

# 五种不同血管支架材料学特点及置入后的生物相容性☆

熊杰<sup>1</sup>, 姜岩<sup>2</sup>

## Material characteristics of five different vascular stents and their biocompatibility after implantation

Xiong Jie<sup>1</sup>, Jiang Yan<sup>2</sup>

### Abstract

**OBJECTIVE:** To evaluate the performance, compatibility and application prospects of blood vessel tissue engineered scaffolds.

**METHODS:** Using "tissue engineering, scaffold materials, biocompatibility, performance, application" for the Chinese key words and "tissue engineering, intravascular stent, biocompatibility, performance, using" for the English key words, a computer search was performed between January 1993 and October 2009. Articles related with the biomaterials and tissue engineering blood vessels were included; repeated study or Meta analysis articles were excluded. There are 26 articles mainly discussing the types and properties of tissue engineered vascular materials.

**RESULTS:** The natural scaffolds have strong affinity with cells, can provide for cell growth, proliferation, differentiation and functioning with similar extracellular matrix scaffold condition as in vivo development, thus aggregating cells into tissues, controlling tissue structure, and regulating cell phenotype; immune rejection is very low, and compliance is good. But mechanical strength is relatively poor. Synthetic polymer scaffold has precise maneuverability, but lacks biological signals and functional groups in extracellular matrix, and poorly adhere to the seed cells; and some acid materials may generate in the degradation process, exhibiting some local effects; biological signals is absent, and the scaffold is not susceptible by cell recognition. In addition, the key to improve the biocompatibility of stents should be the blood compatibility and histocompatibility.

**CONCLUSION:** Although synthetic materials have become the research hotspot, but the compatibility after implantation are not good enough to meet scaffold requirements, a confluence with tissue requires good cell affinity and similar mechanical properties with blood vessels. There is an urgent need for new materials to better meet the requirements of tissue engineered vascular stent and to achieve the purpose of repair and reconstruction.

Xiong J, Jiang Y. Material characteristics of five different vascular stents and their biocompatibility after implantation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(38):7189-7192. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

### 摘要

**目的:** 评价组织工程血管支架材料的性能、相容性和应用前景。

**方法:** 以“组织工程, 支架材料, 生物相容性, 性能, 应用”为中文关键词; 以“tissue engineering, intravascular stent, Biocompatibility, Performance, Using”为英文关键词, 采用计算机检索 1993-01/2009-10 相关文章。纳入与有关生物材料与组织工程血管相关的文章; 排除重复研究或 Meta 分析类文章。以 26 篇文献为重点进行了讨论组织工程血管材料的种类及其性能。

**结果:** 天然材料支架与细胞亲和性强, 能为细胞的生长、增殖、分化及功能发挥提供近似体内的发生发育的细胞外基质支架条件, 能使细胞聚集成组织, 控制组织结构, 调节细胞表型; 免疫排斥反应极低, 且有良好的顺应性。但机械强度比较差。人工合成聚合物支架具有精确的可操作性, 但缺乏细胞外基质中的生物信号和功能基团, 与种子细胞的黏附性较差; 且在材料降解过程中, 会产生一些酸性物质, 对局部会产生一定的影响; 且缺乏生物信号而不易被细胞识别。此外, 提高支架置入后的生物相容性应从血液相容性和组织相容性入手。

**结论:** 虽然现在合成材料成为研究的热点, 但是置入后的相容性并不能很好地符合支架要求, 与组织融合, 既要有良好的细胞亲和性, 又要有与血管相似的力学性能。这就迫切需要新材料的出现, 来更好的满足组织化血管支架的要求, 达到修复和重建的目的。

**关键词:** 组织工程; 支架材料; 生物相容性; 性能; 应用

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.38.039

熊杰, 姜岩. 五种不同血管支架材料学特点及置入后的生物相容性[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(38):7189-7192. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

## 0 引言

随着生物学技术的不断进步, 组织工程得到了迅速的发展。血管内支架置入自20世纪80年代中期应用于临床以来, 得到了迅速的发展和运用, 随着血管内治疗技术的发展<sup>[1]</sup>, 血管支架材

料在血管组织工程构建中起到非常重要的作用。

生物血管支架材料有许多种, 因自体血管或同种异体血管来源的匮乏, 目前多采用异种组织来作为组织工程化血管的生物支架材料, 而在这些异种组织中, 血管组织是组织工程化血管的生物支架材料的首选。理想的组织工程材料应该具有以下特点: 无毒性, 即无论材料本身还是其降

<sup>1</sup>Department of Traditional Chinese Medicine, Affiliated Hospital of Medical College of Chinese People's Armed Police Forces, Tianjin 300162, China;  
<sup>2</sup>Department of Traditional Chinese Medicine, Tianjin Corps Hospital of Chinese People's Armed Police Forces, Tianjin 300162, China

Xiong Jie☆, Studying for doctorate, Professor, Chief physician, Department of Traditional Chinese Medicine, Affiliated Hospital of Medical College of Chinese People's Armed Police Forces, Tianjin 300162, China  
drxiongjie@yahoo.com.cn

Correspondence to: Jiang Yan, Master, Attending physician, Department of Traditional Chinese Medicine, Tianjin Corps Hospital of Chinese People's Armed Police Forces, Tianjin 300162, China

