

文章编号:1004-7220(2009)03-0228-05

雌兔泌尿生殖系统动脉血管网模型的构建

陈春林^a, 黄睿^a, 李泽宇^b, 刘萍^a, 刘畅^b, 洪辉文^b, 吴坤成^b, 钟光明^b,
胡杰威^b, 李鉴轶^b, 欧阳振波^a, 唐雷^b, 钟世镇^b
(南方医科大学 a. 南方医院 妇产科; b. 临床解剖学研究所, 广州 510515)

摘要:目的 探讨应用不同浓度灌注液、不同灌注通道构建雌兔泌尿生殖系统动脉血管网模型的方法,为数字化人体泌尿生殖系统动脉血管网模型的构建提供技术基础。方法 配制浓度分别为20%、10%和8%的过氧乙烯灌注液,分别经腹主动脉(A组)和腹主动脉+股动脉(B组)进行灌注,制成雌兔泌尿生殖系统动脉血管网铸型标本后,观察评估其血管的表达。结果 以不同浓度灌注液及灌注通道构建的雌兔泌尿生殖系统动脉血管网模型,其动脉血管网的表现效果有明显差异:(1)高浓度(A、B)组显示的动脉分支有明显中断现象,填充剂分布不均匀,主要显示大的动脉主干,细小动脉分支难以显示;(2)中浓度(A、B)组能清晰显示动脉主干走行及分布,血管网较完整且显示清晰,分支无明显断裂现象,但B组血管网显示更饱满;(3)低浓度(A、B)组灌注后能清晰显示动脉主干走行,但未梢动脉血管网显示过密,部分呈聚集现象,分层显示不够清晰。结论 采用10%浓度的过氧乙烯灌注液,分别经腹主动脉和股动脉同时灌注,能清晰显示完整饱满、分支无明显断裂的血管网。

关键词: 雌兔; 泌尿生殖系统; 血管铸型; 过氧乙烯; 数字化

中图分类号: R318 文献标志码: A

Construction of arterial network model of female rabbit genitourinary system

CHEN Chun-lin^a, HUANG Rui^a, LI Ze-yu^b, LIU Ping^a, LIU Chang^b, HONG Hui-wen^b,
WU Kun-cheng^b, ZHONG Guang-ming^b, HU Jie-wei^b, LI Jian-yi^b, OUYANG Zhen-bo^a,
TANG Lei^b, ZHONG Shi-zhen^b.(a. Department of Obstetrics and Gynecology, Nan Fang Hospital; b. Department of Anatomy, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: Objective To explore the method with different concentrations of perfusion fluid and different ways of infusion in construction of the arterial network model of female rabbit genitourinary system, trying to provide some technical foundation for the arterial network of digital human genitourinary system. **Method** Three different concentrations of chlorinated poly vinyl chloride, 20%, 10% and 8% respectively, were prepared for perfusion fluid to construct the female rabbit genitourinary arterial network system through the abdominal aorta (group A) and abdominal aorta and bilateral femoral artery (group B) which were two ways of infusion, and then to analyze the expression of the cast specimens' blood vessels. **Result** With different concentrations of fillers and through different ways of infusions, the arterial vascular network models of female rabbit genitourinary system showed a significant difference in performance: (1) the model of high concentration group resulted in obvious interrupted branches and uneven distribution. It could only show the main arteries, but imperfectly for the small artery branches showing, (2) the model of middle concentration group could show the main

收稿日期:2008-11-28; 修回日期:2009-01-14

基金项目: 国家高技术研究发展(863)计划(2006AA02Z343, 2006AA01Z310); 广东省科技计划(2006B60101037); 广州市科普项目(2008KP001); 广东省自然科学基金(8151051501000021)。

作者简介: 陈春林(1963-), 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 妇科肿瘤及微创介入治疗。

通讯作者: 唐雷, 高级工程师, E-mail: vch@fimmu.com。

arterial course with no significant imperfect branches; and the distribution of vascular network is full and clear, (3) the model of low concentration group could show the main arteries clearly but too many peripheral or distal branches had overmuch gathered together. **Conclusions** The model constructed with the 10% vinyl chloride infusion liquid and through the abdominal aorta and bilateral femoral arteries simultaneously could clearly display the full arterial vascular network.

