

## · 实验研究 ·

### 环保型人体管道铸型填充剂的实验研究

黄海龙<sup>1</sup> 杨海敏<sup>2</sup> 杨廉柏<sup>2</sup> 林金莲<sup>2</sup> 邹锦慧<sup>1</sup> 叶茂盛<sup>1</sup>

(1 肇庆医学高等专科学校解剖学教研室 广东 肇庆 526020 2 肇庆医学高等专科学校 2009 级临床医学专业 广东 肇庆 526020)

**摘要** 目的 探讨环保型人体管道铸型填充剂的应用效果。方法 通过对 CYD-128 型环氧树脂进行增韧改性制备的填充剂,在灌注时根据管道粗细不同,只需调整填充剂中 LNBR-26 的用量(比例)即可。灌注成人管道时,采取[CYD-128:LNBR-26=100:(20~24)]比例填充剂和不同配制比例交替灌注方法;灌注小儿管道时,采取(CYD-128:LNBR-26=100:22)比例填充剂灌注。并观察它们的铸型效果。结果:制作出的成人上、下肢动脉铸型标本细疏有致,能够清楚地观察到上肢桡动脉、尺动脉及它们的掌浅弓和掌深弓,下肢胫前动脉及其足背动脉网和胫后动脉及其足底动脉网。制作出的胎儿全身动脉铸型标本疏密有度,精细美观,不仅充分地显示胎儿脉管系统的完整性和连续性,还直观地展示全身主要动脉和其骨骼的立体结构及毗邻关系。结论:应用本填充剂制作出的铸型标本,不但具有环保、主干刚性强及细小分支柔韧性好等特点,而且经济成本低。

**关键词**:铸型填充剂;人体管道;环保;液态丁腈橡胶-26

**中图分类号** R318.08 **文献标识码** A **文章编号** 1673-6273(2012)04-652-04

### Experimental Research on the Environment-Friendly Canal Cast Filler of Human Body

HUANG Hai-long<sup>1</sup>, YANG Hai-min<sup>2</sup>, YANG Lian-bo<sup>2</sup>, LIN Jin-lian<sup>2</sup>, ZOU Jin-hui<sup>1</sup>, YE Mao-sheng<sup>1</sup>

(1 Department of Human Anatomy, Zhaoqing Medical College, Zhaoqing, 526020, China;

2 Zhaoqing Medical College, Zhaoqing, 526020, China)

**ABSTRACT** Objective: To investigate application effect of the environment-friendly canal cast filler of human body. Methods: The filler had been given based on toughening modification of CYD-128 epoxy resin, according to different thickness of the canal perfusion, it was only to adjust the LNBR-26 amount (proportion) of the filler. It took the [CYD-128:LNBR-26=100:(20~24)] proportion of filler and different proportion of alternate perfusive methods to perfuse adult canals; And it also took the (CYD-128:LNBR-26=100:22) proportion of filler to perfuse children canals. The casting results of them were observed. Results: The upper and lower extremity artery cast specimen were in fine thin, which could be clearly observed in adult. The whole fetal body artery cast specimen was in beautiful shape, which not only show the integrity and continuity in vascular system, but also show the three-dimensional structure and adjacent to the relationship between the main arteries of whole body and its bones. Conclusion: The cast specimen of using the filler, which not only have the characteristics of environment-friendly, strong rigidity in trunk and good flexibility in small branch, but also has the low of economic cost.

