

三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统的研发

刘宇航¹, 孙瑞芬², 木日根吉雅³, 王星^{4,5}, 李志军⁴, 刘亚楠¹, 郝韵腾¹, 蔡永强⁵, 张少杰^{4,5}, 李琨^{4,5}<https://doi.org/10.12307/2024.389>

投稿日期: 2023-03-27

采用日期: 2023-05-17

修回日期: 2023-08-05

在线日期: 2023-08-23

中图分类号:

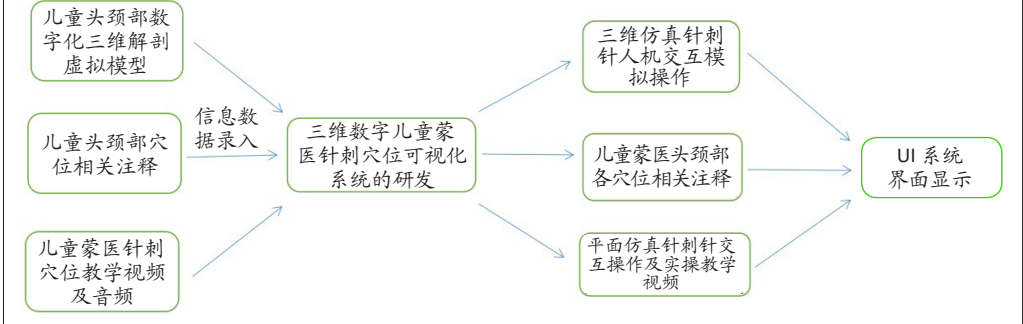
R453; R318; R29

文章编号:

2095-4344(2024)20-03223-06

文献标识码: B

文章快速阅读: 构建三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统



文题释义:

可视化: 是利用计算机图形学和图像处理技术, 将数据转换成图形或图像在屏幕上显示出来, 并进行交互处理的理论、方法和技术。

蒙医针刺穴位: 是指蒙医传统疗法在治疗疾病时, 利用针具刺激人体表面可达疗效的特定部位。

摘要

背景: 目前中医成人针刺穴位数字化、可视化系统相关报道日益增多, 且中医儿童针刺穴位数字化、可视化系统及蒙医训练针刺手法仿真系统已有报道, 但蒙医面向儿童群体此类系统尚未见报道。

目的: 研发蒙医儿童针刺穴位仿真系统, 希望供临床教学、施术手法练习及针刺安全性研究使用。

方法: 在学龄前男童断层解剖数据集基础上运用PhotoShop 2021与Dighuman Reconstruction System软件完成儿童三维数字化虚拟解剖模型及内部多器官组织的构建; 通过Unity数据库语言编制蒙医顶会穴等27个穴位的相关注释信息库; 在儿童3D打印头颈部树脂模型上选用蒙医金针、银针录制针刺穴位教学视频; 在Unity3D软件中整合儿童解剖模型、穴位注释信息库及针刺操作视频并编写代码, 成功创建集仿真针刺训练、临床教学及针刺安全性研究等多功能于一体的三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统。

结果与结论: ①该研究基于真实儿童标本, 为减少二维分割错误, 采用手动逐层分割断面图像法, 最大程度确保3D模型精度的前提下, 使用3D软件Dighuman Reconstruction System提取和保存独立分割数据, 与PhotoShop.2021软件共同完成儿童头颈部外层皮肤与其内部骨性结构、颈脊髓、血管和神经、肌肉及韧带等数十个解剖结构的三维重建后, 于MeshLab软件中完成各独立结构基本形态和整体轮廓完整性核校工作, 并利用3-matic research 13.0软件进行最终精细化调校及解剖位置确认, 成功模拟还原学龄前儿童头颈部真实解剖形态。②该研究运用Unity3D软件将儿童三维模型、针刺操作视频和穴位注释三者整合, 成功构建三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统。③该研究以中国学龄前男童真实连续断层超薄数据集为基础, 实现了中国首个蒙医儿童头颈部针刺穴位三维数字化、可视化系统的研发, 较既往针刺软著更贴合亚洲儿童解剖形态学发育特点, 在蒙医针刺安全性研究、临床教学及针刺模拟训练等领域具有极高应用价值。

关键词: 儿童; 蒙医; 针刺; 穴位; 可视化; 断层解剖; 安全性; 穴位毗邻; 3D打印; 仿真系统

Development of a three-dimensional digital children's acupuncture point visualization system of Mongolian medicine

Liu Yuhang¹, Sun Ruifen², Mu Rigen Jiya³, Wang Xing^{4,5}, Li Zhijun⁴, Liu Yanan¹, Hao Yunteng¹, Cai Yongqiang⁵, Zhang Shaojie^{4,5}, Li Kun^{4,5}¹Graduate School of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, Inner Mongolia Autonomous Region, China; ²Imaging Center, Second Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, Inner Mongolia Autonomous Region, China; ³School of Mongolian Medicine, Inner Mongolia Medical¹内蒙古医科大学研究生院, 内蒙古自治区呼和浩特市 010000; ²内蒙古医科大学第二附属医院影像中心, 内蒙古自治区呼和浩特市 010000;³内蒙古医科大学蒙医药学院, 内蒙古自治区呼和浩特市 010020; ⁴内蒙古医科大学基础医学院解剖学教研室, 内蒙古自治区呼和浩特市 010110; ⁵内蒙古医科大学数字医学中心, 内蒙古自治区呼和浩特市 010059

