

## 新西兰大白兔脊髓血供的解剖学研究<sup>\*</sup>

杨平亮<sup>1</sup>, 张 鹏<sup>2</sup>, 朱 涛<sup>2</sup>, 叶 菱<sup>3△</sup>

1. 四川大学华西第二医院 麻醉科(成都 610041); 2. 四川大学华西医院 麻醉科(成都 610041);

3. 四川大学华西医院 疼痛科(成都 610041)

**【摘要】 目的** 了解新西兰大白兔脊髓血供的节段性特点,为新西兰大白兔选择性麻醉模型的建立提供解剖学基础。**方法** 采用甲基丙烯酸甲酯血管铸型方法,观察于第12胸椎至第1腰椎(T12~L1)水平结扎主动脉,并于一侧股动脉进行血管灌注后,红色有机物在脊髓的分布范围。**结果** 当肝脏上部的下腔静脉及T12~L1水平主动脉被结扎后,通过一侧股动脉进行血管灌注时,有机颜料主要分布于腰骶段脊髓,并且最高不会超过胸髓中段(T9)。**结论** 吸入麻醉药也会随着股动脉的血流进入腹主动脉,最后选择性作用于腰骶段脊髓。这为后续的新西兰大白兔选择性麻醉模型的建立提供解剖学基础。

**【关键词】** 新西兰大白兔 脊髓 血管铸型

新西兰大白兔的脊髓血供具有同节段性特点,即节段性根动脉参与同节段脊髓血液供应<sup>[1-2]</sup>。在腰段脊髓,这种根动脉又称为腰动脉,它们直接发源于腹主动脉,并和相对应的脊神经根一起由椎间孔进入椎管,营养同节段脊髓<sup>[3-4]</sup>。腰动脉、脊神经根和椎间孔是严格对应的。正是由于其独特的脊髓血供特点,新西兰大白兔是脊髓缺血再灌注损伤的理想动物模型<sup>[5-6]</sup>,其中肾动脉以下腹主动脉阻断法<sup>[7]</sup>及多条腰动脉阻断法<sup>[5-6]</sup>最为常用。

甲基丙烯酸甲酯,又称有机玻璃单体,通过聚合反应生成高分子有机化合物——聚甲基丙烯酸甲酯。单体是液态,而聚合物是固态。单体甲基丙烯酸甲酯具有良好的流动性,可以在封闭的小血管腔内充分延展和充盈。加入引发剂或者升高温度,可以激发单体发生聚合成型反应。加入有色颜料的甲基丙烯酸甲酯灌注入机体后,发生聚合反应,并逐渐塑化成型。经过2周福尔马林溶液的固定后,通过观察组织颜色,来研究局部血供分布<sup>[8]</sup>。

本研究拟采用甲基丙烯酸甲酯血管铸型方法,探讨于第12胸椎至第1腰椎(T12~L1)水平结扎主动脉、并于一侧股动脉进行血管灌注后,红色有机物在脊髓的分布范围,为后续的新西兰大白兔选择性麻醉模型的建立提供解剖学基础。

### 1 对象与方法

#### 1.1 实验动物

四川大学实验动物管理委员会批准后,选择体质量为2.5~3.0 kg,无脊柱畸形,神经、运动系统功能障碍的成年雄性6只新西兰大白兔进行实验。

#### 1.2 实验器械及药品

手术器械:小止血钳5把、弯头组织剪2把、眼科剪

1把、持针器1把、咬骨钳1把(以上手术器械均来自上海医疗器械集团有限公司手术器械厂,上海),3-0、1号手术丝线若干(强生中国医疗器材有限公司,上海)。

试剂:甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸丁酯、甲醛、过氧化苯甲酰、甲醛溶液(以上试剂均来自成都市科伦化工试剂厂,成都)、3%戊巴比妥(默克公司,德国)。

其他:恒温水浴箱(常州智博瑞仪器制造有限公司,常州)、恒压输注泵(浙江大学医学仪器有限公司,杭州)、14G静脉留置针(贝朗医疗上海国际贸易有限公司,上海)、压力延长管若干(深圳市益心达医学新技术有限公司,深圳)、有盖锥形瓶、烧杯、动物剃毛器、Pebeo牌多色油画颜料(法国)。

#### 1.3 单体甲基丙烯酸甲酯的预聚合

将甲基丙烯酸甲酯75 mL、甲基丙烯酸丁酯20 mL及红色油画颜料5 mL放入锥形瓶中,再加入2 g过氧化苯甲酰(引发剂),充分搅拌溶解。放入65℃水浴锅水浴加热,大约20 min,甲基丙烯酸甲酯单体开始发生聚合,混合物逐渐出现一定黏性。此时注意调节预聚合时间和温度,用一根玻璃棒插入混合物中,随即将玻璃棒垂直提离液面,观察玻璃下端液滴的数目。在预聚合过程中,如出现3~4滴时,应立即停止水浴加热,随后将锥形瓶放入4℃冰箱过夜。血管灌注前,将锥形瓶65℃复温5 min后,迅速放入冰盒,备用。