Key words: Female rabbit; Genitourinary system; Corrosion cast; Chlorinated poly vinyl chloride; Digital

基于高分辨人体结构数据集的人体生理组学研究^[1]标志着数字人研究进入生理人研究阶段。生理组学研究的目的是为了建立一套完善的人体生理模型系统,并用于生理学及临床医学的仿真与模拟,为相应的实验科学提供有效的模拟与分析方法^[2]。多层次和局部器官及组织的人体生理组学建模是人体生理组学研究的基本手段之一。至今为止,世界上已完成公布的通过冰冻切片完整人体获得的人体数据集共 15 个,分别由美国、韩国和中国^[3,4]完成。这些数据集中只有中国数字人男性 1 号是 2 200 万像素的高分辨数据集^[5,6],女性数据集因缺乏细节特征只能显示大体形态结构,未能显示细小结构如动脉血管网,而泌尿生殖系统动脉血管网是妇产科中研究的一个重要部分,其涉及动脉化疗和动脉栓塞等多方面。目前,有关女性泌尿生殖系统动脉血管网模型的构建在国内外尚未见相关报道。因此,构建数字化人体泌尿生殖系统动脉血管网模型,无论对于数字人和数字医学在临床的应用还是进行人体生理组学的研究都显得尤为重要。

血管铸型技术是研究血管精细结构的有效方法^[7,8]。采用血管铸型技术制作女性盆腔动脉血管网的模型,可全面、真实地反映盆腔动脉的立体构筑形式,利于研究动脉及其分支的分布范围和交通吻合情况,为进一步研究女性泌尿生殖系统动脉血管网的精细解剖结构及了解盆腔内部动脉的解剖特点提供技术平台,为临床提供血管形态学依据。为制作能全面真实表达女性泌尿生殖系统动脉血管网的铸型,通过对雌兔泌尿生殖系统动脉血管网铸型的制作研究,解决灌注液浓度及灌注通道这两个决定铸型质量的关键问题。

1 材料和方法

1.1 材料准备

选取 6 只成年新西兰雌性大白兔(由南方医科

大学实验动物中心提供),体重 2.2 ~ 2.5 kg,随机分为 3 组,每组 2 只。实验前准备常规手术器械,不同口径的玻璃插管,各种规格注射器,3% 戊巴比妥钠注射液,12 万 U/2 mL 肝素钠,红色油画颜料,37% 浓盐酸等。血管灌注液由过氯乙烯、乙酸乙酯及邻苯二甲酸二丁酯配制而成。

1.2 实验操作步骤

1.2.1 灌注液的配制及浓度分组 将过氯乙烯以不同浓度配制三组:高浓度组(20%)、中浓度组(10%)和低浓度组(8%);每组随机选取两只兔子分别经腹主动脉(A组)、腹主动脉和双侧股动脉(B组)灌注。

1.2.2 血管插管 麻醉成功后,经兔耳缘静脉注入 12 万 U/2 mL 肝素钠 2 mL。沿腹白线纵行切开腹壁,将肠腔推向上方,暴露腹主动脉、髂总动脉及其分支。A 组为腹主动脉插管,B 组为腹主动脉和双侧股动脉插管。暴露腹主动脉后,在兔腹主动脉分叉处上方斜形剪一小切口,选择合适口径的玻璃插管插入腹主动脉,用丝线结扎插管近心端。沿腹股沟区切开皮肤分离出双侧股动脉,插管方法同上。动脉成功插管后,选取合适口径的玻璃插管插入下腔静脉,丝线结扎插管近心端。

