DOI:10.16016/j.1000-5404.2002.08.015

论著

文章编号:1000-5404(2002)08-0910-03

应用激光快速成形分层实体制造方法复制颞骨

邱明国[1],张绍祥[1],谭立文[1],刘正津[1],王欲甦[2],邓俊辉[2],唐泽圣[2],朱 飞[3],何 鹏[3] ([1]第三军医大学基础医学部解剖学教研室,重庆 400038;[2]清华大学计算机科学与技术系,北京 100084;[3]重庆激光快速原形及模具制造生产力促进中心,重庆 401147)

提 要:目的 根据颞骨三维重建数据,利用快速成形分层实体制造方法复制颞骨实物模型。方法 利用Medview1.0将颞骨三维重建的数据文件进一步转换为STL文件,采用Magics6.0软件读取STL文件并进行检查和修补后输入ZIPPY III快速成形机,设定加工参数,控制层厚为0.1 mm的涂覆纸逐层叠加制作出颞骨纸质实物模型。结果 得到颞骨纸质实物模型,实物模型的精度约为±0.2 mm,符合耳神经外科手术的要求。结论 复制的颞骨实物模型可用于复杂耳神经外科手术的术前策划,并可在三维实体模型上进行各种手术操练。

关键词:颞骨;三维重建;快速成形;模型
中图法分类号:R323;R319 文献标识码:A

Fabrication of temporal bone replica with rapid prototyping by laminated object manufacturing

QIU Ming-guo, ZHANG Shao-xiang, TAN Li-wen, LIU Zheng-jin, WANG Yu-su, DENG Jun-hui, TANG Ze-sheng, ZHU Fei, HE Peng (Department of Anatomy, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To fabricate the temporal bone replica with rapid prototyping by laminated object manufacturing with the data of 3-dimensional reconstruction. Methods Medview 1.0 3D software was used to convert the 3-D data of the temporal bone to STL format. The STL file was checked and repaired with Magics 6.0, and inputted into the rapid apparatus ZIPPY III. After the processing parameters were chosen, the 3D stereo-temporal bone physical model was built layer by layer with laminating paper of 0.1 mm thick. Results Physical model of the temporal bone built with paper was obtained, the accuracy of the model was ±0.2 mm, meeting the otoneurosurgery expectation. Conclusion The replica of the temporal bone physical model can be used to make preoperative plans in the complicated otoneurosurgery, allowing various surgical exercises to be carried out on the 3D stereo physical model.

Key words: temporal bone; 3-D reconstruction; rapid prototyping; model

快速成形(Rapid prototyping, RP)技术是利用材料堆积法制造实物零件产品的一项高新制造技术,能够根据产品的三维模型数据迅速而精确地制造出该产品,体现了计算机辅助设计、激光加工、数控和新材料开发等多学科、多技术的综合应用[1]。RP技术被认为是近20年制造技术领域的一次重大突破,已广泛应用于汽车制造、航空、商用机械、医疗、军事等各行业。快速成形在医学中的应用比例已经占整个应用领域的12%左右,欧美及日本等发达国家对快速成形在医疗领域的应用非常重视,在牙科手术、头颅整形手术、颅骨和颌面部肿瘤切除手术等方面广泛应用,已经取得了明显的效果[2~4]。立体平版印刷(Stereo lithography apparatus, SLA)方法于1991年在维也纳首次被引入颌面外科研究领域[5],但该方法存在设计制作支撑问题。分层实体制造(Laminated object manufacturing, LOM)方法在快速成形方法中最具制作效率且不需要支撑结构,目前有关应用该方法复制人体复杂器官的报道还很少见。我们已经应用Medview1.0软件在SGI工作站重建出颞骨及内部结构的三维数据模型[6],现进一步利用该三维数据模型,采用快速成形中的分层实体制造方法复制颞骨纸质实物模型。

1 材料和方法

1.1 文件格式转换

利用自编三维重建软件Medview1.0重建的颞骨数据文件为MCB格式[6],在该软件中进一步添加转换和输出STL格式文件的接口,将MCB格式转换为快速成形设备能够读取的STL文件格式。

1.2 STL数据读入

利用Magics 6.0软件对STL格式文件进行检查和修改后,ZIPPY III型快速成形机(新加坡KINERGY公司制造)读入STL文件,使x、y、z起点回零,颞骨三维模型的大小为x=51.660 mm, y=64.214 mm, z=38.510 mm。