**Key words**: Cast filler; Canal of human body; Environment-friendly; LNBR-26

**Chinese Library Classification (CLC)**: R318.08 **Document code**: A

**Article ID**: 1673-6273(2012)04-652-04

#### 前言

化学工业的飞跃发展,促进人体解剖学铸型技术迅速发展,不断涌现出许多不同性质的铸型填充剂。目前,国内常用铸型填充剂主要包括自凝牙托材料、过氯乙烯、环氧树脂和 ABS 等,但在实际应用过程中,各种铸型填充剂均有其优缺点,其主要表现在铸型标本支撑力、柔韧性和环保等方面。环氧树脂是聚合物基复合材料应用最广泛的基体树脂之一,具有耐热性好、机械强度高及收缩率低等良好综合力学性能,广泛应用于

人体解剖学铸型技术。作者曾撰文介绍采用改良环氧树脂制作人体管道铸型标本的技术方法<sup>[1-4]</sup>,铸型标本效果比较理想。随着环保理念的深入,我们在原有改良环氧树脂填充剂的基础上,进行对环氧树脂增韧改性,使成型后的铸型标本不仅具有主干支撑力强、细小分支柔韧性好、精细美观及收缩率低等特点,还更突出铸型填充剂环保特性。现简述如下。

#### 1 材料与方法

##### 1.1 填充剂配制

CYD-128 型环氧树脂 100ml、液态丁腈橡胶(LNBR-26) 20~24 ml、聚丙二醇二缩水甘油醚(RF-PPGDGE400) 35~40 ml、三(二甲氨基甲基)苯酚(DMP-30) 15ml、改性聚醚胺环氧树脂固化剂 ZY-1784 45ml、环氧树脂高性能增韧改性剂

本研究材料已经申报专利,专利申请号 201010274655.X

**作者简介** 黄海龙 (1980-) 男,本科,讲师,研究方向:人体血管铸型与临床应用。E-mail: haima0758@163.com, Tel: 0758-2857587

(收稿日期 2011-08-10 接受日期 2011-09-05)

(RF-400) 40~45ml。且  $(\text{RF-PPGDGE400}+\text{RF-400}) \leq 80\text{ml}$  (CYD-128 型环氧树脂 100ml)。

具体配制方法:①用 50ml 规格塑料注射器抽取 CYD-128 型环氧树脂 100ml(冬天粘度稍大,可适当加热至 40~50℃)注入 400ml 烧杯中,然后用 50 ml 规格塑料注射器抽取 LNBR-26 20~24ml(粘度较大,需要加热至 120~130℃)注入烧杯中。同时也用 50ml 规格塑料注射器抽取 RF-PPGDGE400 35~40ml 注入烧杯中并用玻璃棒开始均匀搅拌。②在上述①搅拌过程中,分别用 20ml 规格塑料注射器抽取 DMP-30 15ml 和用 50 ml 规格塑料注射器抽取环氧树脂固化剂 ZY-1784 45ml 同时注入烧杯中,且也加入适量不同颜色脂溶性颜料(根据灌注管道不同而定,动脉-红色,静脉-蓝色,气管-白色或无色,肝管-绿色等),并继续充分搅拌均匀,观察到混合液似流水样即可。③最后用 50ml 规格塑料注射器抽取 RF-400 35~40ml 注入烧杯混合液中,继续均匀搅拌 5~10min 后,静置 5~8min 则成为环保型人体管道铸型填充剂。

## 1.2 铸型标本制作过程

1.2.1 取材 分别选取一具新鲜成人一侧上、下肢和一具新鲜 34W 引产胎儿(死后 6h 以内,剪断脐带并去除胎盘),按常规分别用清水清洗干净标本表面的血迹等处理<sup>[5-6]</sup>,然后将标本按解

剖学位置平卧摆放。

1.2.2 插管和冲洗 由于成人和胎儿血管直径不同,其插管和冲洗的方法也不相同,具体操作是:①成人:分别于锁骨下动脉或腋动脉(上肢)和股动脉(下肢)插管后,直接用自来水连接插管冲洗,控制好水压,直至肢体膨胀且末端组织变白为止。②胎儿:沿标本前正中中线切开胸骨,打开胸腔和心包,找到升主动脉,并于升主动脉根部稍上方切开一小口并向远心端插管(采用一次性静脉输液针,去掉针头),用 502 胶水滴注固定插管处,多次滴注加固。然后用 50ml 塑料注射器反复多次抽取 40~50℃ 温热水注入冲洗升主动脉,直至脐静脉端流出无色液体和标本四肢末端组织变白即止。