1.2.3 血管灌注 灌注方法按不同灌注液及灌注通道分为高浓度(A、B组)、中浓度(A、B组)及低浓度组(A、B组)。插管成功后,动脉插管远心端分别接上抽有 0.9% NaCl 的注射器,分别从动脉注入用来冲洗血管,至下腔静脉流出清澈液体,同时肉眼观察腹盆腔脏器表面颜色变白时停止灌注。按分组要求分别灌注已配制好的血管灌注液,观察阴道、子宫、附件及膀胱表面血管充盈的情况,随着灌注液的注入可见脏器表面红色填充剂显示出血管的走行形态,至阴道、子宫、附件及膀胱表面血管不能再显影,手感阻力较大时停止灌注(避免动脉破裂)。

1.2.4 截取标本 灌注后在室温下存放 6 h,待填

充剂完全硬化后,截取阴道、子宫、双附件、膀胱及部分直肠。

1.2.5 腐蚀和冲洗 将截取后的标本放于有机玻璃容器内,用37%浓盐酸进行腐蚀,3天后取出标本置流水下缓慢冲洗,待组织物冲洗干净后,将标本置于空气干燥。

1.2.6 标本修整 冲洗时细小的血管分支容易断裂,记准断支原来所在的位置用原色灌注液进行粘接修复。拍片观察模型的血管分支分布情况及充盈情况,有无断裂等。

2 结果

2.1 高浓度 A 组(20%过氧乙烯,单纯腹主动脉灌注)

以20%过氧乙烯经腹主动脉在体灌注后截取的标本,组织表面可见血管主干充满红色填充剂。腐蚀后构建的血管模型可见子宫动脉及阴道动脉的主干,但对动脉血管网显示不佳,未能显示子宫动脉血管网及其至输卵管、卵巢的分支,并出现血管断裂现象(见图1(a)、(b))。

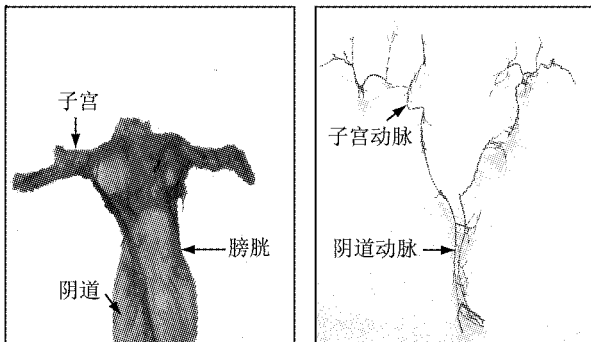


图1 灌注后腐蚀前、后标本

Fig.1 Specimen before and after etching

2.2 高浓度 B 组(20%过氧乙烯,腹主动脉 + 双侧股动脉灌注)

以20%过氧乙烯经腹主动脉和双侧股动脉在体灌注后截取的标本,组织表面可见血管主干充满红色填充剂。腐蚀后同级动脉灌注不均匀,出现明显断裂现象,血管网的正常解剖位置出现变动,只显示大的动脉主干,血管网未能显示,血管分层显示不清晰(见图2(a)、(b))

2.3 中浓度 A 组(10%过氧乙烯,单纯腹主动脉灌注)

以10%过氧乙烯经腹主动脉在体灌注后截取

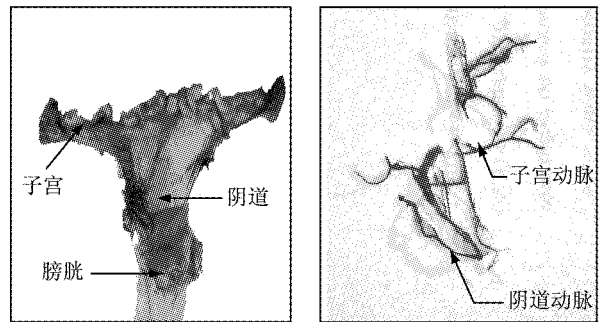


图2 灌注后腐蚀前、后标本

Fig.2 Specimen before and after etching

的标本,组织表面(尤其是子宫、膀胱)可见血管充满红色填充剂。腐蚀后的铸型标本能清晰显示雌兔泌尿生殖系统动脉的解剖形态,子宫动脉、阴道动脉的血管网显示清晰,能形成密集的动脉血管网,尤其是较小的血管分支显示效果较好,断裂较少,灌注较为均匀(见图3(a)、(b))。

