

先天性心脏病封堵器治疗随访过程中彩色多普勒超声的应用

张敏, 谷翔, 许向东, 王冰

Color Doppler ultrasound in the follow-up of occluder-treated congenital heart disease

Zhang Min, Gu Xiang, Xu Xiang-dong, Wang Bing

Abstract

BACKGROUND: Currently, occluders, instead of traditional surgeries, are used for treatment of atrial septal defect, ventricular septal defect, patent ductus arteriosus due to congenital heart disease. As a result, color Doppler ultrasound is widely used in the follow-up of occlusion therapy.

OBJECTIVE: To assess the value of color Doppler ultrasound in the follow-up of occluder-treated congenital heart disease.

METHODS: The first author performed an electronic retrieve of Wanfang database for articles related to the follow-up of occluder-treated congenital heart disease published from January 1999 to December 2009. The keyword were "color ultrasound, congenital heart disease, atrial septal defect, ventricular septal defect, patent ductus arteriosus, occluder". Repetitive articles, reviews and Meta analysis were excluded, and finally 24 articles were included in the result analysis.

RESULTS AND CONCLUSION: The appropriate occluder was chosen according to defect size and distance between the defect and the right coronary aortic valve measured based on echocardiography and left ventricular angiography. Selection of cases with appropriate indications by using color Doppler ultrasound was the key to successful occlusion. The Amplatzer occluder made of superelastic nickel-titanium memory alloy had a good biocompatibility and safety. During the follow-up of 3-5 years, patients receiving the implantation of the Amplatzer occluder showed no adverse effects, and the occluder position was fixed and did not shift. During the treatment of congenital heart disease with occluders, color Doppler ultrasound plays an important role in preoperative examination, intraoperative monitoring and postoperative follow-up.

Department of
Ultrasound, Affiliated
Hospital of Jiujiang
University, Jiujiang
332000, Jiangxi
Province, China

Zhang Min, Associate
chief physician,
Department of
Ultrasound, Affiliated
Hospital of Jiujiang
University, Jiujiang
332000, Jiangxi
Province, China
jxjzhangmin@
163.com

Received: 2010-12-21
Accepted: 2011-03-12

Zhang M, Gu X, Xu XD, Wang B. Color Doppler ultrasound in the follow-up of occluder-treated congenital heart disease. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(16):3013-3016. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 目前先天性心脏病(先心病)房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭的封堵器治疗替代了传统的外科手术, 彩色多普勒超声(彩超)在封堵治疗随访中得到广泛应用。

目的: 评价彩超在先心病封堵器治疗随访过程中的应用价值。

方法: 由第一作者采用电子检索的方式, 在万方数据库(http://www.wanfangdata.com.cn/)中检索 1999-01/2009-12 有关先心病封堵器随访过程中彩超作用的文章, 关键词为“彩超, 先心病, 房间隔缺损, 室间隔缺损, 动脉导管未闭, 封堵器”。经检索共查到相关文献 50 余篇。经阅读标题、摘要、全文后, 排除内容重复、普通综述、Meta 分析类文章后筛选纳入 24 篇文献进行评价。

结果与结论: 封堵器选择根据超声心动图和左心室造影测量的缺损大小、距主动脉右冠瓣的距离, 选择合适的类型和大小, 选择较符合适应证的病例是封堵成功的关键。由记忆镍钛超弹性合金编织而成的 Amplatzer 先心病封堵器置入人体后, 具有良好的生物相容性及安全性, 封堵后 3~5 年内用彩超进行跟踪随访, 患者未出现明显不良反应, 封堵器位置固定, 无移位。于封堵前行彩超检查确定先心病封堵的适应证; 封堵过程中指导临床医生选择封堵器的大小, 观察封堵器的位置, 以及缺损部位有无残余分流; 封堵后随访治疗效果。在先心病封堵器治疗过程中, 彩超在封堵前检查、封堵过程中监测以及封堵后随访中均具有重要的应用价值。

关键词: 彩色多普勒超声; 先天性心脏病; 房间隔缺损; 室间隔缺损; 动脉导管未闭; 封堵器

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.16.039

张敏, 谷翔, 许向东, 王冰. 先天性心脏病封堵器治疗随访过程中彩色多普勒超声的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(16):3013-3016. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

