doi:10.11659/jjssx.03E019018

·基础研究·

胎儿肺支气管铸型及三维可视化结构的研究

郑宇娜[1],黄海龙[2] (1.肇庆医学高等专科学校2017级临床医学专业,广东 肇庆 526020;2.肇庆医学高等专科学校人体形态学研究室,广东 肇庆 526020)

[摘 要] **目的** 制作胎儿肺支气管的铸型标本,运用三维重建技术探究胎儿肺支气管的解剖结构,为临床提供形态学资料。**方法** 对1例34周胎儿肺支气管进行插管铸型,通过128层螺旋CT扫描铸型标本,得到Dicom数据并导入Syngo.via Client工作站,以最大密度投影(MIP)的方式重建和导入Mimics 19.0软件进行三维重建。**结果** 制作好的支气管树铸型管道充盈饱满,粗细分明,能够清晰显示出胎儿肺支气管的分支形态、管径粗细以及走行分布。MIP重建的图像能够清晰地显示3~5级分支,伪影较少。在Mimics上进行三维重建的胎儿肺支气管形态逼真,可通过其阈值大小来调节各分支末端的疏密情况,并可从多层面、多方面、多角度进行观察,空间立体感较强。**结论** 通过运用血管铸型技术、MIP重建技术和Mimic重建技术,可以清晰地了解胎儿肺支气管走行及分布情况,为临床医学教学和虚拟手术及宫内介入手术提供胎儿肺支气管形态学资料。

[关键词] 胎儿肺支气管;血管铸型;最大密度投影;三维重建;Mimics软件
[中图分类号] R322.6;R813 [文献标识码] A [收稿日期] 2019-03-05

Study on casting of fetal lung and bronchus and its three-dimensional visual structure

ZHENG Yu-na[1],HUANG Hai-long[2] (1.2017 Grdade Clinical Medicine,Zhaoqing Medical College,Zhaoqing Guangdong 526020,China;2.Department of Human Moephologic Lab,Zhaoqing Medical College,Zhaoqing Guangdong 526020,China)

Abstract: Objective The cast specimens of fetal lung and bronchus are made to explore the anatomical structure by using three-dimensional reconstruction technology and provide morphological data for clinical practice. **Methods** One case of 34 weeks fetal lung and bronchus was cast by intubation. The cast specimens were scanned by 128-slice spiral CT. Dicom data were obtained and imported into Syngo.via Client workstation to reconstruct the lung and bronchus by maximum density projection (MIP) and to import Mimics 19.0 software for three-dimensional reconstruction. **Results** The cast tube of the bronchial tree is full,thick and detailed,which can clearly show the shape,diameter and distribution of the branches of the fetal lung and bronchus;the MIP reconstructed image can clearly show the branches of grade 3 to 5 with fewer artifacts;the shape of the fetal lung and bronchus reconstructed on mimics is realistic,and the sparsity of the ends of each branch can be adjusted by its threshold size,which can be observed from multiple multi-level,multi-faceted,multi-angle,with stong sense of three-dimensional space. **Conclusion** The fetal lung and bronchus distribution can be understand by vascular casting technology,MIP reconstruction technology and mimic reconstruction technology,which provide the morphological data of fetal lung and bronchus for clinical medicine teaching,virtual surgery and intrauterine interventional surgery.

Keywords: fetal lung and bronchus;vascular cast;maximum intensity projection;three-dimensional reconstruction;Mimics

胎儿肺从第4周开始发育,在12周出现胎儿呼吸,可促进肺部的发育,同时也为新生儿宫外呼吸做准备,若胎儿的气管支气管结构发生变异或缺陷可影响或降低呼吸系统的功能。由于各种原因导致的胎儿肺发育不全、气管支气管疾病、婴幼儿气管支气管异物在临床上最常见[1-3]。目前,对胎儿肺部疾病的辅助检查手段主要是产前超声诊断,但对胎儿肺支气管树的解剖结构观察有限制。本研究运用血管铸型技术及三维重建技术构建胎儿肺支气管树,可以提供更全面、更精细的胎儿肺支气管树的解剖结构,对了解胎儿肺支气管树的走行及生长发育情况有着重要的意义,为临床医学教学和虚拟手术提供形态学资料。