第一作者: 刘宇航, 男, 1995年生, 黑龙江省鸡西市人, 内蒙古医科大学在读硕士, 主要从事儿童穴位解剖数字化研究。

并列第一作者: 孙瑞芬, 1983年生, 内蒙古自治区呼和浩特市人, 主治医师, 主要从事儿童脊柱区影像学研究。

通讯作者: 张少杰, 教授, 硕士生导师, 内蒙古医科大学基础医学院解剖学教研室, 内蒙古自治区呼和浩特市 010110; 内蒙古医科大学数字医学中心, 内蒙古自治区呼和浩特市 010059

并列通讯作者: 李琨, 讲师, 内蒙古医科大学基础医学院解剖学教研室, 内蒙古自治区呼和浩特市 010110; 内蒙古医科大学数字医学中心, 内蒙古自治区呼和浩特市 010059

<https://orcid.org/0000-0002-2984-3859> (刘宇航); <https://orcid.org/0000-0006-3957-488X> (刘宇航);<https://orcid.org/0000-0002-1205-7624> (张少杰); <https://orcid.org/0000-0002-8329-3368> (李琨)

基金资助: 教育厅科技领军人才和创新团队建设(内蒙古GIRT2307)、儿童脊柱脊髓发育解剖及临床应用研究创新团队、内蒙古医科大学校级重点项目(YKD2022ZD007)、内蒙古自治区卫生健康科技计划项目(202201219)、内蒙古自治区蒙医药协同创新中心科学研究项目(MYYXTYB202101), 项目负责人: 张少杰; 国家自然科学基金(81860383)、国家自然科学基金(2020LH08021), 项目负责人: 李志军; 国家自然科学基金(81860382)、内蒙古自然科学基金(2020MS03061), 项目负责人: 王星; 国家自然科学基金(2022QN03002)、内蒙古医科大学青年基金(YKD2020QNCX055), 项目负责人: 李琨; 国家自然科学基金(2022MS08020), 项目负责人: 蔡永强

引用本文: 刘宇航, 孙瑞芬, 木日根吉雅, 王星, 李志军, 刘亚楠, 郝韵腾, 蔡永强, 张少杰, 李琨. 三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统的研发[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(20):3223-3228.



University, Hohhot 010020, Inner Mongolia Autonomous Region, China; ⁴Department of Anatomy, School of Basic Medicine, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China; ⁵Digital Medical Center of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010059, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Liu Yuhang, Master candidate, Graduate School of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Sun Ruifen, Attending physician, Imaging Center, Second Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Liu Yuhang and Sun Ruifen contributed equally to this work.

Corresponding author: Zhang Shaojie, Professor, Master's supervisor, Department of Anatomy, School of Basic Medicine, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China; Digital Medical Center of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010059, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Co-corresponding author: Li Kun, Lecturer, Department of Anatomy, School of Basic Medicine, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, Inner Mongolia Autonomous Region, China; Digital Medical Center of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010059, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Abstract

BACKGROUND: Nowadays, there are increasing reports on the digitization and visualization system of acupuncture points for adults in traditional Chinese medicine, and the digitization and visualization system of acupuncture points for children in traditional Chinese medicine and the simulation system of acupuncture manipulation for Mongolian medicine training have been reported. However, there are no reports on relevant systems for children in Mongolian medicine.

OBJECTIVE: To develop a simulation system of acupuncture points for children in Mongolian medicine, in the hope that it can be used for clinical teaching, manipulation practice and research on acupuncture safety.

METHODS: Based on the tomographic anatomical dataset of preschool boys, a three-dimensional (3D) digital virtual anatomical model of children with multiple internal organs and tissues was constructed by using PhotoShop.2021 and Digihuman Reconstruction System software. The relevant annotation information database of 27 acupoints such as *Dinghui* acupoint of Mongolian medicine was compiled by the Unity database language. The Mongolian gold needle and silver needle were selected to record the acupuncture point teaching video on the 3D printed head and neck resin model of children. In Unity3D software, children's anatomical model, acupoint annotation information database and acupuncture operation video were integrated and coded, and a 3D digital children's Mongolian acupuncture acupoint visualization system integrating simulation acupuncture training, clinical teaching and acupuncture safety research was successfully created.

RESULTS AND CONCLUSION: This study was based on real children's specimens. In order to reduce the error of two-dimensional segmentation, the manual layer-by-layer segmentation section image method was used to ensure the accuracy of the 3D model to the greatest extent. The Digihuman Reconstruction System was used to extract and save the individual segmentation data while maximizing the accuracy of the 3D model. PhotoShop.2021 software was used to complete the 3D reconstruction of the outer skin of the head and neck of children and the internal bony structure, cervical spinal cord, blood vessels and nerves, muscles and ligaments. After 3D reconstruction, the basic morphology of each independent structure and the integrity of the overall contour were verified in MeshLab software and the final fine adjustment and anatomical position confirmation were conducted using 3-matic research 13.0 software. The real anatomical morphology of the head and neck of preschool children was successfully simulated and restored. Unity3D software was used to integrate the 3D model of children, acupuncture operation video and acupoint annotation database, and the 3D digital Mongolian acupuncture acupoint visualization system for children was successfully constructed. Based on the real continuous ultra-thin dataset of preschool boys in China, China's first 3D digitization and visualization system of acupuncture points in the head and neck of children in Mongolian medicine was developed. Compared with the previous acupuncture soft works, this system is more suitable for the anatomical morphological development characteristics of Asian children, and has a high value of application in the fields of research on the safety of acupuncture in Mongolian medicine, clinical teaching and acupuncture simulation training.