九江学院附属医院
超声科, 江西省九
江市 332000

张敏, 女, 1964
年生, 江西省九
江市人, 汉族, 2003
年华东科技大学武
汉医学院毕业, 副
主任医师, 主要从
事心血管超声的研
究。
jxjzhangmin@
163.com

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:1673-8225
(2011)16-03013-04

收稿日期: 2010-12-21
修回日期: 2011-03-12
(20110301005/G·W)

0 引言

先天性心脏病(先心病)房间隔缺损、动脉导管未闭、室间隔缺损是一种发病率较高的心血管畸形。以往外科手术是治疗先心病的惟一方法, 随着临床上介入治疗的开展, 先心病封堵成为治疗先心病新的方法。在先心病封堵过程中, 彩色多普勒超声(彩超)得到了越来越广泛的应用。彩

超术前检查可确定先心病封堵的适应证患者; 术中指导临床医生选择封堵器的大小, 观察封堵器的位置, 观察缺损部位有无残余分流; 术后随访评价治疗的疗效, 在先心病封堵器治疗上, 彩超在术前检查、术中监测、术后随访中有重要的应用价值。

作者通过检索万方数据库 1999-01/2009-12 有关先心病封堵器随访过程中彩超的应用文章, 旨在评价彩超在先天性心脏病纳米封堵

器治疗随访过程中的应用价值。

1 资料和方法

1.1 纳入标准 ①不同材料封堵器的生物相容性。②封堵器随访过程中彩超的作用。

1.2 排除标准 重复研究、普通综述或Meta分析类文章。

1.3 资料提取策略 由第一作者采用电子检索的方式,在万方数据库(<http://www.wanfangdata.com.cn/>)中检索有关心病封堵器随访过程中彩超作用的文章,检索时间范围:1999-01/2009-12,关键词为“彩超,心病,房间隔缺损,室间隔缺损,动脉导管未闭,封堵器”。

1.4 检索结果及评价 经检索共查到相关文献50余篇。经阅读标题、摘要、全文后,排除内容重复、普通综述、Meta分析类文章后筛选纳入24篇文献进行评价。文献类型主要包括临床综述、述评、论著类文献21篇,个案报道2篇,动物实验1篇。

2 结果

2.1 Amplatzer封堵器的材料学特征 Amplatzer封堵器是由记忆镍钛超弹性合金编织而成的,内衬3层涤纶织物,双盘及腰部表面铺有海绵状高分子聚合材料,可自膨胀的蘑菇形,双盘形结构,两盘间为高分子纤维片以阻挡血流,促进血栓形成,关闭缺损。当心脏封堵器置入人体之后,如果其相容不良,可能会引发附近组织发炎,产生病变,造成溶血或凝血现象等。镍钛合金以其特有的形状记忆效应和超弹性以及良好的生物相容性、耐腐蚀性等特性成为了一种理想的生物金属材料,被广泛应用于置入材料的制作。

2.2 房间隔缺损的封堵治疗 采用Amplatzer封堵器治疗房间隔缺损是近年来新开展的一种介入疗法,Amplatzer封堵器由自膨胀特性双盘与连接双盘“腰部”组成,内充以聚脂膜的镍钛记忆合金编织而成,具有良好的可调性,位置及大小不合适释放前可完全收回^[1]。

其封堵治疗方法是选用美国AGA公司生产Amplatzer封堵器及输送系统。局部麻醉后经皮穿刺右股静脉插管,先行右心导管检查获取血流动力学资料。选用端孔导管经房间隔缺损至左上肺静脉,然后选用260 cm的交换导丝经导管至左上肺静脉,撤出导管及鞘管,在X射线透视下沿导丝送入测量球囊到左心房内,用1:3的泛影葡胺盐水球囊测量房间隔缺损的伸展直径,据卡标尺实测选用合适封堵器,装载于输送钢丝上沿鞘管送入左房内,在透视及彩超的监测下,先打开封堵器的左房侧伞,回撤至房间隔缺损的左房侧,然后固定输送导丝,继续回撤鞘管打开封堵器的右房侧伞,致