1 材料与方法

1.1 材料选择与管道铸型制作

经肇庆医学高等专科学校伦理委员会批准(ZQY-ZLL 2015033)选取1例34周新鲜胎儿标本(死后12 h内),用自来水冲洗干净表面的血迹,打开胸腔,在环状软骨下方截取气管,将胎儿肺标本完整取出。用自制胶头塑料插管对支气管进行插管,然后用50 mL的注射器注入空气,以检查插管是否漏气。按配方混合液-氧化锌(10 mL:4 g)配制好黄色“改良环氧树脂-氧化锌”填充剂,其中混合液包括:环氧树脂

[基金项目] 广东省医学科学技术研究基金(B2018207)
[通信作者] 黄海龙,E-mail:haima0758@163.com

E-51,环氧树脂高性能增韧改性剂 RF-400,2、4、6-三(二甲氨基甲基)苯酚 DMP-30,消泡剂,改性脂环胺环氧树脂固化剂 1618,马利牌黄色油画颜料[4]。然后用 10 mL的注射器将调配好的黄色“改良环氧树脂 - 氧化锌”填充剂填充支气管,填充时需注意观察肺叶上有无出现黄色斑点,若出现黄色斑点立即停止灌注,灌注量为 1.5 mL。将填充好的标本静置 24 h 后放入盐酸腐蚀,待腐蚀好后取出标本并冲洗干净即可获得胎儿肺支气管铸型。

1.2 数据扫描及三维重建

以胎儿肺支气管树的铸型标本为模板,采用西门子公司的 64 排 128 层螺旋 CT 对胎儿肺支气管树进行薄层扫描。扫描参数:管电压 120 kV,管电流250 mA,旋转时间每圈 0.5 s,准直宽度 64 ×0.625 mm,重建层厚 0.6 mm,重建层距 0.42 mm,螺距 1.014 mm,视野 350 mm,矩阵 512 ×512,扫描结果以 Dicom 格式输出刻录光盘保存。随后将保存好的 Dicom 数据导入相关工作站进行三维重建:①将 Dicom 数据导入 Syngo. via Client 工作站,以最大密度投影(MIP)的方式重建;②将 Dicom 数据导入 Mimics 19.0 软件进行三维重建。

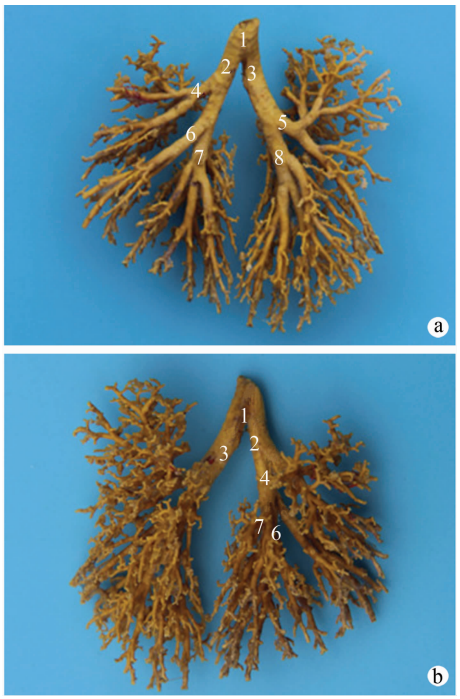
2 结果

2.1 胎儿肺支气管树的结构特点

观察胎儿肺支气管树的铸型标本,结果如下:制作好的支气管树管道充盈饱满,粗细分明,能够清晰显示胎儿肺支气管的分支形态。前面观可见胎儿肺支气管树分 3 ~7 级,二级支气管为叶支气管,可以清晰地观察到各支气管的分支,走行方向分明。胎儿肺支气管的管径较细长,各支气管的分叉角度小,导致各分支走行的方向比较贴近,其中左下肺支气管和右下肺支气管的各底段完全粘连在一起。后面观可见各细小支气管较密集,但支气管树的各级分支层次分界明显,可以清晰地观察到粘连支干发出的部位及其支干的疏密程度(图 1)。