Key words: children; Mongolian medicine; acupuncture; acupoint; visualization; sectional anatomy; safety; adjacent acupoint; 3D printing; simulation system

Funding: Science and Technology Leading Talents and Innovative Team Construction Project of Education Department of Inner Mongolia Autonomous Region, No. NMGIRT2307 (to ZSJ); School-level Key Project of Inner Mongolia Medical University for Childhood Spinal Cord Development Research Innovation Team, No. YKD2022ZD007 (to ZSJ); Health Science and Technology Program of Inner Mongolia Autonomous Region, No. 202201219 (to ZSJ); Science and Technology Research Project of Collaborative Innovation Center of Inner Mongolia Autonomous Region for Mongolian Medicine, No. MYXYTYB202101 (to ZSJ); National Natural Science Foundation of China, Nos. 81860383 (to LZJ) and 81860382 (to WX); Inner Mongolia Natural Science Foundation, Nos. 2020LH08021 (to LZJ), 2020mS03061 (to WX), 2022QN03002 (to LK), and 2022MS08020 (to CYQ); Youth Foundation of Inner Mongolia Medical University, No. YKD2020QNCX055 (to LK)

How to cite this article: LIU YH, SUN RF, MU RG JY, WANG X, LI ZJ, LIU YN, HAO YT, CAI YQ, ZHANG SJ, LI K. Development of a three-dimensional digital children's acupuncture point visualization system of Mongolian medicine. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu.* 2024;28(20):3223-3228.

0 引言 Introduction

20 世纪中叶至今, 在中国大力发展民族医药事业的背景下, 蒙医药领域在传统教学与现代科研领域均取得历史性突破, 迈入发展新阶段。与此同时, 蒙医药学人才培养中理论、技能系统化培训欠缺等不足仍待解决^[1]。传统蒙医被动课堂授课教学方式存在吸引力欠佳、学生反馈参与度不强和枯燥无趣等弊端^[2], 致使教学质量欠佳。包准胜等^[3]通过培训标准化病人, 对蒙医学生的实践操作进行考核及评估, 可提升学生实际操作和未来医患沟通能力。王梅荣^[4]指出蒙医儿科医患关系存在医生对患儿及家属人文关怀欠佳、沟通不足、较低的知识和实践技能储备等主观原因及患儿因年龄较小导致对自身病情无法准确表述、蒙医儿科医师人才紧缺等客观原因。为丰富蒙医药临床培训形式, 助力蒙医儿科医师的培养过程, 需要借助先进的数字化技术, 模拟蒙医临床儿童针刺施术情景, 研发模拟针刺系统。操作者利用该系统可进行人机交互, 获取即时模拟针位置信息, 并通过直观观测进针

路径上自体表至深层组织各层次解剖毗邻, 借此练习针刺技术手法, 提升操作者对穴位周边解剖信息的认知。

在针刺研究中, 尸体解剖及穴位图谱等传统手段存在无法提供动态和真实的操作反馈、观察穴位周边毗邻解剖结构及层次效果欠佳等不足, 已经不能满足现代医学针刺研究的发展需要^[5], 此背景下, 在三维数字可视人体基础上进行针刺安全性研究和施术手法练习的技术手段应运而生。自美国于 20 世纪末首次提出数字可视化虚拟人概念以来^[6], 中国在三维可视化研究进程中同样发展迅速, 为当代针刺研究提供了崭新平台, 解放军第三军医大学张绍祥团队^[7]完成了中国首例数字化可视人体的构建及可视人体中脊柱区颈段、心脏、肝门静脉系结构的三维重建^[8-10]。王海生等^[11-13]研发的中医三维可视化针刺系统软件在针刺肩髃、孔最、少海穴位临床应用领域取得可观成效。严振国团队^[14]运用 VOXEI-MAN 操作平台, 对穴位周边解剖结构进行独立分割和三维重建, 形成具有展示穴位动态进针深度和角度、针刺路

径上皮肤、皮下组织、肌肉及神经血管等诸多功能特点的虚拟进针动画。高学全等^[15]应用 LAMP 技术实现了人体数字化穴位三维数据库系统的开发。鉴于现今三维可视化技术在中医领域的发展应用较为广泛,有学者提出蒙医发展也应融入现代医学、中医学等多学科因素以期达到更好的临床应用推广,蒙医疗法创新进程刻不容缓^[16-17]。姬宇程等^[18]助力蒙医数字化研究前进步伐,基于 ATP-IV 针刺信息系统成功创建上肢部位蒙医针刺手法仿真系统。