伞型良好,超声观察显示无分流或仅见少量分流,听诊杂音消失,确定位置良好后释放封堵器。随着彩超水平和经验的不断积累和提高,可以不完全依赖球囊测量,在彩超下判断选用Amplatzer封堵器,省略球囊测量,直接选用封堵器封堵。术前及术中彩超采用大血管短轴观、胸骨旁四腔观等监测封堵器与临近血管开口及瓣膜关系,评价封堵效果^[1-5]。

Amplatzer房间隔缺损封堵器有以下优点:能自轴旋转,可回收重新旋转,可附着房间隔的边缘小,输送鞘管小,适于小儿的房间隔缺损封堵,其腰部直径与房间隔缺损直径相匹配,不易发生移位,能封堵邻近二孔边缘的多发缺损;双盘结构恢复记忆形状后,可稳定封堵房间隔缺损的边缘部分,降低残余分流的发生率。

X射线与彩超在评价房间隔缺损封堵前后心脏大小、形态及肺血改变上互有优劣势,在心脏形态、肺血改变方面X射线优于彩超,在观测血液分流及房室内径方面彩超优于X射线,超声心动图与X射线相结合,可以从内到外、从形态到功能全面分析封堵术前后心脏改变情况,尤其是肺血的改变,对手术疗效做出正确评价。

2.3 单纯动脉导管未闭的封堵治疗

封堵器及输送系统:①Amplatzer封堵器是美国AGA公司产品,由多根镍钛合金丝编织成网状、具有自膨胀性能的蘑菇状封堵器,内缝3层高分子聚醋片,有5~16 mill 7种规格可供选用,通过6~8 F导管输送。②国产先健牌封堵器是深圳先健公司产品,由多条具有形状记忆功能和超弹性能的镍钛合金丝编制而成,动脉导管未闭封堵器其外形呈蘑菇状金属网,金属网内填充圆柱状聚氨脂海绵,起快速堵闭的作用。有4~24 mm多种规格可供选用,通过6-12 F导管输送。③弹簧圈选用的是Cook公司产品,其钢丝直径为0.96 mm,全部选用直径为5 mm的弹簧圈^[6]。

首先进行常规右心导管检查,测量右房、右室及肺动脉压力,再沿股动脉送入猪尾导管行主动脉弓降部侧位造影,观察动脉导管未闭形态、位置,并测量动脉导管未闭最窄处直径及漏斗部大小。先用右心导管由肺动脉试行通过动脉导管未闭进入降主动脉,成功后经导管放入加硬交换导丝到降主动脉;若导管难以通过动脉导管未闭时,则先将右心导管经主动脉端送至肺动脉,再放入普通交换导丝至肺动脉,经股静脉放入圈套器将其顶端套牢并拉至体外,建立导丝轨道,再沿轨道导丝经股静脉放右心导管至降主动脉,而后放入加硬交换导丝,建立股静脉-肺动脉-动脉导管未闭-降主动脉的输送轨道。按照比所测动脉导管未闭最窄处直径大3~5 mm的原则选取封堵器,并将其固定在传送装置上,选用Amplatzer封堵器或国产先健牌封堵器由患儿家长决定。沿加硬交换导丝将输送长鞘送至动脉导管未闭主动脉端,再沿长鞘将封堵器推送至鞘管顶端,先释放部

分蘑菇状封堵器前伞同时后撤传送器,到与动脉导管未闭水平的降主动脉位置时,全部释放蘑菇状封堵器前伞再后撤传送器,待蘑菇伞腰部通过动脉导管未闭最窄处并显示有一定压迹时,再将蘑菇状封堵器后伞完全推送至鞘管外,立即听诊心脏杂音消失,重复主动脉造影无残余分流或极少量分流时,释放封堵器。

主动脉弓降部侧位造影显示动脉导管未闭最窄处直径小于2 mm的用Cook公司的单个可控弹簧圈堵闭,5 F端孔弯头心导管自股动脉穿刺插入,逆行穿过动脉导管未闭达肺动脉,将弹簧圈接上推送钢丝从导管内送入,到位后在肺动脉内释放一两圈,然后心导管退至降主动脉,使剩余的弹簧圈释放在动脉导管未闭的主动脉侧。胸前区舒张期杂音应消失,重复主动脉造影无残余分流或极少量分流时,释放封堵器^[6-7]。