2.2 胎儿肺支气管树 MIP 重建的图像

将 CT 扫描的断层图像数据导入 Syngo. via Client 工作站,以最大密度投影法(MIP)的方式进行三维重建(图 2)。重建图像能够清晰地显示支气管腔内造影剂的密度,并无伪影。可以通过不断地改变窗宽、窗位来调节不同密度值显示支气管树的情况,并对其解剖结构进行分析。调节的阈值如下:①调节 WL 为 108 HU、WW 为 1956 HU 时,在此阈值下,可显示支气管树的全貌,其形态与管道铸型的形态相一致,可以清晰地观察到主干及其分支的支气管树,但此时支气管树的终末端支干比较密集、紧凑,有些甚至粘连成小团块状,不便于观察。②调节 WL 为 - 148 HU、WW 为 806 HU 时,此阈值下的支气管树可以观察主枝干以及各分支的一部分,通过调节窗宽、窗位发现,部分支气管分支没有显示或不能够完全显影,且出现噪点。③调节 WL 为 76 HU、WW 为 644 HU 时,在此阈值下,主要显示胎儿肺支气管的主干部分,减少各分支出现的噪点带来的视觉干扰却不影响观察各主干部分的走行,可以观察到各段支气管树的支干,清晰地显示粘连部分的分支及其发出的部位。



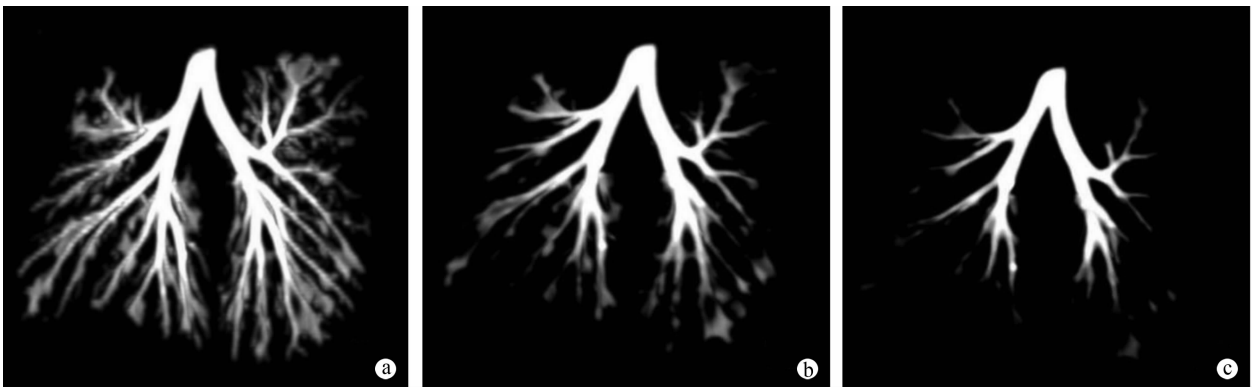
a:前面观;b:后面观 1:气管;2:右主支气管;3:左主支气管;4:右上叶支气管;5:左上叶支气管;6:右中叶支气管;7:右下叶支气管;8:左下叶支气管