目前数字化、可视化技术在成人针刺领域研究进展收获颇丰,但由于儿童与成人存在明显形态学发育差异,现有研究成果无法为儿童蒙医针刺研究服务。结合目前国内儿童蒙医针刺穴位可视化系统研发现状,该研究在课题组前期获得的数字儿童断层解剖数据集基础上完成儿童头颈部各组织器官的三维重建^[19],运用 Unity3D 软件创建虚拟针刺环境,于 3D 打印儿童头颈部树脂模型上录制蒙医针刺各穴位教学视频并整合蒙医头颈部穴位信息及相关注释研发三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统,为丰富现代蒙医针刺研究技术手段和传统教学方式革新提供新思路,拓宽三维数字化、可视化技术在现代蒙医针刺研究和教学的应用前景。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 应用 Unity3D 软件研发蒙医儿童针刺仿真系统。

1.2 时间及地点 该系统于 2023 年 2 月在内蒙古医科大学数字医学中心完成代码编写。

1.3 对象 实验对象为蒙医头颈部温针及巴日乎疗法常用穴位,教学视频中针刺对象为 3D 打印儿童头颈部树脂模型,资料来源为无头颈部外伤史、手术史及椎体病变的一名处于正常发育期 6 岁男童且与其家属签署知情同意书,研究经过内蒙古医科大学伦理委员会批准,伦理审批号:YKD2016063。

1.4 实验仪器 联泰 Lite600 光固化打印机来自内蒙古自治区呼和浩特市内蒙古医科大学数字转化医学工程技术研究中心。

1.5 方法

1.5.1 头颈部解剖分割及三维模型建立 依托国家级虚拟仿真实验教学中心现有三维重建、虚拟仿真及 3D 打印等软件,以课题组已获得中国首例学龄前男童连续超薄断层高精度头颈部图像数据集为基础,运用 PhotoShop 2021 与 Digihuman Reconstruction System 软件构建含骨骼、肌肉、血管、神经及皮肤等多器官及组织在内的儿童三维数字化虚拟解剖模型。

该实验将课题组前期获得的中国首例学龄前男童解剖标准图像数据集中第 10300-9220 号区间内共 1 080 张图像运用 ACDsee 2021 软件完成图像格式转换,在执行头颈部模型三维重建操作前,将所有图像运用 PhotoShop 2021(Adobe Systems)软件逐层依次分割,使用弯度钢笔工具标注各结构轮廓并创建独立路径,完成区域解剖结构数据分割操作。运用 3D 软件 Digihuman Reconstruction System (山东数字人科技有限公司)提取手动分割后独立数据,创建以各独立结构命名的文件夹。点击 start 指令与 PhotoShop 2021 软件共

同完成对目标结构路径的识别并完成 3D 重建。各结构数据以 .obj 格式分别保存后导入 MeshLab 软件(意大利比萨大学,FGT 程序)进行结构轮廓与基本形态结构完整性的初步核验。为保证重建模型解剖位置和细节还原度,将独立结构数据整体导入 3-matic Research 13.0 软件中观察结构间解剖毗邻关系并标记不同颜色,最终获得儿童颅底及颈部三维可视化模型。鉴于分割操作中暂无可供参考的儿童头颈部解剖学图谱,根据以实际可辨认边界分割的原则,完成分割的各解剖结构如下:小脑、脑室、颅内血管、颈内外动静脉及枢椎以下椎动脉、颈椎椎体、齿突软骨、脊髓和颈部各肌群等,见图 1。

1.5.2 穴位注释库的编著 运用 Unity 数据库语言编制顶会穴、顶前穴、顶后穴、顶左穴、顶右穴、凶门穴、发旋穴、后枕窝穴、枕会穴、前额穴、眉间穴、眉上穴、眉穴、眉中穴、颞穴、耳前穴、耳后穴、嚼穴、颊穴、唇上穴、唇下穴、颌上穴、耳郭上穴、耳郭后穴、耳后凹陷穴、赫依穴、希拉穴共 27 个穴位的穴位定位、局部解剖、穴位主治疾病、针刺操作方法、常用施术疗法及针刺操作参考共 6 项穴位的相关注释。

该系统根据《蒙医传统疗法及现代研究》ISBN 7-204-08329-6 和《蒙医温针疗法》ISBN 978-7-5380-2969-7 在蒙医医师指导下于儿童三维数字模型以直径为 1.0 mm 的 CAD 小球进行穴位标注,同时导入各穴位点的穴位定位、局部解剖、穴位主治疾病、针刺操作方法和穴位常用疗法、针刺操作参考共 6 项注释^[20-21]。在 3D 儿童模型上,选用蒙医传统疗器金针和银针,在蒙医医师指导下完成视频录制并导入对应穴位功能栏。

以赫依穴为例说明该系统内穴位注释信息:

(1) 定位:在脊柱区,位于后正中线上,第七颈椎棘突下凹陷中及左右一寸处各有一穴,三穴并列。

(2) 局部解剖:中间穴位:皮肤、皮下组织、棘上韧带及棘间韧带。浅层主要有第七颈神经后支的内侧支和棘突间皮下静脉丛;深层有棘突间的椎外(后)静脉丛和第七颈神经后支的分支。两侧穴位:皮肤、皮下组织、斜方肌、菱形肌及头夹肌。浅层有第七颈神经后支的皮支及伴行的动、静脉;深层有副神经,肩胛背神经的分支,颈动、静脉分支。

