[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2008, 10(6):201-202.
- [12] 王智君, 李为民, Thomas Friedemann. 针刺内关穴对正常麻醉大鼠血压的调节作用[J]. *上海针灸杂志*, 2009, 28(3):175-178.
- [13] 付平, 贾建平, 闵宝权. 针刺内关穴对阿尔茨海默病脑功能磁共振成像的影响[J]. *中华神经科杂志*, 2005, 38(2):118-119.
- [14] Hübscher M, Vogt L, Banzer W. Laser needle acupuncture at Neiguan (PC6) does not mediate heart rate variability in young, healthy men. *Photomed Laser Surg*. 2007;25(1):21-25.
- [15] GB/T 12346-2006. 腧穴名称与定位[S]. 2006.
- [16] 沈雪勇. 经络腧穴学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2007:162-163
- [17] 石学敏. 针灸学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2007:82.
- [18] 张吉. 针灸学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006:190-191.
- [19] 严振国. 经穴断面解剖图解(上肢部分)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983:84-85.
- [20] Viceconti M, Clapworthy G, Van Sint Jan S. The Virtual Physiological Human - a European initiative for in silico human modelling. *J Physiol Sci*. 2008;58(7):441-446.
- [21] Spitzer VM, Whitlock DG. 人体断层解剖学彩色图谱[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2002: 122-190.
- [22] 大卫·迪安, 托马斯·赫伯纳. 人体断面解剖学与医学影像学图谱[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2002:132-144.
- [23] (英) 韦尔(Jamie Weir), 亚伯拉罕斯(Peter H. Abrahams) 著. 陈宏颖, 高进喜, 李敬成, 等译. 影像解剖图谱[M]. 3版. 福州: 福建科学技术出版社, 2006:160-204.
- [24] 主海文, 刘有军, 曾衍钧. 血管图像分割技术的研究进展[J]. *北京生物医学工程*, 2005, 24(2):155-159.
- [25] 庄天戈, 严振国. 基于中医理念的穴位融合的三维可视人[J]. *中国基础科学*, 2004, 6(1):26-29.
- [26] Höhne KH, Pflesser B, Pommert A, et al. A realistic model of human structure from the visible human data. *Methods Inf Med*. 2001;40(2):83-89.
- [27] Pommert A, Höhne KH, Pflesser B, et al. Creating a high-resolution spatial/symbolic model of the inner organs based on the Visible Human. *Med Image Anal*. 2001;5(3): 221-228.
- [28] 沈雪勇. 经络腧穴学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2007:289-296.
- [29] Goldman N, Chen M, Fujita T, et al. Adenosine A1 receptors mediate local anti-nociceptive effects of acupuncture. *Nat Neurosci*. 2010;13(7):883-888.
- [30] 丁光宏, 魏瑚. 经络实质的揭示是中医现代化的关键[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2005, 7(5):107-112.
- [31] 张迪, 丁光宏, 沈雪勇, 等. 针刺引起结缔组织效应的研究进展[J]. *针刺研究*, 2004, 29(1):77-80.
- [32] 张维波, 郭义, 林玉英, 等. 经络研究近50年回顾与今后研究方向[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2005, 7(5):99-104.
- [33] 秦翊麟. 图像分割及其在虚拟人肌肉识别与胸片特征辨识中的应用研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2006:13-22.
- [34] 单锦露, 张绍祥, 刘正津, 等. 中国数字化可视人女性盆腔的计算机三维重建[J]. *解剖学杂志*, 2005, 28(3):337-339.
- [35] Schiemann T, Tiede U, Höhne KH. Segmentation of the visible human for high-quality volume-based visualization. *Med Image Anal*. 1997;1(4):263-270.
- [36] Spitzer VM, Whitlock DG. The Visible Human Dataset: the anatomical platform for human simulation. *Anat Rec*. 1998; 253(2):49-57.
- [37] 宋岳涛, 尹岭. 中国数字人数据库的构建与数据资源共享[J]. *中国医学影像技术*, 2006, 22(9): 1306-1309.
- [38] GB12346-90. 中华人民共和国国家标准·经穴部位[S]. 1990.
- [39] 钟世镇. 数字人和数字解剖学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2004: 561-591.
- [40] 赵静, 刘红菊, 庄天戈, 等. 融合中医知识库的虚拟针灸三维浏览器[J]. *上海针灸杂志*, 2005, 24(2):29-32.
- [41] 耿宁, 李晓箐, 易新竹, 等. 显微CT在牙体解剖数字化教学中的应用[J]. *国际口腔医学杂志*, 2010, 37(1):10-13.
- [42] 陈方府, 漆玉金, 张雪竹. X射线显微CT成像的图像实时校正研究[J]. *核电子学与探测技术*, 2009, 29(4):910-913.
- [43] 郭义. 实验针灸学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2008:362-417.
- [44] 王春田. 基础医学实验动物操作基本技能[M]. 北京: 中国医药科学技术出版社, 2009:132-177.
- [45] 邓月良. 经络的研究[J]. *医学研究通讯*, 2003, 32(2):26-27
- [46] 原林, 焦培峰, 唐雷, 等. 中医经络理论的物质基础-结缔组织、筋膜和自体监控系统[J]. *中国基础科学*, 2005, 7(3):44-47.
- [47] 田宝骏, 朱训生, 章浩伟, 等. 基于运动控制针刺手法仪的工程研究[J]. *计算机工程与应用*, 2008, 44(20):206-207.
- [48] Heng PA, Wong TT, Yang R, et al. Intelligent inferencing and haptic simulation for Chinese acupuncture learning and training. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2006;10(1):28-41.
- [49] 刘文霞, 王树杰, 张继伟, 等. 虚拟现实技术在医学上的应用[J]. *生物医学工程学杂志*, 2007, 24(4):946-949.