图 1 34 周胎儿肺支气管树铸型图

2.3 胎肺支气管树 Mimics 的三维可视化图像

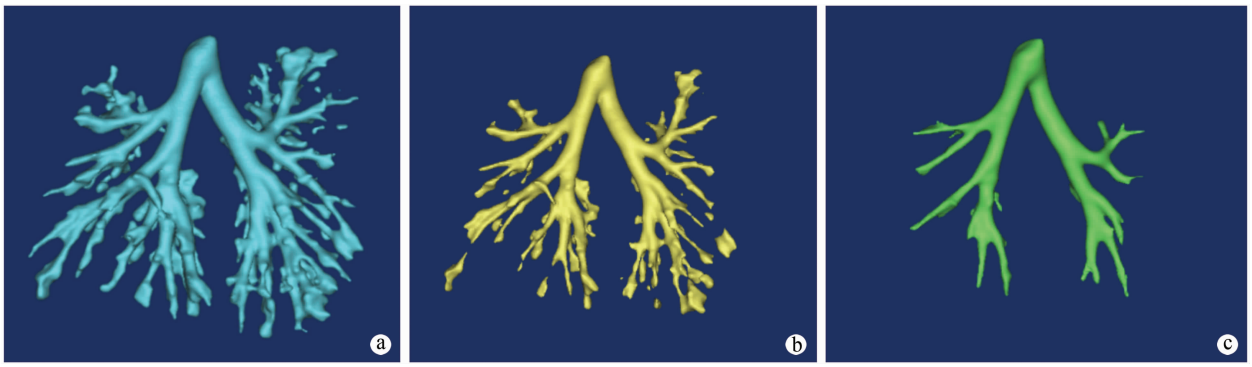
将 Dicom 数据导入 Mimics 19.0 进行胎儿肺支气管树三维重建。该三维重建的图像与铸型标本的形态相一致,能够清晰展示胎儿肺支气管的全貌,各级支气管树支的走行及分布明显,可直观地观察到各支气管树的细支,图像逼真、立体感强(图 3)。还可以在三维空间内以任意角度、任意比例缩放观察,且可对感兴趣支气管树的分支部分进行分离后仔细观察。同时可通过阈值分割的方法来选取不同密度的支气管树进行观察,例如:①调节阈值为 - 703 ~2 519 HU 时,在此阈值下能够较好地显示支气管树的形态,该三维模型外形美观。走行清晰,各支干的连接自然,无噪点。②调节阈值为 - 514 ~2 519 HU时,通过阈值的增大,密度

也相应增大,因此支气管树的部分分支没有显示出来,在支气管树的末端出现毛躁点。③将阈值调到-304~2 519 HU时,随着阈值的调高,密度也相应增大,支气管树的终末端的分支以及噪点消失,只显示支气管树的主要支干。



a:WL:108 HU/WW:1956 HU;b:WL:-148 HU/WW:806;c:WL:76 HU/WW:644 HU

图2 34周胎儿肺支气管树最大密度投影法(MIP)三维图像



a:阈值为-703~2 519 HU;b:阈值为-514~2 519 HU;c:阈值为-304~2 519 HU

图3 34周胎儿肺支气管树三维可视化模型

3 讨论

3.1 CT重建三维图像与Mimics重建三维模型

最大密度投影(MIP)显示管道铸型效果较清晰且无伪影,因此本研究主要用CT图像后处理方式重建最大密度投影(MIP)[5-7]。最大密度投影(MIP)重建的原理是将所投射的经线经过容积组织的最大强度CT值进行投影成像,主要表现组织间的密度差的情况。MIP利用投影成像将三维信息投影成三维图像,并将最大密度的像素保留,可以通过不断地调节窗宽、窗位显示不同时期密度值的胎儿肺支气管树显示形态,并可以任意轴为支撑点旋转至各角度,各方位观察其解剖结构,能够较直观地显示组织内部的情况,并在临床诊断方面广泛运用[8]。MIP重建的胎儿肺支气管树可清晰地观察到其管道的走行及各细支气管树的分布,可为解剖形态学提供科学的依据。本研究利用MIP重建的图像可以显示3~5级分支,伪影较少,可以任意角度旋转并做相应的标记,测量各支干管径的长度及其走向的角度,了解胎儿肺支气管树的生长发育情况。Mimics重建的原理是将Dicom断层切片数据中的三维信息在Mimics工作站中转化为数字三维模型。数据中的连续断层切片包含未知物体的三维信息,在Mimics工作站中重建出物体的数字三维重建模型。运用Mimics三维重建技术,可以很好地显示胎儿肺支气管的解剖结构,还可以在其平台上以任意角度观察,或是进行任意组合,且可在任意地方进行标注,运用于虚拟手术[9-10]。两者重建的过程都需要通过导入Dicom数据,都可以在各自平台上重建胎儿肺支气管树三维模型达到观察目的,但重建的效果各有优势。MIP重建可以直接在CT机自带的系统上进行,操作便捷,但由于对硬件设备要求高,不便于携带式观察,而运用Mimics三维重建技术进行三维重建刚好可以弥补这一不足,通过两者比较发现:①CT重建的三维图像只能在其工作站上重建,而Mimics三维重建的模型可在任意一台个人PC上重建,并且重建所需要的时间与MIP重建的时间相近。②CT重建的三维图像只能在其工作站上进行相关的研究,而Mimics三维重建的模型不仅可以在其平台上进行相关的研究,还可以利用3D打印机将其模型打印成实物模型,以便观