(3) 穴位主治疾病:癫狂、心悸、激荡、哑结、夜不安寐、舌苔灰白及颈项强直等赫依性疾病。

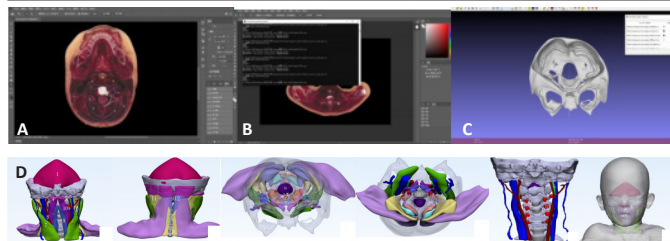
(4) 针刺操作方法:选用 I 号或 II 号蒙医银针,中间穴位直刺 0.5 寸,两侧穴位斜刺 0.5-1.0 寸。

(5) 穴位常用疗法:灸疗、针刺、罨敷、推拿、涂擦及震疗。

(6) 针刺操作参考:

赫依中穴:直刺及上斜刺深度大于 10 mm 时,应根据患儿性别、体质等考量是否继续进针,建议将针刺深度控制在 15 mm 范围;下斜刺针刺深度建议值同直刺、上斜刺;身体水平斜刺约 30°,应将针刺深度控制在 25 mm 内。

赫依左、右穴:直刺及上斜刺深度建议控制在 20 mm 范围内;下斜刺针刺深度建议值同直刺、上斜刺;身体内侧水平斜刺深度不宜超过 25 mm,随针刺角度增大,针刺程度应适当减轻。

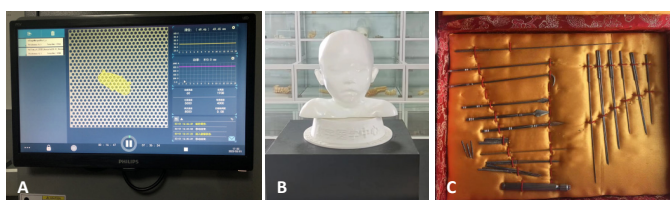


图注：图中 A-D 分别展示了儿童颅底及颈部结构手动分割 (A, B)、三维重建及儿童枕颈部三维可视化模型 (C, D)

图 1 | 头颈部解剖分割及三维模型的构建

Figure 1 | Anatomical segmentation of the head and neck and construction of the 3D model

1.5.3 针刺教学视频录制 依托内蒙古医科大学数字转化医学工程技术研究中心的三维扫描数字造模实验室及 3D 打印临床转化中心，利用当前中国先进 3D 打印设备 (联泰 Lite600 光固化打印机) 成功打造蒙医儿童头颈部穴位树脂模型，在树脂模型上选用内蒙古医科大学蒙医药学院典藏的蒙医疗器金针、银针施针刺术录制蒙医儿童针刺穴位教学视频，与蒙医针刺操作音频共同导入该系统，见图 2。



图注：图中 A-C 显示了 3D 打印设备操作界面，蒙医儿童头颈部穴位树脂模型，蒙医疗器用针

图 2 | 儿童模型 3D 打印过程及蒙医疗器选取

Figure 2 | 3D printing process of a child model and selection of Mongolian medicine devices

1.5.4 系统语言编写 在 Unity3D 软件中编写代码，利用鼠标操作可实现模型体积改变、位置移动、解剖结构透明度设置、临床针刺穴位模拟训练、观测穴位进针路径解剖毗邻、探究模拟针与解剖标志点危险深度、角度等教学和研究功能。

1.6 主要观察指标 构建的系统功能及特点。

2 结果 Results

2.1 系统实现功能

2.1.1 系统主界面功能介绍

(1) 系统界面左侧为主视角区或针刺操作区，见图 3A。

(2) 系统界面下端为穴位名称栏，见图 3B。

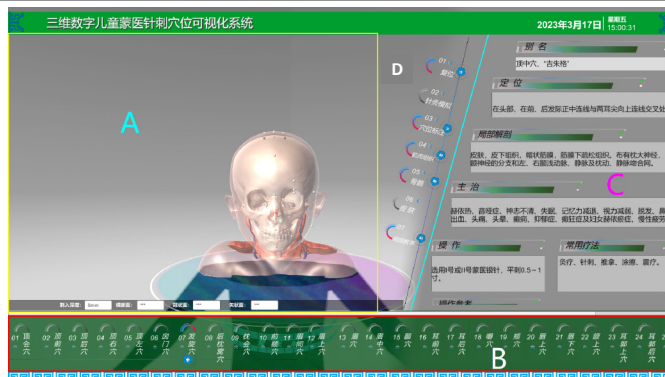
(3) 系统界面右侧为穴位注释栏，包括定位、局部解剖、穴位主治疾病、针刺操作方法、穴位常用疗法及针刺操作参考，见图 3C。

(4) 系统界面穴位注释栏左侧为操作按键栏，见图 3D。

2.1.2 系统操作方法

(1) 在针刺操作区点击鼠标左键可实现模型的移动，鼠标滚轮用于调节模型大小体积。

(2) 鼠标点击系统界面下端穴位分组栏后选择需操作穴位名称，界面右侧注释栏自动跳转为该穴位相关注释信息，见图 4。



图注：图中 A 为针刺操作区；B 为穴位名称栏；C 为穴位注释栏；D 为操作按键栏

图 3 | 三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统的主界面

Figure 3 | The main interface of the 3D digital children's Mongolian acupuncture point visualization system