1.2.3 灌注及后期处理 将冲洗后标本静置 8~12h 后,分别对成人和胎儿按不同配制比例灌注红色环保型填充剂。标本灌注好后静置 12~18h,待填充剂充分硬化后先后放入双氧水溶液和氢氧化钾溶液进行腐蚀,10~18d 后拿出标本冲洗,酌情进行修剪等处理,拍照后瓶装保存。

## 2 结果

灌注不同年龄管道的填充剂配制体积比见表 1。

表 1 不同年龄管道的填充剂配制体积比(ml)

Table 1 Volume ratio of canal cast filler preparation at different ages (ml)

Classify	CYD-128	LNBR-26	RF-PPGDGE400	DMP-30	ZY-1784	RF-400
Adult canals *	100	20~24	35~40	15	45	40~45
Children ** canals	100	22	35~40	15	45	40~45

Note: The canals including vascular, bronchial, hepatic duct and pancreatic duct, etc; The children including fetal and infant.

由表 1 可知,用表 1 [CYD-128:LNBR-26=100:(20~24)] 比例填充剂制作成人血管铸型标本,肢体的动脉铸型标本细疏有致,能够清楚地观察到上肢桡动脉、尺动脉及它们的掌浅弓和掌深弓,下肢胫前动脉及其足背动脉网和胫后动脉及其足底动脉网(图 1、2)。用表 1 (CYD-128:LNBR-26=100:22) 比例填充剂制作小儿血管铸型标本,疏密有度,精细美观,不仅充分地显示胎儿循环系统的完整性和连续性,还直观地展示全身主要动脉和其骨骼的立体结构及毗邻关系(图 3)。



图 1 成人上肢动脉铸型标本

Fig.1 Upper extremity artery cast specimen of adult



图 2 成人下肢动脉铸型标本

Fig.2 Lower extremity artery cast specimen of adult

## 3 讨论

### 3.1 填充剂各种基料的理化性质及作用

3.1.1 CYD-128 型环氧树脂环氧当量为 184~194g/eq, 粘度 mpa.s(25℃), 分子量 11000~14000, 具有环氧值高、黏度低、色泽浅和流动性好等特点, 广泛应用于人体管道的基础浇注料。

3.1.2 RF-PPGDGE400 和 RF-400 既可高效地增加 CYD-128 型环氧树脂柔韧性, 又可稀释填充剂以降低其黏度, 增加其流动性(黏度值越小, 其流动性越好), 便于灌注。两者在填充剂配制中的主要作用有: ①  $(\text{RF-PPGDGE400}+\text{RF-400}) \leq 80\text{ml}$  (CYD-128 型环氧树脂为 100ml), 它们均与 CYD-128 型环氧树脂有极好的相溶性, 能够提高填充剂耐冲击、耐压缩及抗开裂等物理机械性能, 使填充剂具有较好的硬度, 支撑力强。②两者均对 CYD-128 型环氧树脂有增韧改性和稀释双重功能<sup>[7-8]</sup>, 可完全取代二甲苯、丙酮及邻苯二甲酸二丁酯等有毒性试剂, 具有环保、无毒及无刺激性等特点。③RF-PPGDGE400 与 ZY-1784 相溶性好, 并参与环氧树脂固化反应。在固化反应中, RF-PPGDGE400 通过自由旋转分子结构中的可挠性脂肪长链, 使环氧树脂固化体系交联结构中的柔性网络比例增加, 从而提高填充剂的柔韧性, 降低内应力, 极大地提高其抗冲击强度和抗冷热冲击性能, 改善环氧固化物的脆裂缺陷。④RF-400 可完全参与环氧树脂的固化反应。首先, 在固化反应中成为环氧树



图3 胎儿全身动脉铸型标本(A) 胎儿头颈部动脉铸型标本(B)、胎儿左上肢动脉铸型标本(C)