1.3 参数设定

设边框x方向长度为60 mm, y方向长度为70 mm,分层厚度为0.1 mm。网格划分间距x、y分别取10 mm、10 mm。切割零件边缘轮廓的二氧化碳激光器功率为11 W,切割网格和边框的二氧化碳激光器功率为38 W,激光切割零件边缘轮廓速度200 mm/s,切割网格和边框速度550 mm/s。热压温度为200 ℃,热压速度为120 mm/s。按照设定参数,每片数据转换成数控加工命令,激光束选择性地切割一层层宽度为300 mm的涂覆纸,形成各截面轮廓并叠加成三维颞骨模型。

基金项目:国家杰出青年基金资助项目(39925022)
作者简介:邱明国(1970-),男,四川省南部县人,博士,讲师,主要从事断层解剖及三维重建方面的研究,发表论文10余篇。电话:(023)68752225
收稿日期:2001-12-29;修回日期:2002-04-06

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.4　后处理

沿网格线和颞骨轮廓线用小刀片去除包裹在颞骨周围的多余材料, 得到复制的颞骨纸质实物模型。

2　结果

图 1 为应用 Medview1.0 软件重建的颞骨三维数据模型, 数据文件为 MCB 格式[6]。在 Medview1.0 添加转换和输出 STL 格式文件的接口后, 成功地将 MCB 格式转换为快速成形设备能够读取的 STL 文件格式。利用 Magics 6.0 软件对 STL 格式文件进行检查和修改后, 共获得三角形面片 93 470 个, 三角形顶点 46 735 个。使 x、y、z 起点回零, 颞骨三维模型的大小为 x = 51.660 mm, y = 64.214 mm, z = 38.510 mm。ZIPPY Ⅲ快速成形机读入 STL 文件, 按照设定参数加工, 得到复制的颞骨纸质实物模型, 见图 2, 模型的精度为 ±0.2 mm。复制的颞骨纸质实物模型与三维数据模型的几何外形一致, 机械强度较好, 能够经受各种切削加工。

