

良性阵发性位置性眩晕精准手法复位探讨*

杨晓凯¹ 郑炎焱¹ 吴森翔¹

[摘要] 目的:探讨良性阵发性位置性眩晕的精准手法复位。方法:用 3D SLICER 软件处理 CT 或者 MRI 内耳检查影像数据,分割半规管结构和眼球结构或者眶点和耳点,测量半规管空间方向,建立标准空间坐标系半规管模型并生成 3D PDF 文件。结果:用平分半规管切面代表半规管平面,以眼球作为参考物判断是否对称,对于后半规管夹角测量稳定性较好,直观可靠。3D PDF 显示直观,可以根据个体差异性调整手法复位过程转动角度,能够在实际操作前观察和演示理论复位效果。结论:根据患者的内耳影像学资料,对半规管进行三维重建并测量半规管空间方向,从而进行个体化的精准手法复位,有一定临床意义。

[关键词] 眩晕;半规管;磁共振成像;计算机断层扫描;成像,三维

doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2016.08.010

[中图分类号] R764.3 **[文献标志码]** A

Study of BPPV precise manipulation treatment

YANG Xiaokai ZHENG Yanyan WU Senxiang

(Department of Neurology, Wenzhou People's Hospital, Wenzhou, 325000, China)

Corresponding author: YANG Xiaokai, E-mail: gushiedu@gmail.com

Abstract Objective: To explore the effect of the BPPV precision manipulation treatment. **Method:** With 3D SLICER software we segment structure such as semicircular canal, eye ball, orbital and ear rod from MRI or CT volume data of patients which underwent MRI or CT scanning of inner ear, for measuring the spatial direction of semicircular canals and building semicircular canal modules with standard space coordinate system and embedding into 3D PDF files. **Result:** With the slice that divide the semicircular canal equally as the semicircular canal plane and the eyeball as reference object to determine whether it is symmetric, it is not only intuitive but also reliable for measuring the angle between the posterior semicircular canal. 3D PDF is intuitive, rotation angle can be adjusted according to the individual differences in the process of manipulation treatment, to observe and demonstrate the theoretical reduction effect before the actual operation. **Conclusion:** By reconstruction the three-dimensional semicircular canal structure from the inner ear image data of patients and measurement of the semicircular canal space direction, it is of a certain significance for BPPV precision manipulation treatment.

Key words vertigo; semicircular canals; magnetic resonance imaging; computer tomography; imaging, three-dimensional

良性阵发性位置性眩晕(benign paroxysmal positional vertigo, BPPV)表现为特定头位改变诱发短暂的眩晕发作,为常见多发病,在门诊头晕患者中占 17%~42%^[1]。目前 BPPV 有效的治疗方法为手法复位,有效率为 66%~93%^[1],常需多次复位操作,半规管空间方向的个体差异性可能是影响复位效果的因素之一^[2-3]。根据患者的内耳影像资料,对半规管进行三维重建并测量半规管空间方向,从而进行个体化的精准手法复位,有一定临床意义。

1 材料与方法

1.1 图像处理和建立模型

从 PACS 系统导出内耳 MRI 或者 CT 检查原

始图像资料保存为 DICOM 格式;用 3D SLICER 软件读取目录获取影像,用 Editor 模块分割半规管结构和眼球结构(图 1);选择 Editor 模块,点击 PainEffect,勾选 Threshold Paint,选择 Threshold 范围(可根据不同感兴趣区及不同层面变动),选择不同的 Radius 进行感兴趣区标志。点击 Make-ModelEffect,再点击 Apply 进行三维重建,导出为 STL 格式模型文件。

1.2 半规管空间方向测量

与 BPPV 复位相关的主要是后半规管和矢状面夹角以及水平半规管和水平面的夹角。取平面三点坐标可以确定平面方程,使用数学方法可以计算二面角大小。

1.2.1 半规管平面 使用 Reformat 模块,调整 x 和 y 参数使得切面经过并平分半规管,记录切面上方和左下方及右下方三点坐标(图 2)。

* 基金项目:温州市科技局基金资助项目(No:Y20140515)