察及用于标本展览[11]。两种重建的方式所需要的 Dicom 数据均是基于管道铸型的基础上扫描的[12]。若是在大体标本上直接灌填充剂扫描,也可以重建出跟铸型标本一样的三维可视化模型,但容易受到周围软组织的影响,导致胎儿肺支气管解剖结构不完整,因此,结合铸型标本技术再进行三维重建的效果会更好。

3.2 胎儿肺支气管树三维重建的意义

本研究构建的胎儿肺支气管树的模型外形美观,立体感强,结构层次分明。与成人支气管树比较发现,胎儿支气管树的标本与成年人支气管树的分支形态、管径粗细以及走行方向略不相同:成年人的支气管各级分支分叉的角度较大,管径逐级变细,其分支走向与各肺段分界明显;而胎儿时期的肺还未发育成熟且体积小,支气管树的各级分支分叉还未分明,角度比成人的小,但各级分支的层次已有明显的分界,在其左。其右肺下叶支气管的底段有粘连。因此,胎儿肺支气管树三维重建有重要的意义:①通过制作不同周数的胎儿肺支气管树的三维重建模型,在三维重建的工作站上测量、比较、分析胎儿肺支气管的三维结构,并通过三维工作站测量胎儿肺支气管树生长数据,了解胎儿肺支气管树的发育情况,记录相关数据,可为胎儿肺支气管的生长发育提供有价值的参考。②制作胎儿肺支气管树铸型标本及三维重建的模型,清晰地呈现胎儿肺支气管树的走行及分布情况,可以为医学生们提供直观、立体的胎儿肺支气管树的解剖形态学资料,还可以将胎儿肺支气管树模型制作成动态模式运用于解剖学教学,增添医学生们的学习兴趣[13]。③将胎儿肺支气管树扫描的 Dicom 数据导入三维重建工作站进行三维重建,获得可以从任意方向旋转、缩放、移动的三维可视化模型,为导入数字化虚拟手术系统进行手术前模拟训练提供形态学基础。在虚拟手术系统中通过多次模拟对胎儿肺支气管树模型进行切割分离手术,可以为学员对肺部支气管的外科手术积累有关经验,巩固对外科手术相关知识的认知[14-15]。④构建胎儿肺支气管树三维模型可为胎儿宫内介入手术和胎儿外科提供解剖形态学资料,为虚拟胎儿手术奠定基础[16]。

3.3 展望及不足

本研究只采用 1 例标本做研究,展示两种三维重建方式的不同点,并利用其优势对胎儿肺支气管树的解剖结构进行观察。但是由于铸型标本制作过程中处理不当会损坏终末支气管树等细微结构,铸型制作技术有待提高;同时,也需利用三维重建技术尽可能保存最完整的胎肺支气管树的数据,为胎儿肺支气管树的解剖结构提供最精准的研究资料。

[参考文献]

[1] 尹邵丽,吴 瑛. 胎儿气管与支气管的超声应用进展[J]. 中华超声影像学杂志,2014,23(6):535 - 538. doi:10.3760/cma.j.issn.1004 - 4477.2014.06.020.