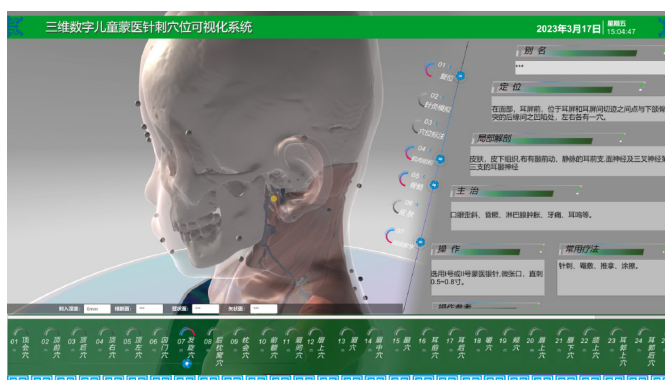


图 4 | 耳前穴解剖毗邻及穴位注释主视角

Figure 4 | Anatomical adjacency of preauricular acupoints and main view of acupoint annotation

(3) 系统界面右侧穴位注释栏可通过鼠标滑轮上下滚动观看该穴位所有注释信息。

(4) 操作模拟前可点击操作按键栏中播放功能观看针刺儿童 3D 打印模型各穴位操作视频，见图 5。

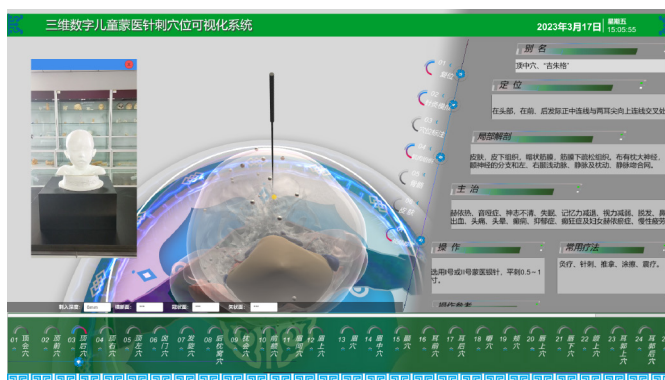


图 5 | 针刺顶会穴操作中主界面教学操作视频的播放

Figure 5 | The teaching operation video of acupuncture at Dinghui acupoint

(5) 点击系统界面操作按键栏中 02 针刺模拟，通过按住鼠标左键可实现蒙医银针模型在三维空间 X, Y, Z 轴的移动，完成虚拟模型上针刺操作。

(6) 将蒙医银针模型拖移至解剖标志点时, 可显示即时针刺深度、角度参数。

(7) 点击操作按键栏中 01 复位, 可将针刺操作区重置至初始界面。

(8) 通过操作按键栏中 03 穴位标注功能, 可使模型皮肤点显示该穴位清晰标记。

(9) 依次点击操作按键栏 04 肌肉组织、05 骨骼、07 皮肤, 可分别改变模型上对应解剖结构的透明度, 见图 6。

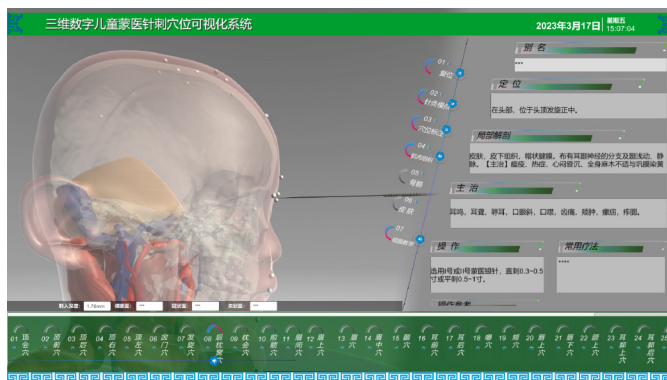


图 6 | 针刺眉间穴操作中其毗邻解剖层次透明度的选择

Figure 6 | Selection of the transparency of its adjacent anatomical levels in the acupuncture at acupoints between the eyebrows

2.2 该系统的特色及优点 该研究兼具蒙医临床教学及安全性研究功能, 不同于既往大部分模拟针刺软著, 穴位内部解剖结构基于中国学龄前儿童数据集重建, 鉴于蒙医儿科临床施术范围主要为亚洲区域, 故运用该系统进行针刺模拟训练更具临床应用价值。当下内蒙古医科大学数字转化医学工程技术研究中心在传统蒙医数字化、虚拟化研究和三维数字模型设计及 3D 打印领域发展迅速, 考虑到蒙医儿童针刺穴位模型现有数量较少, 课题组在中国儿童影像资料的基础上完成了对中国人儿童头颈部树脂模型的 3D 打印并于模型制作前预留了发旋穴等 27 个穴位的进针孔道, 最终录制的儿童蒙医针刺教学视频结合穴位注释库、主界面模拟针刺操作等功能, 共同实现蒙医临床教学功能。系统主界面的即时针刺深度及角度显示功能具有一定的针刺安全性研究价值, 后续课题组计划在当前功能基础上加入影像数字化研究成果, 完成儿童蒙医全身穴位模拟针刺可视化系统的研发。