蘑菇伞封堵器似支架,固定于未闭导管内,其蘑菇状单盘封堵于动脉导管未闭的主动脉侧,不易发生脱落或移位,封闭完全,残余分流的发生率低。残余分流是影响动脉导管未闭介入治疗疗效的主要因素之一。目前认为,机械性溶血与残余分流的关系密切,而若残余分流持续存在,仍有发生感染性心内膜炎的危险性,因此对动脉导管未闭应尽量做到完全封堵,如封堵后出现残余分流应注意随访,以防止溶血和感染性心内膜炎的发生。

2.4 室间隔缺损的封堵治疗 常规10 g/L利多卡因局部麻醉,穿刺股动脉和股静脉,猪尾导管放入左室于左前斜50°、+头20°行左室和升主动脉造影。先将头端部分修剪短的猪尾导管置于室缺左室面,超滑导丝从左室侧通过缺损处并将导管送入右室,再将一尖端柔软的加长交换导丝经此导管放入肺动脉或上腔静脉,固定导丝,撤出猪尾导管,换单弯导管沿导丝送至肺动脉或上腔静脉;后从股静脉将一网篮送入肺动脉或上腔静脉抓住导丝尖端,将其拉出,建立动脉和静脉系统间环路。将传送鞘沿股静脉侧导丝放入、通过室缺放到左室心尖部,沿着传送鞘往前推送封堵器到达鞘的尖端,再将传送鞘从心尖部慢慢地往回撤直到室间隔和二尖瓣前叶之间,回撤传送鞘将封堵器的左室盘打开,然后回拉,使左室盘片贴附在室间隔缺损左室面,在超声和透视下观察封堵器的边缘与主动脉瓣的关系。Amplatzer非对称伞和零边偏心封堵器使零边的一侧在主动脉瓣下,继续回撤传送鞘、打开腰部和右室盘,则释放出右室盘片,经超声检查确认封堵器的位置和对三尖瓣、肺动脉瓣、主动脉瓣的影响;重新送入猪尾巴导管分别行主动脉瓣上和左心室造影,观察有无主动脉瓣反流和经室间隔缺损处的分流。如造影和超声显示,封堵器位置可靠,不影响主动脉瓣和右房室瓣的功能,无明显的穿隔血流,则可释放出封堵器^[8-10]。

封堵器选择根据超声心动图和左心室造影测量的

缺损大小、距主动脉右冠瓣的距离,选择合适的类型和大小。直径4 mm以下的缺损,选择的封堵器腰部直径比缺损直径大1.0~2.0 mm;直径5 mm以上的缺损,封堵器腰部直径比缺损直径大3~5 mm。封堵器包括Amplatzer非对称室间隔缺损封堵伞(AGA,美国)、零边偏心室间隔缺损封堵器(上海形状记忆合金材料有限公司生产)、对称型室间隔缺损封堵器(上海形状记忆合金材料有限公司生产)。室间隔缺损缺损上缘距主动脉右冠瓣距离0~1.0 mm,选择国产零边偏心室间隔缺损封堵器;室间隔缺损缺损上缘距主动脉右冠瓣距离1.0~2.0 mm,选择国产零边偏心室间隔缺损封堵器和Amplatzer非对称室间隔缺损封堵伞(AGA,美国);室间隔缺损缺损上缘距主动脉右冠瓣距离大于2 mm,选择国产对称型室间隔缺损封堵器^[11-15]。

3 讨论

封堵器治疗先天性心脏病有很多的优势,同时也有很多不良反应或并发症:①封堵器脱落是房间隔缺损治疗后的严重并发症之一。②心脏压塞最常见于房间隔缺损封堵后,发生率为0.12%左右,少见于室间隔缺损及动脉导管未闭封堵置入。③主动脉-左(右)心房瘘是房间隔缺损封堵后晚期严重并发症之一。④房室传导阻滞常见于室间隔缺损封堵过程中或封堵后。⑤主动脉瓣关闭不全为室间隔缺损封堵的严重并发症之一,发生率<2.0%。