Fig.3 Whole fetal body artery cast specimen

脂固化物交联网络结构的一部分,从而替代部分环氧树脂基料,有效地降低固化环氧树脂体系的成本。其次,可显著延长填充剂初凝时间(延长约1/4~1/3)和降低固化时放热峰值,使环氧树脂固化反应平稳。最后,在临灌注前加入,可有效消除填充剂配制时产生的气泡,完全替代环氧树脂消泡剂,使制作出的铸型标本内部结构不出现“鱼眼”或“空洞”现象。

3.1.3 LNBR-26 是一种新型低分子液体增韧剂和增塑剂,呈微黄色、透明和无味,粘度 mpa.s 350(23℃),分子量 3000~3500。与环氧树脂相容性好,其各种官能团可分别与环氧树脂及胺类固化剂等相互作用形成各种结构的塑性体材料,且无需预反应。在环氧树脂固化过程中析出丁腈橡胶微粒,与固化环氧树脂形成分散相,即形成利于增强、增韧及分布均匀的“海岛结构”<sup>[9-12]</sup>。使固化后填充剂在受一定外力作用发生变形时,能够迅速复原,特别对铸型标本细小分支效果明显,表现出良好的物理力学性能和化学稳定性。在填充剂配制中,只有当丁腈橡胶的用量为 20~24ml(CYD-128 型环氧树脂为 100ml)时环氧树脂固化体系才表现出明显的增韧效果和刚性的硬度。但是当橡胶用量继续增加时,则分散相应增大,这对环氧树脂固化体系反而起到了破坏作用,导致填充剂强度下降。

3.1.4 DMP-30 为淡黄色透明液体,沸点约 250℃,具有胺臭味,既可作为环氧树脂固化剂,又作为环氧树脂固化高效促进剂,且与环氧树脂固化剂聚胺类的兼容性好。在常温环氧树脂固化体系中发挥的主要作用有:①降低固化反应温度,以避免环氧树脂固化体系在固化时出现暴聚,即反应过于剧烈,形成硬质的填充剂。②促进环氧树脂固化体系由粘流态转变为体型交联网络结构,明显提高了填充剂的强度,支撑力好。

3.1.5 ZY-1784 是一种无溶剂改性聚醚胺环氧树脂固化剂,具有黏度低、色泽浅等特点。与环氧树脂配比时显示良好的工作和表面特性,特别在高湿度条件下固化也不发生表面白化和油面现象<sup>[13]</sup>。ZY-1784 固化时在一定程度上降低了环氧树脂固化体系的交联密度,形成较为松散的网络结构,分子运动更为容易,从而使体系的柔韧性增加<sup>[14-15]</sup>。当其用量为 45ml 时(CYD-128 型环氧树脂为 100ml),体系明显表现为形成的交联网络刚度大(支撑力强)和柔韧性好等特点,且固化放热峰值低。若 ZY-1784 的用量大于 45ml 时(CYD-128 型环氧树脂为 100ml),固化产物由之前的无色透明变为乳白色,且出现油面现象。

### 3.2 应用填充剂制作标本的经验与体会

3.2.1 灌注成人血管时,由于血管粗细不一,需要调整填充剂中 LNBR-26 的用量(比例)。一般情况下,先灌注一定量高浓度(CYD-128:LNBR-26=100:24)的填充剂,然后再灌注低浓度(CYD-128:LNBR-26=100:20)的填充剂,感觉阻力大时即停止灌注。在后者(低浓度填充剂)灌注压力作用下,推动前者(高浓度填充剂)至细小血管或末梢,使前者停留在这些细小血管中,具有很好的柔韧性,不易折断。而后者则停留在大中血管段,具有刚性的硬度,支撑力强。这样通过不同配制比例交替灌注方法,使制作出的铸型标本具有主干刚度强和末梢柔韧性好等特点。