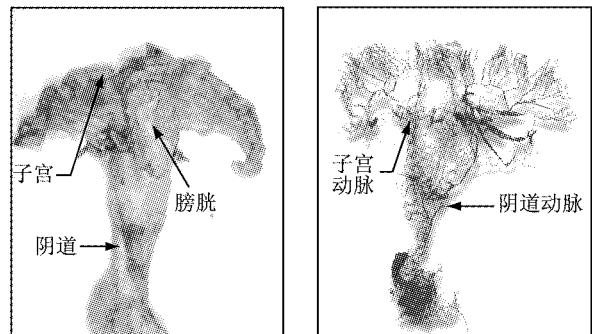


图3 灌注后腐蚀前、后标本

Fig.3 Specimen before and after etching

2.4 中浓度 B 组(10%过氧乙烯,腹主动脉 + 双侧股动脉灌注)

以10%过氧乙烯经腹主动脉和双侧股动脉在体灌注后截取的标本,组织表面(尤其是阴道、子宫、卵巢、膀胱)可见血管充满红色填充剂,与单纯由腹主动脉灌注的标本血管显示更清晰。腐蚀后的铸型标本能清晰显示雌兔泌尿生殖系统动脉血管网的形态轮廓,子宫及卵巢的动脉血管网显示清晰,能形成密集的动脉网,尤其是较小的血管分支显示效果较好,断裂较少,灌注较为均匀,与单纯从腹主动脉灌注比较,血管网显示更为致密、饱满(见图4(a)、(b))。

2.5 低浓度 A 组(8%过氧乙烯,单纯腹主动脉灌注)

以8%过氧乙烯经腹主动脉在体灌注后截取的标本,组织表面(尤其是子宫、卵巢、膀胱)可见血管

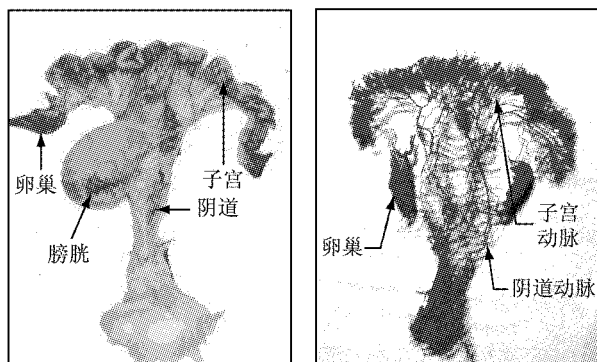


图4 灌注后腐蚀前、后标本

Fig.4 Specimen before and after etching

充满红色填充剂,血管较为密集,标本显示红染。腐蚀后的血管模型较难清晰分辨组织结构,因灌注液过稀,动脉显示过密,铸型血管分支粘连,难以识别细小血管分支(见图5(a)、(b))。

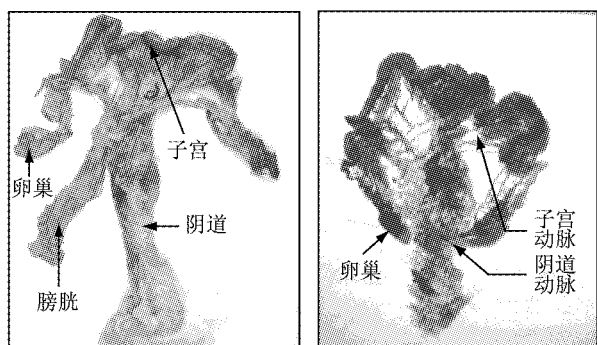


图5 灌注后腐蚀前、后标本

Fig.5 Specimen before and after etching

2.6 低浓度 B 组(8%过氧乙烯,腹主动脉+双侧股动脉灌注)

以8%过氧乙烯经腹主动脉和双侧股动脉在体灌注后截取的标本,组织表面(尤其是阴道、子宫、卵巢、膀胱)可见血管充满红色填充剂,血管网显示较致密。铸型血管显示不清晰,较难清晰分辨细小血管网,因灌注液过稀,动脉显示过密,难以识别血管分支,有分支血管浓集现象(见图6(a)、(b))。