选择较符合适应证的病例是封堵成功的关键。室间隔缺损、房间隔缺损及动脉导管未闭封堵后,彩超可以检测残余分流量的多少;术后封堵器是否对二、三尖瓣及主动脉瓣的影响;和上、下腔静脉及右上肺静脉血流有无影响;对左、右流出道是否影响,指导是否更换封堵器,验证此封堵器的型号的是否合适;反映封堵后心功能的改善,在封堵术中具有重要的应用价值。

应用彩超指导Amplatzer封堵器经心导管释放封堵房间隔缺损、动脉导管未闭及室间隔缺损,是近年来非外科手术治疗先心病的一种新方法。它具有创伤小、痛苦少、治疗时间短、疗效迅速、患者及家属乐于接受等优点。而Amplatzer封堵器生物相容性好,能与组织快速相容,减少异物反应。

Amplatzer封堵器房间隔缺损适应证为年龄>3岁。缺损直径<34 mm的存在左向右分流的继发孔型房间隔缺损。缺损口边缘距二尖瓣口、肺静脉口、冠状静脉窦口及上下腔静脉口5 mm以上,房间隔的直径大于所选用封堵伞左房侧的直径^[1]。

动脉导管未闭适应证为直径<24 mm的存在左向右分流的非窗型动脉导管未闭,直径6 mm以下的动脉导管未闭不适合用封堵器封堵,可采用弹簧圈封堵动脉导

管未闭^[5-9]。

室间隔缺损适应证为年龄>3岁, 缺损直径在3~12 mm的存在左向右分流的膜部和肌部室间隔缺损。缺损口边缘距主动脉瓣和三尖瓣3 mm以上^[10-16]。

对过敏体质或对金属过敏者封堵前均应行镍钛金属过敏试验^[17-18]。

以镍钛合金为材料的先心病封堵器置入人体后, 具有良好的生物相容性及安全性。有报道在封堵器置入人体后3~5年内用彩超进行跟踪随访, 患者未出现明显不良反应, 封堵器位置固定, 无移位。李政宁等^[18]报道以镍钛合金为材料的先心病封堵器置入人体后, 虽然其具有良好的生物相容性及安全性, 但腐蚀现象依然存在, 镍离子仍然有溶出。先心病封堵器长期置入对人体的影响仍然未有定论, 需进一步的观察研究。

封堵房间隔缺损、动脉导管未闭和室间隔缺损过程中要求X射线和彩色超声心动图协助进行封堵器的确定和定位。目前, 彩色超声心动图不能完全替代X射线。需要X射线和彩色超声心动图紧密结合, 取长补短。以提高诊断的准确率。研究证实, 食管彩色超声心动图虽可提供更多解剖细节, 但食管彩色超声心动图对缺损直径值的估测并不优于胸彩色超声心动图。同时, 由于Amplatzer封堵器具有良好的可调性, 位置不合适时可完全回收, 只要术前多切面仔细观察房间隔缺损、动脉导管未闭和室间隔缺损大小形态、周缘毗邻的关系、有无瓣膜返流, 术中多切面仔细观察封堵位置及有无残余分流。完全可以在胸彩色超声心动图指导下采用Amplatzer封堵器进行房间隔缺损、动脉导管未闭和室间隔缺损治疗。食管彩色超声心动图属半创型检查, 增加患者负担, 在安全性方面尤其不适宜儿童^[19-24]。

综上所述, 彩色多普勒超声心动图能准确观察房间隔缺损、动脉导管未闭和室间隔缺损大小, 指导选择封堵器型号, 进行术中监测及封堵后残余分流的检测, 并能测量血流动力学指标, 及时反映封堵后心功能的改善, 在封堵过程中具有重要的应用价值。