3.2.2 灌注小儿血管时,由于小儿血管为中小管道,特别是胎儿,管径差别不大, LNBR-26 的用量以 22ml(CYD-128 型环氧树脂为 100ml)为宜,这样制作成的铸型标本主干保留一定刚度,且细小分支具有良好的柔韧性。

### 3.3 填充剂的优点

经过多次实验观察,环保型人体管道铸型填充剂具有以下优点:①配制容易,即用即配,操作简便。一次灌注即可完成,不需补注,灌注不够时可立即配制(5min 内即配好)。②填充剂初凝时间为 5~6h,完全凝固时间为 12~14h。③根据管道粗细不同,调整 LNBR-26 的用量(比例),并采取不同配制比例交替灌注方法,使制作出的铸型标本具有主干刚度强和末梢柔韧性好双重特点。④RF-400 在固化反应中起到替代部分环氧树脂基料和消泡剂作用。⑤填充剂各基料均为无毒或微毒性,在固化反应中无毒性刺激气体产生,突出环保性。⑥与油画颜料混溶性好,色泽鲜艳且不褪色。⑦理化性能好,耐酸碱腐蚀性强。⑧来源广泛,价格低廉,容易在化工商店购买。

总之,应用本填充剂制作出的铸型标本具有环保、主干性强及细小分支柔韧性好等特点,且经济成本低。同时,铸型标本不仅可为临床应用和医学教学提供三维立体构筑的血管模型,还为肿瘤血管分布研究、三维手术等提供技术支持,具有很高临床应用价值。

### 参考文献(References)

- [1] 黄海龙,周立.改良环氧树脂在肢体管道铸型标本中的应用[J].解剖与临床,2006,11(5):359  
Huang Hai-long, Zhou Li. Application of modified epoxy resin in limb canal cast specimen[J]. Anatomy and Clinics, 2006,11(5):359
- [2] 黄海龙.改良环氧树脂的几点改进[J].解剖学杂志,2006,29(3):封2

- Huang Hai-long. Some improvements in modified epoxy resin [J], Chinese Journal of Anatomy, 2006, 29(3): cover 2
- [3] 黄海龙, 刘临, 应美红, 等. 改良环氧树脂在脏器铸型标本中的应用 [J]. 解剖学杂志, 2005, 28(4): 470
- Huang Hai-long, Liu Lin, Ying Mei-hong, et al. Application of modified epoxy resin in organ cast specimen [J]. Chinese Journal of Anatomy, 2005, 28(4): 470
- [4] 黄海龙, 晏细元, 廖晓明. 改良环氧树脂在管道铸型中的应用 [J]. 解剖学研究, 2004, 26(4): 307
- Huang Hai-long, Yan Xi-yuan, Liao Xiao-ming. Application of modified epoxy resin in canal cast specimen [J]. Anatomy Research, 2004, 26(4): 307
- [5] 谢正兰, 李莉, 向长和, 等. 升主动脉插管法制作婴幼儿全身动脉铸型 [J]. 现代生物医学进展, 2009, 9(4): 737-738
- Xie Zheng-lan, Li Li, Xiang Chang-he, et al. The method of making whole infant body artery cast specimen by ascending aorta cannulation [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2009, 9(4): 737-738
- [6] 李忠华, 王兴海. 解剖学技术 [M]. 第 2 版, 北京: 人民卫生出版社, 1997, 137-143
- Li Zhong-hua, Wang Xing-hai. Anatomy technology [M]. Second edition, Beijing: People's medical publishing house, 1997, 137-143
- [7] K.P. Unnikrishnan, Eby Thomas Thachil. Effect of Phenol/Formaldehyde Stoichiometry on the Modification of Epoxy Resin Using Epoxidized Novolacs [J]. International Journal of Polymeric Materials, 2006, 55(4): 385-398
- [8] Huang ZF, Tan ST, Wang XY. Modification of an o-cresol formaldehyde epoxy resin by the thermotropic liquid crystalline polymer [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 97 (4): 1626-1631
- [9] Junying Zhang, Yanyan Zhai, Hyun-Joong Kim. The Miscibility of Novel Bisphenol-Propylene Epoxy Resin With Liquid NBR [J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2008, 22(10): 1181-1196
- [10] 买淑芳, 方文时, 杨伟才, 等. 海岛结构环氧树脂材料的抗冲磨试验研究 [J]. 水利学报, 2005, 36(12): 1498-1502
- Mai Shu-fang, Fang Wen-shi, Yang Wei-cai, et al. Experimental study on abrasion resistant performance of epoxy resin with sea island structure [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36(12): 1498-1502
- [11] Tsung-Han Ho, Chun-Shan Wang. Modification of epoxy resin with siloxane containing phenol aralkyl epoxy resin for electronic encapsulation application [J]. European Polymer Journal, 2001, 37(2): 267-274
- [12] 张健, 韩孝族. 液体橡胶增韧环氧树脂 / 咪唑体系的形态与力学性能 [J]. 应用化学, 2005, 22(12): 1333-1337
- Zhang Jian, Han Xiao-Zu. Morphology and Mechanical properties of Cured Epoxy Resin/Imidazole System Toughened by Liquid Rubber [J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2005, 22(12): 1333-1337
- [13] 刘小嶺. 聚醚胺和脂环胺的性能及固化行为研究 [D]. 北京化工大学, 2008
- Liu Xiao-di. The Research of Properties and Curing Behaviors of Polyethoxyamines and Isophoronediamine [D]. Beijing University of Chemical Technology, 2008
- [14] Gyung Guk Kim, Joung Ah Kang, Sun-Jae Kim. Surface modification of glass epoxy resin using the photocatalytic reaction in TiO<sub>2</sub> dispersed solution [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2008, 499 (1): 184-187
- [15] David Schaubroeck, Johan De Baets, Tim Desmet, et al. Introduction of amino groups on the surface of thin photo definable epoxy resin layers via chemical modification [J]. Applied Surface Science, 2009, 255 (21): 8846-8854