3 讨论

3.1 目前数字化女性盆腔模型构建的现状和缺陷

2004年瑞典的 Bajka^[9]等利用美国 VHP 非特异性数据集进行了女性盆腔模型的重建,但对盆腔脏器的血管系统无法清楚地显示。单锦露^[10,11]等

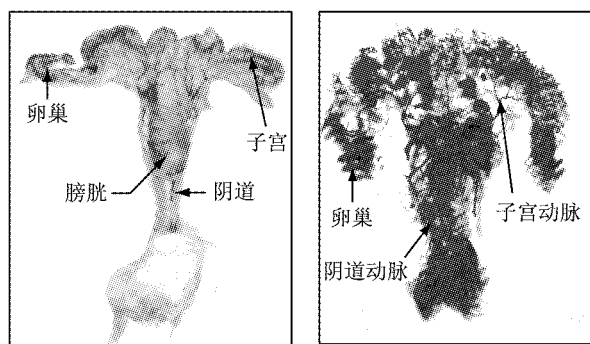


图6 灌注后腐蚀前、后标本

Fig.6 Specimen before and after etching

应用中国女性人体数据集构建了中国人女性盆腔可视化数字模型,并对皮肤、骨骼、盆底肌肉、大部分的盆腔脏器、盆腔内主要动静脉(髂血管)主干等在内的结构进行了重建。目前依据数字人非特异性数据集构建的数字化女性盆腔模型,虽然已经能够粗略地显示女性骨盆外形、盆腔大血管、主要脏器的外观形态以及盆底肌性结构,具有立体三维和可视化的特点,但仍无法分辨出血管的精细结构。美、韩国家数字人数据集由于未对血管灌注标识,无法重建血管,而我国“数字化虚拟人体”是采用非特异性建模方法对全身血管进行灌注,虽能显示盆腔血管的形态,但受灌注液粘滞性、流动性和灌注压力及部位的限制,不能够表达所有的分支血管,尤其对盆腔泌尿生殖系统的动脉血管网(如子宫动脉血管网及其分支)的显示效果不精细,不能满足生理组学研究以及教学和临床医疗工作中应用需要。因此,清楚地显示盆腔内各脏器血管网是构建的难点和重点。

3.2 血管铸型技术为研究盆腔动脉血管网提供了一个新的平台

血管铸型技术是解剖学标本制作的一项专门技术,铸型标本可以三维显示器官内血管的形态,尤其能显示细小血管的分支分布和交通吻合情况,具有三维立体感强、构型美观、色泽鲜艳的特点,为构建女性盆腔动脉血管网模型提供了一个技术平台。但因盆腔各级血管分支既复杂又精细,且形态的变化多种多样,需要对血管网以及制作铸型标本时灌注液及灌注通道的选取进行特异性研究^[12,13],为此,先通过动物实验构建雌兔泌尿生殖系统动脉血管网模型,为人泌尿生殖系统动脉血管网模型的构建提供基础。

血管铸型显示有几个基本要求:动脉显示范围适中,血管网灌注饱满完全,不宜过密或过疏;不出现断裂,在冲洗过程中血管网形态不易变形;不因灌注过密而影响血管结构的分辨。根据器官组织的形态特点和研究观察的目的要求不同,灌注液的配制也不同。溶剂挥发凝固成型法是制作血管模型的常用方法之一,填充剂常选择过氯乙烯。过氯乙烯是一种理想的动脉显示灌注液,溶解性较好,有利于铸型标本的加工操作,耐热、耐老化和耐化学性能优良;乙酸乙酯是一种较好的有机溶剂,挥发性能好,填充剂成型速度快;邻苯二甲酸二丁酯是增塑剂,有良好的增塑性、低挥发性、相容性和耐溶剂性。