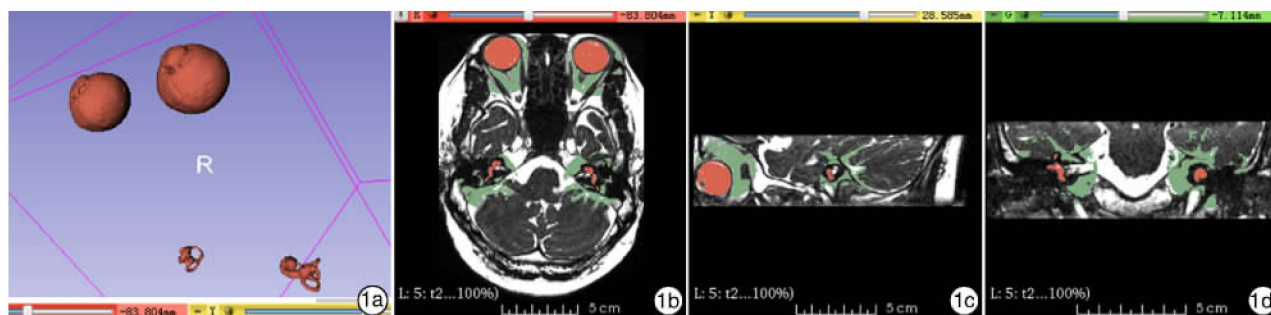
¹ 温州市人民医院神经内科(浙江温州,325000)

通信作者:杨晓凯, E-mail: gushiedu@gmail.com

1.2.2 水平面 眶耳平面是研究工作中常用的标准平面,当人采取直立姿势,两眼向前平视时,眶耳平面和真实水平面平行。因其依赖骨性标志,在 MRI 影像上取点困难,可用半规管眼底平面代替^[4]。①眶耳平面:使用 Volue Rendering 模块,选择 Display->Preset:CT-AAA2,可以显示眶点和耳点;使用 Reformat 模块,调整 x 和 y 参数使得横断面经过眶点和耳点,记录横断面前方和左下方及右下方三点坐标(图 3)。标记眶点和耳点,并导

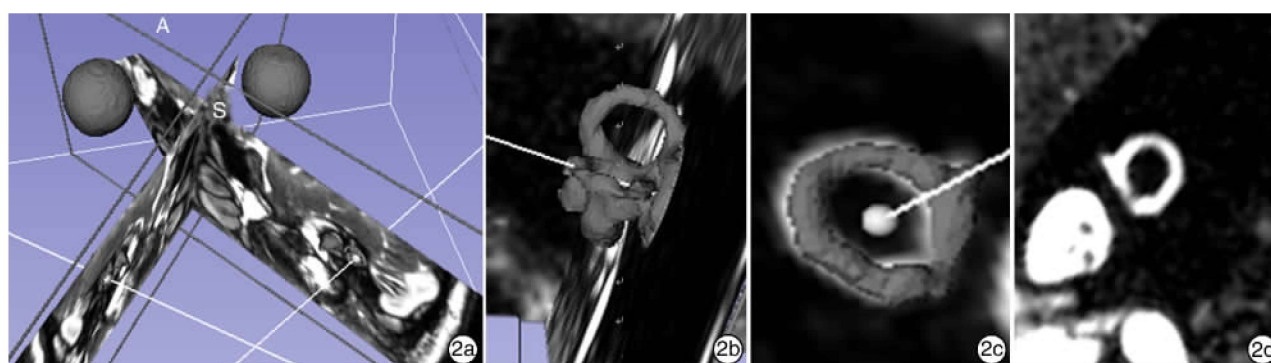
出为 STL 格式文件。②半规管眼底平面:使用 Reformat 模块,调整 x 和 y 参数使横断面经过半规管总脚顶端和眼球下缘最低点,记录横断面前方和左下方及右下方三点坐标(图 4)。

1.2.3 夹角计算 二面角大小与其两个平面的法向量夹角相等或互补,保持各平面固定取点顺序,可以确保所计算的法向量所成角就是二面角的平面角。使用 python 编程,根据平面三点坐标计算平面方程,并进一步计算平面夹角。