(上接第 658 页)

- [3] Uthoff HK, Poitras P, Backman DS. Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments [J]. J Orthop Sci, 2006, 11 (1): 118-126
- [4] Zheng Qian, Liu Lei, Wei Shicheng, et al. Experimental research with animal on super-high molecular weight Poly-DL-lactic acid internal fracture-fixing system used to treat mandible fracture [J]. West chin j Stom, 2002, 20(4): 286-288 (In chinese)
- [5] TANG Jian-fang, ZHANG Wei-qiong, LIU Jian-hua. The clinical application of absorbable plates for the fixation of maxillofacial fractures [J]. Stomatology, 2009, 29(11): 614-615 (In chinese)
- [6] LI Yu-zeng. The application of absorbable plates in the mid-facial fracture [J]. Beij Med Journ, 2008, 30(6): 376-377 (In chinese)
- [7] Coletti DP, Salama A, Caccamese JF. Application of intermaxillary fixation screw in maxillofacial trauma [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2007, 65(9): 1746-1750
- [8] Stacey DH, Doyle JF, Mount DL, et al. Management of mandible fractures [J]. Plast Reconstr Surg, 2006, 117(3): 48-60
- [9] Ho KS, Tan WK, Loh HS. Casereports: The use of intermaxillary screws to achieve intermaxillary fixation in the treatment of mandibular fractures [J]. Ann Acad Med Singapore, 2000, 29(4): 534-537
- [10] WANG Qin-ning, SONG Zhi-feng. Intermaxillary traction titanium screw and miniature titanium plate in treating jawbone fracture [J]. J Traum Surg, 2010, 12(5): 455-456 (In Chinese)
- [11] Gibbons AJ, Hodder SC. A self-drilling intermaxillary fixation screw [J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2003, 41(1): 48-49
- [12] Fitton A, Gibbons AJ, Hodder SC. Intermaxillary fixation using drill-free screws [J]. Ann Plast Surg, 2003, 50(1): 104-105