根据不同脏器、不同血管管径及灌注要求,过氯

乙烯的浓度配制有差异,为此采用不同浓度灌注液及灌注通道构建雌兔泌尿生殖系统动脉血管网模型并进行比较。腹主动脉血供支配广泛,是泌尿生殖系统动脉血管网铸型插管的首选通道。从腹主动脉灌注后,能显示灌注液从髂总动脉、髂内动脉进入子宫动脉,由于压力的存在,能够清晰显示子宫、输卵管、卵巢、膀胱及直肠的血管分支。考虑到灌注压力也是血管铸型的关键因素之一,因此,考虑通过腹主动脉及双侧股动脉灌注以增加灌注压力及血管填充程度,以比较经腹主动脉及经腹主动脉和双侧股动脉两种灌注通道探讨血管网的显示情况。

实验结果表明,不同灌注液浓度及灌注通道构建的动脉血管网模型肉眼观察有明显差异(见表1)。

表1 不同灌注液浓度及灌注通道构建的动脉血管网模型比较

Tab.1 Comparison of the arterial network models constructed with different perfusion fluid and infusion channels

灌注液浓度	灌注通道	血管网表现			
		末梢动脉显示	分支中断	填充剂分布	分层显示
高浓度 (20%)	腹主动脉	无	明显	尚均匀	差
	腹主动脉 + 双侧股动脉	无	明显	不均匀	差
中浓度 (10%)	腹主动脉	清楚	不明显	均匀	良好
	腹主动脉 + 双侧股动脉	清楚且饱满	不明显	均匀	良好
低浓度 (8%)	腹主动脉	过密	少数	不均匀	不清晰
	腹主动脉 + 双侧股动脉	过密	少数	不均匀	不清晰
结论	采用10%浓度的过氯乙烯灌注液经腹主动脉 + 股动脉同时灌注血管网显示满意				

选择合适浓度的灌注液及灌注通道构建雌兔泌尿生殖系统动脉血管网模型,可显示血管的精细结构及其分支分布和交通吻合情况,为人泌尿生殖系统动脉血管网模型的构建提供技术基础,为临床解剖学研究提供血管形态学依据。

参考文献:

- [1] 刘谦,吴博,曾少群,等.基于高分辨人体结构数据集的人体生理组学研究[J].自然科学进展,2008,18(2): 230-235.
- [2] Crampin EJ, Halstead M, Hunter PJ, et al. Computational physiology and the physiome project. *Experimental Physiology*, 2004, 89(1): 1-26.
- [3] Spitzer VM, Scherzinger AL. Virtual anatomy: an anatomist's playground[J]. *Clin Anat*, 2006, 19(3): 192-203.
- [4] Suk chung M. Visible Korean human: Improved serially sectioned images of the entire body [J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2005, 6: 6563-6.
- [5] 唐雷,李泽宇,刘畅,等.构建高分辨率中国数字人男性数据集[J]. *医用生物力学*, 2006, 21(3): 179-182.
- [6] Li AnAn, Liu Qian, Zeng Shaoqun, et al. Construction and visualization of high-resolution three-dimensional anatomical structure datasets for Chinese digital male I [J]. *Chinese journal of clinical anatomy*, 2006, 24(3): 292-294.
- [7] 唐雷,原林,黄文华,等.“虚拟中国人”(VCH)数据采集技术研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2002, 20(5): 324-326. 27.
- [8] 洪辉文,李泽宇,吴坤成,等.肝内胆道铸型的设计改进[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2007, 25(1): 109.
- [9] Bajka M, Manestar M, Hug J, Székely G, Haller U, Groscurth P. Detailed Anatomy of the Abdomen and Pelvis of the Visible Human Female [J]. *Clinical Anatomy*, 2004, 17(3): 252-260.
- [10] 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): 337-39.
- [11] 单锦露,张绍祥,谭立文.盆腔动脉三维重建研究及其临床意义[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2007, 4(5): 388-391.
- [12] 李志华.人体铸型标本的设计和制作[M].广州:华南理工大学出版社,1992: 4~49.
- [13] 傅群武,王兴海,刘畅,等.“虚拟中国人”建模动脉灌注液浓度的选择[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2002, 20(5): 332-333.