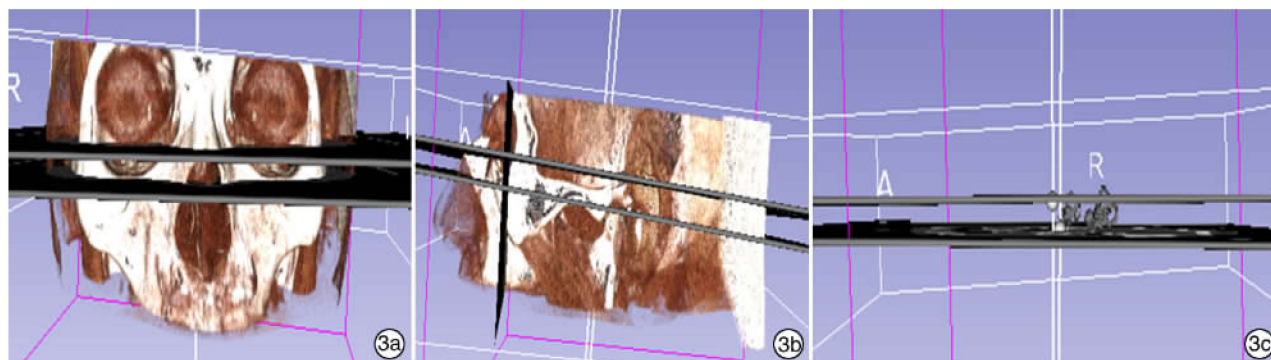
1a: 三维视图; 1b: 横断面; 1c: 矢状面; 1d: 冠状面; 红色为眼球和半规管结构。

图 1 3D Slicer 分割建模图



2a: 两切面经过左右后半规管,并与眼球距离对称; 2b: 切面平分后半规管三维模型并显示外侧部; 2c: 切面平分后半规管三维模型并显示内侧部; 2d: 切面平分后半规管并显示外侧部。

图 2 半规管平面图



上平面为半规管眼底平面,下平面为眶耳平面。3a: 正面视图,眶耳平面经过双侧眶下缘最低点(眶点),半规管眼底平面经过眼球下缘最低点; 3b: 侧面视图,眶耳平面经过外耳道上缘(耳点); 3c: 侧面视图,半规管眼底平面经过半规管总脚顶端。

图 3 半规管眼底平面和眶耳平面图

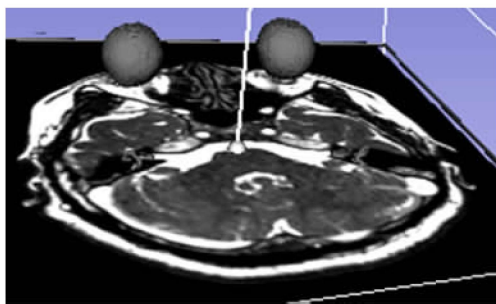


图4 切面经过半规管总脚顶端和眼球下缘最低点

1.3 标准空间坐标系半规管模型

1.3.1 半规管眼底平面坐标系 Meshlab 软件打开半规管和眼球模型文件,选择 Filters→Mesh Layer→Split in Connected Components,分别保存左右半规管和眼球为 STL 格式;openscad 软件导入左右半规管和眼球模型文件,编程进行旋转和移位,使水平面经过半规管总脚顶端和眼球下缘最低点,然后仅导入半规管模型并导出为 STL 格式。

1.3.2 眶耳平面坐标系 openscad 软件导入左右半规管以及眶点和耳点模型文件,编程进行旋转和移位,使水平面经过眶点和耳点,然后仅导入半规管模型并导出为 STL 格式。

1.4 建立 3D PDF 文件

Meshlab 生成 U3D 文件流程如下:①文件导入:File→Import Mesh,选择 STL 文件;②模型转换:File→Export mesh As,选择 U3D File Format,点击 OK。Meshlab 在导出 U3D 格式文件的同时,会同时生成一个 TEX 文件。

增加动画功能:改写 TEX 文件,add3Djscrip 命令可以导入 javascript 脚本,mediabutton 命令添加按钮功能,支持复位动作演示以及左右前后水平旋转等功能。