2.3 该系统的应用展望 通过走访内蒙古国际蒙医医院、内蒙古医科大学附属蒙中医院等蒙医临床医师, 传统蒙医医师针刺培训过程中需借助大量训练以达到加强针感和控制术中起效针刺深度角度的预期, 既往针法训练大多基于蒙医针刺铜人、医用硅胶假人、棉团或练习者自刺等方式, 但以上方式均存显见弊端, 受训者反映其效果欠佳。

目前已证实针刺模拟软件具有操作简捷、不受物理条件所限及节约时间成本等优点, 前期课题组成员已于教学课堂演示此类系统且学生体验操作后反馈良好, 后续课题组将与内蒙古医科大学蒙医药学院合作继续开发此类系统并完成教学与临床推广应用工作, 通过将该系统应用于学院日常教学

及呼和浩特市辖区医院内蒙医师培训, 实现科研成果的现实转化。

3 讨论 Discussion

既往临床实践证明, 针刺时遵循避开穴位动静脉血管外膜及骨膜等组织、提升进针手法水平和减少针具在痛觉敏感度较高皮层处的停留时间等要点可显著降低针刺痛感^[22]。其中针刺手法仿真训练当前有机械仿真和虚拟仿真两种形式^[23], 虚拟仿真技术能使初学者快速掌握针刺技巧^[24], 姜雨晨等^[25]运用虚拟现实技术构建针刺力反馈系统操作平台, 在对虚拟人施行针刺术时可直观感受过程中力的反馈。石伟^[26]基于虚拟现实与增强现实技术完成集理论教学与针刺手法实践平台系统的研发。该系统在临床仿真针刺训练时, 使用者可进行任意角度和深度的路径入针并显示即时刻度标记, 借助系统功能栏调节各解剖结构的透明度, 提供施术中进针路径周边解剖结构的更佳观感, 操作者可在反复模拟针刺练习中形成对穴位解剖毗邻的清晰认知, 对针刺手法的改进和提升提供参考价值, 有助于规避蒙医儿童针刺施术时产生的痛感, 加强使用者针刺熟练度的同时间接避免医患矛盾的发生。

将虚拟仿真技术应用于针刺的科研教学层面, 可以便于体验者在虚拟环境中学习和领悟针刺手法精髓及疗法量效关系^[27], 节约临床针刺实践资源, 从解剖学角度了解穴位治病机制^[28]。胡玲等^[29]设计了以医用硅胶材质人体模型为基础的特殊部位仿真针刺平台。王云景等^[30]在医用硅胶模型基础上加套一层同材质粉红色仿真“肉皮”, 对临床针刺训练如穴位定位等方面具有一定意义。毛焯^[31]研发的虚拟人体经络系统通过观察针刺过程中的皮肤形变模拟力学作用。相较于现今诸多数字化针刺穴位仿真软件仅完成体表皮的重建, 该系统 3D 模型在皮肤重建的基础上加入穴位内部解剖毗邻结构的重建, 模拟还原了儿童真实机体结构及临床施术场景, 临床工作者可探究其预设针刺深度范围内进针路径是否临近或触及危险器官。教学功能方面, 在仿真模拟针刺操作功能基础上加入蒙医儿童树脂模型教学视频, 结合两者可使初学者更直观感知操作流程, 加强针刺操作细节记忆。通过阅读系统界面 6 项穴位注释, 达成穴位详实属性信息与蒙医针刺实践同步串联, 参考各进针路径上解剖标志点危险针刺深度的数值, 结合上述所有信息加深、加快使用者对各穴位施术信息的领悟及掌握。

有学者提出因人种差异可导致基于国外数字人基础上构建的针刺数字化、可视化软件在针刺深度、角度标准上出现误差^[30], 故该系统采用中国学龄前儿童数据集基础上完成, 在该系统针刺模拟时, 各解剖结构位置关系贴合中国儿童解剖形态特点, 可在针尖以任意针刺深度、角度突破各解剖层次同时结合功能栏设置透明度参数行动态观测及针刺安全性研究。

该研究研发的三维数字儿童蒙医针刺穴位可视化系统具

有针刺安全性研究、蒙医针刺穴位的临床练习和临床教学等功能。目前该实验已完成蒙医儿童头颈部的开发且已提交系统著作权申请,后续课题组计划在此基础上进行蒙医儿童全身穴位针刺可视化系统的研发,为蒙医针刺穴位安全性研究和临床教学、培训形式提供新的技术手段。

综上所述,该研究成功建立蒙医儿童头颈部针刺穴位三维数字化、可视化系统,可进行蒙医针刺安全性研究、蒙医针刺教学和临床针刺模拟训练。该系统基于中国学龄前男童真实连续断层超薄数据集创建,行临床教学、训练更切合亚洲儿童解剖形态特点,并兼具指导蒙医儿科临床针刺疗法中最适针刺深度及角度的选择。

致谢:衷心感谢张少杰教授、木日根吉雅副教授和李志军教授对论文的指导和内蒙古医科大学蒙医药学院、内蒙古医科大学第二附属医院影像中心提供的帮助。

作者贡献:刘宇航、刘亚楠和郝韵腾负责研究实施及论文撰写。张少杰、李志军、王星及蔡永强负责试验设计。孙瑞芬和李琨负责解剖结构的独立分割。木日根吉雅负责穴位定位及理论指导。

利益冲突:文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明:这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让:文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范:该研究遵守国际医学期刊编辑委员会《学术研究实验与报告和医学期刊编辑与发表的推荐规范》。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

[1] 太平. 浅谈蒙医药学发展存在问题及对策 [J]. 中国民族医药杂志, 2018,24(10):76.