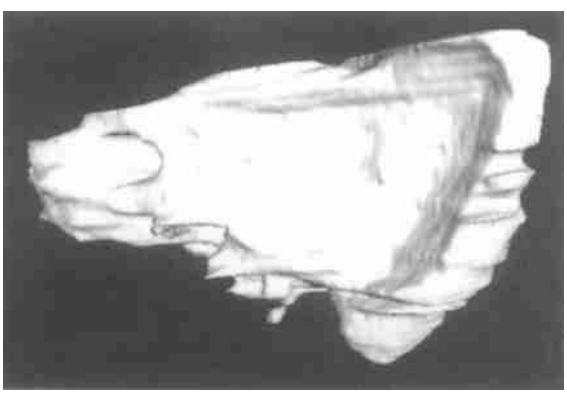


图 1　颞骨三维重建模型

Fig 1　Three-D reconstruction model of the temporal bone

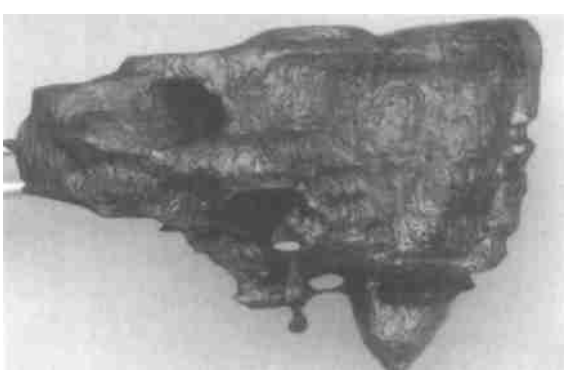


图 2　颞骨实物模型

Fig 2　Three-D stereo physical model of the temporal bone

3　讨论

3.1　快速成形技术在医学领域的应用及三维数据文件格式的转换

二维断层图像的三维可视化研究始于 20 世纪 70 年代中期, 用于设计、规划外科手术, 尤其是颌面、颅面外科复杂的手术。但有时三维可视化并不能令人满意, 尤其在面临复杂三维解剖形态难于在二维计算机屏幕直观显示时, 医生更愿意使用实物模型进行手术模拟和手术策划。因此, 借助快速成形技术由三维重建数据制作实物模型就非常必要并有着广阔的应用前景。目前, 快速成形技术在医疗领域的应用主要在于医疗诊断和外科手术策划, 利用快速成形技术可以使解剖特征具体化, 提供直观、能够触摸的信息记录, 易于测量, 利于深入研究, 使手术操作者、放射科医生、外科医生及病人之间的交流更方便。实物模型可用于复杂外科手术的策划及手术前的操练, 也可用于手术前制作移植物的阴模或母模, 或直接制作钛或塑料移植物, 从而能够有效地提高诊断和手术水平, 缩短时间, 节约费用[2~4]。

由于快速成形机多采用 STL 标准格式文件, 在快速成形前必须将重建的三维数据文件转换为 STL 格式文件, 但国外各种医学三维重建软件所生成的数据文件格式不同, 而且文件格式不公开, 或有不同类型的加密处理, 使得图像数据转换极为困难。因此, 医学三维重建软件数据文件格式的标准化就极为重要。本研究在应用 Medview1.0 软件实现颞骨三维重建的基础上[6], 进一步添加了转换和输出 STL 格式文件的接口, 可以成功地将重建的三维数据文件直接保存为快速成形机常采用的 STL 格式文件。STL 格式文件是由一系列相连的空间三角形组成, 有 ASCII 码和二进制码两种输出形式, ASCII 码输出形式所占用文件空间比二进制码输出形式大得多, 但可以阅读并能进行直观检查。由于 STL 文件格式本身的问题以及转换过程造成的错误, 所产生 STL 文件格式难免有少量的缺陷, 如出现违反共顶点的三角形、违反取向规则的三角形、错误的裂缝或孔洞以及三角形过多或过少等。因此在成形前还需要利用 Magics 6.0 等专用软件进行检查和修改[1]。

3.2　快速成形技术原理及 LOM 快速成形方法的特点

快速成形技术的原理是依据计算机上构成的三维数据模型, 对其进行分层切片, 得到各截面的二维轮廓, 然后按照这些轮廓, 快速成形头选择性地固化一层层的液态树脂(或切割一层层的纸, 烧结一层层的粉末材料, 喷涂一层层的热熔材料或粘结剂), 形成各个截面轮廓并逐步顺序叠加成三维工件。目前快速成形常用方法有 SLA、LOM、SLS 及 TDP 等[1], SLA 快速成形法又称为液态光敏聚合物选择性固化, 在医学领域应用中最为广泛, 可用于复制下颌骨、眶骨、股骨等。但 SLA 法采用液态光敏树脂固化, 固化后的悬臂或悬空结构需要支撑结构, 这就需要编制具有能够自动设计加工支撑结构的专门软件。在加工完成后, 必须去除支撑结构, 但有时很难精确区分支撑结构和模型的界限, 往往造成模型外表解剖特征的破坏[7]。LOM 快速成形方法又称为薄形材料选择性切割, 目前主要应用的是纸质材料, 材料的一面涂有一层热溶胶。LOM 与 SLA 工艺相比, 这种工艺所采用的原料成本要比 SLA 低得多, 而且原料的保存相当简便; 模型的机械强度较好, 能够经受各种切削加工, 能够作为模具直接或间接铸造金属移植物。LOM 快速成形过程为干式操作, 比

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

较适合医院的环境。我们根据颞骨三维数据模型制作出纸质颞骨实物模型，精度为 ±0.2 mm 左右，误差的主要成因包括前期三维重建的数据处理、成形机及成形过程中的误差等[8]。根据临床需要，可进一步制作透明的颞骨模型并对颞骨内部不同结构进行选择性着色，立体显示各细微结构及毗邻病变组织，可用于复杂耳神经外科手术的策划，并在三维实物模型上进行术前操练，如进行切除、钻磨和重新定位等实践。