TeXstudio 生成 3D PDF 流程如下:①打开文件:File→Open,选择 TEX 文件;②编译 PDF 文件:Tools→Compile。

2 结果

我们先后采用以半规管为中心取三点坐标、半规管外侧缘取三点坐标、切面平分半规管直接测量 3 种不同方法对正常人三维稳态构成干预序列(3D constructive interference insteady state)内耳 MRI 检查数据进行三维重建以及后半规管和矢状面夹角测量,所测角度分别为 $49.25^{\circ} \pm 6.04^{\circ}$, $53.21^{\circ} \pm 4.38^{\circ}$ 和 $53.21^{\circ} \pm 4.38^{\circ}$,排除取点位置不同因素,结果一致^[2,4]。MRI 影像由于眼球和半规管与周围组织分界清晰,其分割快速方便。CT 影像半规管分割效果好,但眼球与周围组织界限不清,分割困难,不过眶点和耳点是骨性标志,显示清晰,可以准确取点。用平分半规管切面代表半规管平面,以眼

球作为参考物判断是否对称,对于后半规管夹角测量稳定性较好,直观可靠。后半规管平面和对侧眼球外侧相切,其与矢状面夹角为 45° ;后半规管平面和对侧眼球内侧相切,其与矢状面夹角为 35° 。直接测量平面夹角和通过平面三点坐标计算平面夹角结果一致。3D PDF 半规管模型显示直观,能够在实际复位操作前观察和演示理论复位效果,可以根据个体差异性调整手法复位过程转动角度,比如 Semont 复位法头向健侧转动相应角度以使患侧后半规管与冠状面平行,Epley 复位法头向患侧转动相应角度以使患侧后半规管与矢状面平行,复位过程中有利于耳石经总脚进入椭圆囊。

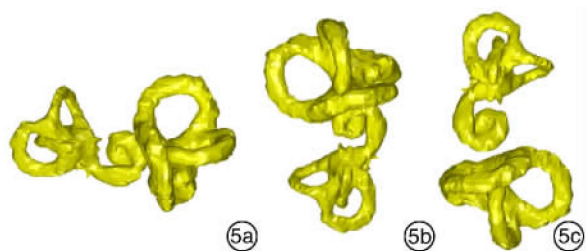
3 讨论

BPPV 的复位方法通常假定后半规管和矢状位夹角为 45° ,水平半规管和水平面的夹角为 30° ,但实际情况并非如此,且存在较大的个体差异性^[2]。Bradshaw 等^[3]认为 10% 的患者复位不成功,可能是半规管空间方向个体差异所致,尤其是对于嵴帽结石病。通过模型观测可以发现,对于管石症,个体差异主要影响耳石在半规管内滚动,不同复位方法影响的大小也不一致。对于嵴帽结石,个体差异会影响耳石的脱落。随着医学影像技术的发展,根据患者的实际半规管空间方向进行精准手法复位,具有一定的可行性。CT 和 MRI 检查都可以清晰显示半规管,但 MRI 检查无射线辐射,有一定优势。测量半规管空间方向,需要建立空间参考平面,水平面通常使用眶耳平面,是由左右侧耳门上点(po)和左侧眶下缘点(or)三点所确定的一个平面。我们发现经双侧半规管总脚顶端和眼球下缘最低点的平面(半规管眼底平面)和眶耳平面平行,由于其标志点为非骨性结构,在 MRI 影像显示清晰,故 MRI 检查可以选择半规管眼底平面作为参考水平面^[4]。虽然通过测量半规管空间方向即可指导临床手法复位操作,但是通过建立标准空间坐标系半规管模型并生成 3D PDF 文件,以直观的动画演示和 3D 观察判断复位效果,对实际操作会有更大的指导意义(图 5)。

测量半规管空间方向,通常在半规管上取三点或者多点坐标拟合计算平面方程再计算平面夹角^[2,4-6],取点偏差容易引起较大的测量误差^[5,7]。也有将半规管转换成数学模型,取切面中点连线代表半规管平面^[3],但需要专业编程,临床使用困难。分割半规管模型并导入,用平分半规管切面代表半规管平面,即直观又可靠,尤其是在测量后半规管夹角时,以眼球作为参考物判断对称性,更能保证测量的稳定性。