#### 1.4 血管铸型过程

动物过量戊巴比妥安乐死后,将14G静脉留置针放入一侧股动脉,留作下肢有机颜料灌注通道。取腹部正中切口,在T12~L1水平结扎主动脉。在肝脏上部的下腔静脉放入14G静脉留置针,作为下肢血液的流出口。用恒压输注泵,在80 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)恒压下,将红色预聚合单体由股动脉处灌入新西兰大白兔下半身。当下腔静脉口持续有红色颜料流出时,停止灌注。结扎血管开口处,将动物浸泡在体积分数为10%的甲醛溶液中固定2周。

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金(No. 81200865)资助

<sup>△</sup> 通信作者, E-mail: zerodq\_hx@163.com

## 2 结果

6 只新西兰大白兔中,1 只由于灌注过程中产热过多,红色油画颜料预聚合甲基丙烯酸甲酯时提前发生聚合反应,导致铸型失败。其余 5 只血管铸型成功。

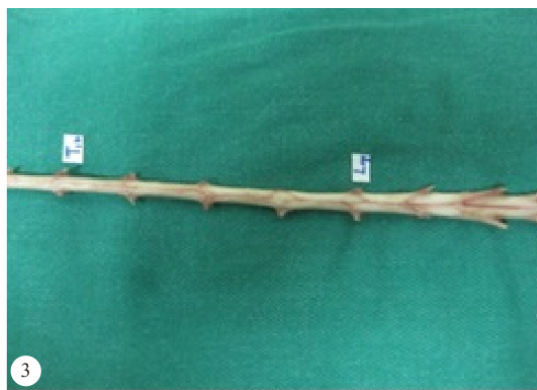


图 1 发自腹主动脉的腰动脉(正位)

图 2 发自腹主动脉的腰动脉(侧位)

图 3 脊髓血管铸型(T12 以下)

图 4 脊髓血管铸型(T9~T12)

铸型(T9~T12)

图 3、图 4 脊髓中间上下贯通的“红线”,即为被红色甲基丙烯酸甲酯填充的脊髓前动脉

## 3 讨论

血管铸型技术是解剖学标本制作的一项专门技术,是以人体的血管为模具,将有机填充剂注入血管,待填充剂硬化成型后,通过特殊方式清除掉周围组织后,留下的填充物就是血管铸型<sup>[9]</sup>。目前,溶剂挥发后凝固成型法和化学反应成型法是比较常用的方法。溶剂挥发后凝固成型法的优点是流动性好、血管灌注充分;缺点是溶剂挥发后填充物体积缩小较大、需要多次补灌、操作复杂、技术要求高<sup>[9-10]</sup>。甲基丙烯酸甲酯血管铸型是化学反应成型法最具代表性的一种。此种血管铸型方法流动性佳,比较容易灌注到微小血管,一次灌注即可,无须多次灌注,是电镜扫描铸型标本制作的首选方法<sup>[9-11]</sup>。

血管灌注前,需要先将单体甲基丙烯酸甲酯加热至预聚合状态。制备预聚合单体过程中,切勿温度过高及加热时间过长,并随时监测预聚合单体的黏度变化,因为单体太过黏稠时会导致小血管的灌注不足。血管灌注过程中感觉注射阻力较大或者产热过多时应停止灌注,防止单体提前发生爆发性聚合反应。本研究灌注过程中,1 只新西兰大白兔便由

如图 1、图 2 所示,发自于腹主动脉的腰动脉由椎间孔穿入,营养相应脊髓节段。当在 T12~L1 水平结扎主动脉时,红色颜料主要集中在 T12 以下的脊髓区域(图 3)。分析 5 只脊髓血管铸型模型,红色颜料最高可以到达 T9 水平(图 4)。

于提前发生的爆发性聚合反应而导致铸型失败。甲基丙烯酸甲酯具有刺激性气味,最好在通风柜内进行操作。

脊髓的血液供应主要来自于脊髓前、后动脉和节段性根动脉。脊髓前动脉在脑桥附近起自两侧的椎动脉,汇合后下行于脊髓前正中裂,沿途不断接受节段性根动脉的血流。脊髓后动脉有左、右 2 条,起自同侧椎动脉,沿两侧脊髓后外侧沟下行<sup>[12-13]</sup>。节段性根动脉来源比较复杂,颈段、胸段、腰段及骶段脊髓的节段性根动脉来源各不相同,主要有锁骨下动脉、肋间动脉、腰动脉及骶外侧动脉。节段性根动脉随脊神经根,由椎间孔进入椎管,汇入脊髓前、后动脉来营养脊髓<sup>[12-14]</sup>。其中,最粗大的一支根动脉,又称为大根动脉或者 Adamkiewicz 动脉,是下半段脊髓唯一的根动脉,对维持腰骶段脊髓的血液供应有着重要作用<sup>[12,15-17]</sup>。新西兰大白兔与人体的脊髓血液循环有着相似性,但是同时更具独特性:①同节段性特点,每一个节段脊髓的血供来源于同节段的根动脉,并且根动脉、脊神经根和椎间孔是严格对应的<sup>[1]</sup>。图 1 和图 2 显示了腰动脉(腰段脊髓的根动脉为腰动脉)与椎间孔严格的对应关系。②发自腹主动脉的腰动脉是新西兰大白兔腰段脊髓的主要血供来源<sup>[3-4,18-19]</sup>。由于独特的脊