[2] 包满节,包纳日斯,包金荣,等. 蒙医学基础理论教学改革设想 [J]. 中国民族医药杂志, 2020,26(9):35-36.

[3] 包准胜,赵宏林,康呼斯乐,等. 建立蒙医标准化病人的设想及初步实践 [J]. 中国民族医药杂志, 2021,27(1):54-56.

[4] 王梅荣. 蒙医儿科医患关系现状及对策研究 [D]. 通辽:内蒙古民族大学, 2022.

[5] 刘延祥,严振国,邵水金,等. 数字化虚拟人力反馈角度的针刺手法研究思路 [J]. 时珍国医国药, 2009,20(9):2292-2294.

[6] ACKERMAN MJ. The visible human project: a resource for education. Acad Med. 1999;74(6):667-670.

[7] 张绍祥,刘正津,谭立文,等. 首例中国数字化可视人体完成 [J]. 第三军医大学学报, 2002,24(10):1231-1232.

[8] 刘光久,张绍祥,刘正津,等. 首例中国数字化可视人体脊柱区颈段的三维重建研究 [J]. 局解手术学杂志, 2003,12(3):177-179.

[9] 郭燕丽,张绍祥,刘正津,等. 首例中国可视化人体心脏三维重建及临床意义 [J]. 第三军医大学学报, 2003,25(7):569-571.

[10] 杨琳,张绍祥,陈锦,等. 首例中国数字化可视人体肝门静脉系的三维重建与实时显示 [J]. 解剖学杂志, 2005,28(6):685-687.

[11] 王海生,邵水金,王媛媛,等. 基于 VOXEL-MAN 操作平台肩髃穴的三维可视化研究 [J]. 中国针灸, 2006,26(11):789-792.

[12] 王海生,严振国,王媛媛,等. 基于 VOXEL-MAN 操作平台孔最穴的三维可视化研究 [J]. 中华中医药杂志, 2007,22(3):178-181.

[13] 王海生,严振国,程卓,等. 基于 VOXEL-MAN 操作平台少海穴的三维可视化研究 [J]. 福建中医学院学报, 2009,19(4):41-43.

[14] 刘延祥,姜俊,严振国,等. 数字化虚拟人体内关穴结构的三维重建 [J]. 中国组织工程研究, 2013,17(48):8301-8306.

[15] 高学全,潘建明,刘建卫,等. 数字化虚拟人体穴位三维重建数据库的建立与应用 [J]. 安徽中医学院学报, 2009,28(6):39-42.

[16] 武丽媛,郭蕾. 蒙医针刺疗法的现代应用 [J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(1):223-225.

[17] 策力木格,松林,刘梦娇,等. 蒙医药特色与发展思路 [J]. 中国中医药图书情报杂志, 2016,40(6):4-9.

[18] 姬宇程,李忠贤,翁羽洁,等. 基于虚拟现实技术构建蒙医针刺手法的上肢仿真系统 [J]. 中国组织工程研究, 2020,24(11):1745-1749.

[19] 徐雪彬,王星,李琨,等. 中国学龄前男童连续薄片标本数据集建立及可视化 [J]. 解剖学报, 2020,51(6):924-928.

[20] 乌兰,阿古拉. 蒙医传统疗法及现代研究 [M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社, 2006.

[21] 阿古拉. 蒙医温针疗法 [M]. 赤峰:内蒙古科学技术出版社, 2018.

[22] 高明,杨华元,刘堂义,等. 针刺进针疼痛客观原因分析与对策及教学要点 [J]. 中国针灸, 2016,36(7):763-766.

[23] 胡银娥,刘堂义,唐文超,等. 针刺手法仿真的研究及思考 [J]. 生物医学工程学杂志, 2011,28(4):830-833.

[24] 武卫翔,王杰华,高瞻. 虚拟针刺人体软组织建模仿真 [J]. 计算机时代, 2022(3):19-21, 23.

[25] 姜雨晨,姜俊,王福波,等. 数字虚拟人体上针刺手法学的 VR 再现 [J]. 中国组织工程研究, 2016,20(44):6643-6648.

[26] 石伟. 基于 VR/AR 的针灸教学实践平台设计与实现 [D]. 西安:长安大学, 2020.

[27] 张虹岩,刘佳慧,宋晶,等. 针刺手法量化以及仿真应用的研究进展 [J]. 上海针灸杂志, 2022,41(5):528-534.

[28] 杨星月,许安萍,张宇沁,等. 虚拟仿真技术在经络腧穴学教学中的应用 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2021,19(12):18-20.

[29] 胡玲,蔡荣林,顾新建,等. 人体特殊部位腧穴仿真针刺平台的建立 [J]. 安徽中医学院学报, 2012,31(5):81-82.

[30] 王云景,赵红旗. 多媒体针灸教学训练模拟人的设计 [J]. 医疗卫生装备, 2005,26(2):17-18.

[31] 毛焯. 基于 OpenGL 虚拟针灸的三维仿真设计与实现 [D]. 成都:电子科技大学, 2012.

(责任编辑: LCH, WJ, ZN, WL)