自 2007 年开始 1.6 版本 PDF 规范支持将 U3D、PRC 格式 3D 模型封装在 PDF 文件中,Adobe Reader 8.1 开始支持显示 3D 模型,并可以让用

户进行各种操作。使用插入 javascript 脚本,还可以进行动画演示和交互。3D PDF 文件可用于临床、教育和科研领域,但医学影像导出为三维模型并建立交互 3D PDF 文件的过程通常比较复杂且常需要商业软件,使得此技术不能广泛推广使用^[8]。



5a:根据所测后半规管和矢状面夹角,头向右侧转相应角度,以使左侧后半规管和冠状面平行;5b:快速向左侧侧卧,保持姿势约 30 s,此时左侧后半规管耳石离壶腹运动;5c:保持头肩相对位置不变,快速经坐位不停顿转为右侧侧卧位,此时左侧后半规管耳石经总脚进入椭圆囊。

图 5 Semont 复位法复位左侧后半规管耳石症

3D Slicer 软件用于读取医学影像进行 3D 重建分割,并导出为三维模型但不能直接导出 3D PDF 支持的格式,需要使用 MeshLab 软件将三维网格转为 U3D 格式,并同时会生成一个以 TEX 为后缀的使用 movie15 包的 latex 文件。latex 通过使用 movie15 包或者更新的 media9 包可以支持将 3D 模型插入 PDF。TeXstudio 作为 latex 的集成开发环境在编译 latex 文件时会从网络下载相关模块。

虽然分割制作三维模型有多种软件可以使用,但开源软件中以 3D Slicer 最为强大,其有多种模块可以完成分割任务,手工分割可以选择 Editor 模块,上手容易。导出的三维模型通常会包括一些杂乱孤立的碎片,Meshlab 可以轻松完成清理任务以及进行光滑处理等。虽然商业软件 Adobe Acrobat 原生支持制作 3D PDF,但用 latex 产生 3D PDF 更加简便,且通过改写 TEX 文件,还可加入按钮、脚本、声音等其他要素。AdobeReader 打开 3D PDF

文件,可以跟三维模型进行多种方式的交互,包括放大缩小,旋转,改变光源、背景、颜色等,甚至支持脚本运行。本文所用软件均为开源软件,获取容易且免费,所介绍方法步骤简单易学,有利于推广普及。如果将半规管模型导入 3D 打印软件,打印设置不选择充填,打印材料选择透明 PLA 材料,还可以打印空心透明的半规管模型,给半规管套环或者注入水和有色沙石可以建立管石模型用于教学,进一步可建立头戴式装置用于临床实践,指导复位操作。

参考文献

- [1] BHATTACHARYYA N, BAUGH R F, ORVIDAS L, et al. Clinical practice guideline: Benign paroxysmal positional vertigo [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2008, 139(5 Suppl 4): S47-81.
- [2] 杨晓凯, 吴曙智, 叶华. 核磁共振测量半规管空间位置方向 [J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2015, 29(19): 1683-1686.
- [3] BRADSHAW A P, CURTHOYS I S, TODD M J, et al. A mathematical model of human semicircular canal geometry: a new basis for interpreting vestibular physiology [J]. J Assoc Res Otolaryngol, 2010, 11: 145-159.
- [4] 杨晓凯, 郑炎焱, 吴曙智, 等. 基于核磁共振数据的三维半规管建模空间方向测量 [J]. 解剖学报, 2016, 47(2): 241-245.
- [5] SUZUKI K, MASUKAWA A, AOKI S, et al. A new coordinates system for cranial organs using magnetic resonance imaging [J]. Acta Otolaryngol, 2010, 130: 568-575.
- [6] 吕慧英. 基于 Matlab 精确测量半规管在颅底中的方位 [J]. 解剖与临床, 2012, 17(6): 453-458.
- [7] AOKI S, TAKEI Y, SUZUKI K, et al. Planer orientation of the bilateral semicircular canals in dizzy patients [J]. Auris Nasus Larynx, 2012, 39: 451-454.
- [8] NEWE A. Towards an easier creation of three-dimensional data for embedding into scholarly 3D PDF (Portable Document Format) files [J]. PeerJ, 2015, 3: e794-e794.

(收稿日期: 2015-11-17)