髓血供特点,新西兰大白兔是脊髓缺血再灌注损伤的理想动物模型<sup>[5-7]</sup>。如图 3 所示,当肝脏上部的下腔静脉及 T12~L1 水平主动脉被结扎,通过一侧股动脉进行血管灌注时,红色有机颜料会分布于脊髓。并且在脊髓的分布是有选择性的,主要集中在腰骶段,最高可以到达 T9 水平。我们仔细观察就会发现,从 T12 水平以上,红色颜料逐渐变浅,并变得断断续续。这些数据都为下一步模型的建立提供了解剖学理论基础。

综上所述,在新西兰大白兔中,当肝脏上部的下腔静脉及 T12~L1 水平主动脉被结扎后,通过一侧股动脉进行血管灌注时,有机颜料主要分布于腰骶段脊髓,并且最高不会超过胸髓中段(T9)。也就是说,吸入麻醉药也会随着股动脉的血流进入腹主动脉,最后选择性作用于腰骶段脊髓。本研究为后续新西兰大白兔选择性麻醉模型的建立提供了解剖学基础。

参 考 文 献

[1] MAZENSKY D, RADONAK J, DANKO J, *et al.* Anatomical study of blood supply to the spinal cord in the rabbit. *Spinal Cord*,2011,49(4):525-528.

[2] GOUAZE A, SOUTOUL JH, CASTAING J. Arteries of the spinal cord of experimental animals. V. The functional territory of the rabbit vertebral artery studied by means of neurotropic biologic fluorescents. *Pathol Biol*,1965,13(15):723-734.

[3] 宋启民,费昶,杨卫忠,等.兔腰动脉对脊髓的供血特点及价值. *中华显微外科杂志*,2012,35(6):482-484.

[4] 宋启民,杨卫忠,陈春美.兔子脊髓缺血动物模型建立的解剖学基础. *中国神经精神疾病杂志*,2010,36(7):429-431.

[5] YU QJ, WANG YL, ZHOU QS, *et al.* Effect of repetitive ischemic preconditioning on spinal cord ischemia in a rabbit mode. *Life Sci*,2006,79(15):1479-1483.

[6] KAKIMOTO M, KAWAGUCHI M, SAKAMOTO T, *et al.* Evaluation of rapid ischemic preconditioning in a rabbit model of spinal cord ischemia. *Anesthesiology*,2003,99(5):1112-1117.

[7] ZIVIN JA, DEGIROLAMI U. Spinal cord infarction: a highly reproducible stroke model. *Stroke*,1980,11(2):200-

202.

[8] 戴正寿.铸型标本的制作//解剖学标本制作技术.上海:复旦大学出版社,2008:150-169.

[9] 潘雪梅.人体血管铸型技术的研究进展. *解剖与临床*,2012,17(2):169-172.

[10] 周倩.甲基丙烯酸甲酯的聚合及铸型研究. *口腔颌面外科杂志*,2011,21(3):176-180.

[11] MURAKAMI T, FUJITA T, HINENOYA H. A modified method for vascular casting and scanning electron microscopy: its utility in the demonstration of rat pancreatic insulo acinar and other blood vascular systems. *Arch Histol Cytol*,1992,55(Suppl):233-238.

[12] 孙其志,任先军.根动脉的解剖特点与脊髓缺血的关系. *中国脊柱脊髓杂志*,2005,15(9):556-559.

[13] 曾燕,赵建农,宋彬.脊髓 Adamkiewicz 动脉及其影像学评价. *国外医学(临床放射学分册)*,2005,28(5):337-339.

[14] 李梅杰,杨振军,孔祥玉.椎间孔及椎管内脊髓节段性动脉解剖学研究进展. *承德医学院学报*,2006,23(4):406-408.

[15] 徐强,代远斌.胸腰段脊髓动脉的解剖学. *解剖学杂志*,2011,34(2):253-256.

[16] KOSHINO T, MURAKAMI G, MORISHITA K, *et al.* Does the Adamkiewicz artery originate from the larger segmental arteries? *J Thorac Cardiovasc Surg*,1999,117(5):898-905.

[17] KUDO K, TERAIE S, ASANO T, *et al.* Anterior spinal artery and artery of Adamkiewicz detected by using multi-detector row CT. *AJNR Am J Neuroradiol*,2003,24(1):13-17.

[18] KOCOGULLARI CU, BECIT N, ERKUT B, *et al.* Prevention of reperfusion injury of the spinal cord in aortic surgery: an experimental study. *Surg Today*,2008,38(3):237-244.

[19] IYORI K, KAMIYA K, SUZUKI O, *et al.* Identification of the critical spinal arteries with F wave-polysynaptic response complex monitoring: an experimental study. *J Vasc Surg*,2001,34(2):330-336.

(2015-10-25 收稿,2016-02-16 修回)  
编辑 吕 熙