[2] 黄儒霖. 经纤维支气管镜篮形异物钳在儿童隐匿性支气管异物取出术围术期护理中的应用[J]. 国际护理学杂志,2018,37(3):430 - 432. doi:10.3760/cma.j.issn.1673 - 4351.2018.03.044.

[3] 朱逸馨,张 华. 早产儿新型支气管肺发育不良研究进展[J]. 中国当代医药,2018,25(8):27 - 30. doi:10.3969/j.issn.1674 - 4721.2018.08.009.

[4] 黄海龙,杨海敏,杨廉柏,等. 环保型人体管道铸型填充剂的实验研究[J]. 现代生物医学进展,2012,12(4):652 - 655. doi:10.13241/j.cnki.pmb.2012.04.062.

[5] 陈光祥,漆 军,唐光才,等. 64 层螺旋 CT 多种后处理技术对肺静脉影像学评价的价值[J]. 实用放射学杂志,2011,27(7):1017 - 1020. doi:10.3969/j.issn.1002 - 1671.2011.07.011.

[6] 黄海龙,符伟平,龚达聪. 猪肺支气管树三维可视化模型的构建及意义[J]. 局解手术学杂志,2016,25(1):8 - 10. doi:10.11659/jjssx.09E015126.

[7] 黄娟颖,黄 维,黄 飞. 64 排多层螺旋 CT 重建技术(VR、MIP)及多普勒超声在诊断颈内动脉狭窄程度中的作用分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2016,14(12):19 - 22. doi:10.3969/j.issn.1672 - 5131.2016.12.007.

[8] 许崇永,周翔平,邓开鸿,等. 门静脉高压侧支循环的螺旋 CT 表现[J]. 临床放射学杂志,1999,18(5):280 - 282. doi:10.3969/j.issn.1001 - 9324.1999.05.007.

[9] 苏秀云,刘蜀彬. Mimics 软件临床应用计算机辅助外科入门技术[M]. 北京:人民军医出版社,2011:117 - 125.

[10] 胡辉莹,何忠杰,吕丽萍,等. 应用 Mimics 软件辅助重建人体胸廓三维有限元模型的研究[J]. 解放军医学杂志,2008,33(3):273 - 275. doi:10.3321/j.issn:0577 - 7402.2008.03.010.

[11] 林 林,陈莉智,黄文华,等. 3D 打印技术在骨科关节中的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志,2019,36(1):121 - 124. doi:10.3969/j.issn.1005 - 202X.2019.01.024.

[12] 苏卓经,黄海龙. 小型猪头颈部动脉血管的解剖结构与三维建模[J]. 中国比较医学杂志,2018,28(5):95 - 99. doi:10.3969/j.issn.1671 - 7856.2018.05.017.

[13] 黄启明,刘其礼. 基于 CT 的胎儿双侧肾动脉三维重建[J]. 局解手术学杂志,2017,26(6):455 - 457. doi:10.11659/jjssx.01E017017.

[14] 王云华,黄信刚,杨立萍,等. 螺旋 CT 气管支气管三维重建技术的临床价值[J]. 中华结核和呼吸杂志,2002,25(1):58 - 59. doi:10.3760/j:issn:1001 - 0939.2002.01.019.

[15] 高洪林,张 超,程云为. 踝关节骨折数字化虚拟手术设计系统的建立及其临床应用[J]. 江苏医药,2018,44(10):1156 - 1159. doi:10.19460/j.cnki.0253 - 3685.2018.10.018.

[16] 张 蔼,孙 越,陈涛涛,等. 孕 26 周胎儿肺动脉闭锁宫内介入治疗 1 例并文献复习[J]. 精准医学杂志,2018,33(4):292 - 294. doi:10.13362/j.jpmed.201804003.

(编辑:魏 源)