参考文献：

[1] 王运赣，主编. 快速成形技术[M]. 武汉：华中理工大学出版社，1999. 200－245.
[2] Morris C L, Barber R F, Day R. Orofacial prosthesis design and fabrication using stereolithography[J]. Aust Dent J, 2000, 45(4): 250－253.
[3] D' Urso P S, Earwaker W J, Barker T M, *et al*. Custom cranioplasty using stereolithography and acrylic[J]. Br J Plast Surg, 2000, 53(3): 200－204.
[4] Kermer C, Lindner A, Friede L, *et al*. Preoperative stereolithographic model planning for primary reconstruction in craniomaxillofacial trauma surgery [J]. J Craniomaxillofac Surg, 1998, 26(3): 136－139.
[5] Bianchi S D, Ramieri G, De Gioanni P P. The validation of stereolithographic anatomical replicas: The authors' own experience and are view of the literature[J]. Radiol Med Torino, 1997, 94(5): 503－509.
[6] 邱明国，张绍祥，谭立文，等. 颞骨计算机三维重建[J]. 第三军医大学学报，2001，23(10)：1 200－1 202.
[7] Berry E, Brown J M, Connell M. Preliminary experience with medical applications of rapid prototyping by selective laser sintering[J]. Med Eng Phys, 1997, 19(1): 90－94.
[8] 高 勃，谭永生，卿 侯，等. 应用激光快速成形方法复制下颌骨-(2)用 I-DM 由三维重建数据制作下颌骨[J]. 实用口腔医学杂志，2000，16(2)：140－142.

（编辑 谢义霞）

个案与短篇

文章编号：1000-5404(2002)08-0912-01

不典型脑膜瘤 1 例

A case report of atypical meningioma

周长友，王文献，席道友 （第三军医大学附属新桥医院放射科，重庆 400037）

患者，女，40 岁，15 个月前撞伤头部后发现左顶枕部黄豆大小质软包块。1 月前发现包块渐增大。查体：左顶枕部头皮隆起，有一约 7 cm×7 cm×2 cm 大小包块，质软，压痛，边界不清，与皮肤粘连。3 年前曾因持续性头痛伴呕吐行 CT 平扫，颅内无异常发现。

X 线平片示顶枕部颅骨内外板分界不清，可见由颅外板垂直向外生长的放射状骨针，其附近血管压迹加深增多。CT 平扫示左顶枕部颅骨骨质破坏，骨针呈放射状，明显向外生长，病变区颅骨有虫蚀样骨质破坏，其外侧软组织明显肿胀，见图 1；冠状位增强扫描示病变区强化不明显，其下方脑实质内可见不均匀线条样强化影，见图 2。影像诊断为：颅骨本身病变（血管瘤可能性大）；脑膜瘤不能除外。

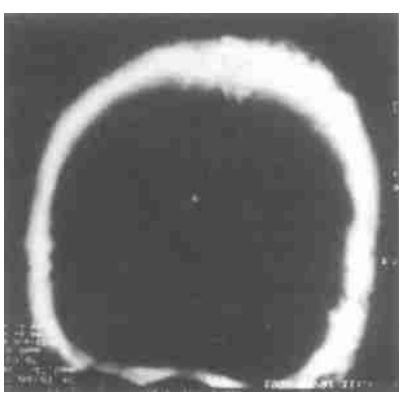


图 1 头颅 CT 冠状扫描见颅骨骨质破坏、呈放射状



图 2 增强后冠状位扫描见病变区强化不明显，其下方脑实质不均匀线条样强化

手术见肿瘤呈扁平形生长，瘤组织侵袭头皮，颅骨明显增厚并与硬脑膜相连。病理见瘤组织主要由上皮样细胞构成，部分梭形纤维细胞样瘤细胞，有恶变倾向。病理诊断为脑膜瘤（合体细胞型）。

讨论

脑膜瘤是颅内原发肿瘤中常见的一种，仅次于胶质细胞瘤。大脑凸面为其最好发部位，影像表现典型者诊断不难。本例影像表现不典型，造成术前误诊的原因有以下几点：①3 年前 CT 扫描方法的选择不当，患者当时有明显颅内压增高症状，常规 CT 平扫未见特殊，现在复习原片感到常规平扫时顶枕部有一部分遗漏区，无法判断当时该区是否有病变？所以对有明显

作者简介：周长友（1976－），男，河南省南阳市人，助教，现在第三军医大学成都军医学院放射诊断学教研室工作，成都 610000。电话：（023）68755315

收稿日期：2001-07-05；修回日期：2002-01-11

（下转 915 页）

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net