4 参考文献

- [1] 蒋澄, 袁旭春, 麻亮. 经胸超声下封堵器治疗房间隔缺损及测量球囊的临床应用[J]. 现代医用影像学, 2007,16(1): 30-32.
- [2] 张志宏, 覃军. 房间隔缺损与卵圆孔未闭封堵术后封堵器血栓形成研究现状与进展[J]. 中国血液流变学杂志, 2008,18(1): 166-168.
- [3] 刘胜中, 丛伟, 曾富春, 等. 外科微创封堵术治疗继发孔房间隔缺损的临床应用[J]. 四川医学, 2010,31(2): 173-174.
- [4] 刘胜中, 丛伟, 曾富春, 等. 经胸微创封堵术治疗继发孔房间隔缺损14例临床分析[J]. 实用医院临床杂志, 2010,7(3): 85.
- [5] 李秀平. 彩超在先天性心脏病封堵术中的应用[J]. 中国医药导报, 2009,6(12): 85.
- [6] 卞洪亮, 杨向军, 周亚峰. 动脉导管未闭封堵中对封堵器及弹簧圈的选择[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(13): 2445-2447.
- [7] 丁守良, 张磊, 惠增骞. 国产封堵器介入治疗动脉导管未闭93例: 疗效及安全性评价[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 7(25): 4966-4968.
- [8] 代政学, 张建合, 李寰, 等. 蘑菇伞封堵器介入治疗婴幼儿动脉导管未闭的临床疗效研究[J]. 第四军医大学学报, 2009,30(12): 1128-1130.
- [9] 姚艺, 沈群山, 张刚成. 国产封堵器介入治疗动脉导管未闭128例临床分析[J]. 中国医师杂志, 2009,11(11): 1504-1505.
- [10] 解启莲, 赵增仁. 王军. 确定封堵部位选择合适封堵器封堵膜部瘤型室间隔缺损的效果[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(13): 2594-2595.
- [11] 马东星, 吴晓霞, 刘鸣明. 嵴内型室间隔缺损的介入封堵治疗效果和短期随访研究[J]. 武警医学, 2010,21(1): 34-36.
- [12] 洪浪, 王洪, 陈章强. 应用PDA封堵器治疗嵴内型室间隔缺损的疗效及安全性分析[J]. 中国医学影像学杂志, 2010,5(1): 395-398.
- [13] 秦俐依, 伏静媛, 王道敏, 等. 应用国产封堵器介入治疗膜部室间隔缺损的分析[J]. 兰州大学学报: 医学版, 2008,34(4): 88-90.
- [14] 邢泉生, 庄忠云, 洋思林. 经胸微创应用新型输送系统封堵室间隔缺损[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2008,24(4):279.
- [15] 孙万峰, 张国培, 崔婷. 国产偏心室间隔缺损封堵器在嵴内型室间隔缺损封堵中的临床应用[J]. 中华心血管病杂志, 2005, 33(3): 232-233.
- [16] 乔玉红, 张丽媛, 宁淑范, 等. 经胸彩色超声心动图在保证先天性心脏病封堵术安全性和有效性的临床应用[J]. 中国医药导报, 2009, 6(13): 108-109.
- [17] 吴顺芬, 陈刚. 封堵器材料特征及与宿主的生物相容性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010,14(29): 5463-5466.
- [18] 李政宁, 伍伟锋, 刘唐威. 先天性心脏病封堵器镍对人体的影响[J]. 国际心血管杂志, 2007,34(3): 206-208.
- [19] 戴柯, 李奋, 孙康. 全生物可降解型房间隔缺损封堵器封堵猪房间隔缺损的实验研究[J]. 临床儿科杂志, 2010,28(4): 375-379.
- [20] 李敬邦, 张玉顺, 和旭梅. X线结合超声心动图对房间隔缺损封堵术前心脏及肺血改变的对照研究[J]. 实用放射学杂志, 2008, 24(3): 350-352.
- [21] 解启莲, 王军, 闫宝勇, 等. 封堵器置入部位与室间隔缺损治疗后的心律失常[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008,12(9): 1618-1620.
- [22] 韩剑刚, 王建明, 穆英杨, 等. 外科治疗封堵器移位2例[J]. 中国医学创新, 2009,6(23): 194.
- [23] 余莉, 王一斌, 周同甫, 等. 先天性心脏病复合畸形的临床介入治疗策略探讨及评价[J]. 中华妇幼临床医学杂志: 电子版, 2009, 5(2): 18-21.
- [24] 叶军明, 谢海玉, 钟钦文, 等. 心脏封堵器置入过程中麻醉相关问题对生物相容性的影响[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(52): 10339-10342.