Received: 2010-05-10  
Accepted: 2010-07-07

<sup>1</sup> 武警医学院附属医院中医科, 天津市 300162; <sup>2</sup> 武警天津总队医院中医科, 天津市 300162

熊杰☆, 女, 1967年生, 天津市人, 汉族, 天津中医药大学在读博士, 教授, 主任医师, 主要从事心脑血管疾病的临床与实验研究。  
drxiongjie@yahoo.com.cn

通讯作者: 姜岩, 硕士, 主治医师, 武警天津总队医院中医科, 天津市 300162

中图分类号: R318  
文献标识码: B  
文章编号: 1673-8225 (2010)38-07189-04

收稿日期: 2010-05-10  
修回日期: 2010-07-07  
(20100707009D·Y)

解产物都不能产生炎症和毒性反应; 良好的生物相容性; 生物可降解性及降解可调节性; 不引起机体免疫排斥反应; 可塑性和一定的机械强度; 良好的表面活性, 即具有三维立体多孔结构, 有利于细胞黏附、生长、增殖。

本文的主要目的是评价组织工程血管支架的材料性能相容性和应用前景。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料的纳入与排除标准

纳入标准: ①组织工程学与组织工程血管的相关文献。②组织工程血管支架材料性能、相容性的相关文献。③组织工程血管支架应用与进展的相关文献。

排除标准: 重复研究或Meta分析类文章。

### 1.2 资料提取策略

检索人相关内容: 第一作者。

检索时间范围: 2003-05/2009-35。

关键词: 中文关键词: 组织工程, 组织工程血管, 支架材料, 性能, 应用; 英文关键词: “tissue engineering, intravascular stent, Biocompatibility, Performance, Using”。

检索数据库: Pubmed数据库, 网址<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed>; 维普数据库, 网址<http://www.cqvip.com/>。

1.3 对纳入文献的评价 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、普通综述后筛选纳入26篇文献进行评价。文献的类型主要包括动物实验和临床研究篇, 综述、述评、讲座类文献9篇。

## 2 结果

根据实验材料之不同, 分析了不同材料构建组织工程血管支架的特点及效果。

### 2.1 天然高分子材料构建组织工程血管支架

作者及发表杂志	实验材料	实验方法	实验结果	实验结论
肖荣冬, 等 <sup>[2]</sup> 《中国组织工程研究与临床康复》	胶原/透明质酸膜明胶海绵	应用 WST-1 法测定平滑肌细胞与材料的黏附率, 增殖力, 3H-TDR 掺入法测定 DNA 合成率, BrdU 细胞标记免疫组化鉴定分析生物支架材料的细胞相容性	胶原/透明质酸膜与平滑肌细胞的黏附率最高, 细胞的增殖和状况较好, 明胶海绵较低	方法简便可行; 天然复合, 此生物材料胶原/透明质酸膜具有较理想的细胞相容性

### 2.2 合成高分子材料构建组织工程血管支架

作者及发表杂志	实验材料	实验方法	实验结果	实验结论
张洁, 等 <sup>[3]</sup> 《中国美容医学》	膨体聚四氟乙烯	将膨体聚四氟乙烯植入兔人工血管植入兔体内及与膀胱黏膜上皮细胞在体外共培养	3 d 后组织液即可渗透管壁, 6 d 更细胞可穿过管壁; 可见膀胱黏膜上皮细胞在人工血管内壁生长	膨体聚四氟乙烯生物相容性好, 有一定拮抗感染扩散的功能。
王芳, 等 <sup>[4]</sup> 《产业用纺织品》	聚对二氧环己酮	涂层和热定型处理	在纱线直径、定型温度均相同的影响的条件下, 仅齿轮比变化的是很小	不同的工艺参数对人工血管支架的径向压缩性能有着不同程度影响
黄楚波, 等 <sup>[5]</sup> 《应用激光》	聚左旋乳酸	用 CAD 软件进行支架设计, 用 CO <sub>2</sub> 激光器加工出可降解冠状动脉血管支架	以增大梁宽和用圆弧连接支撑单元的设计可提高支架的径向承受力; CO <sub>2</sub> 激光加工精度可满足需要, 加工使支架表面更光滑, 对 PLLA 材料的化学组成影响不大	激光加工对材料的组成和物理化学性质影响不大, 不会产生新的有害物质, 可为血管支架的高速度、高精度化、自动化、多图案加工提供新思路
张琳华, 等 <sup>[6]</sup> 《中国动脉硬化杂》	增强型绿色荧光蛋白基因报告基因	化学偶联和特异性免疫结合在血管支架上进行细胞转染实验	细胞转染实验发现, 实验组支架胶原涂层的表面有大量绿色荧光蛋白基因转染的细胞浸润生长, 与支架接触的培养皿表面生长的细胞转染效率约为 21.8%	此新型基因递送体系具有局部靶向和高效基因转运的特征, 猪冠状动脉实验初步验证通过该方法携带治疗基因进行局部转染、靶向投递基因的有效性

### 2.3 内皮细胞、平滑肌细胞、成纤维细胞构建组织工程血管

作者及发表杂志	实验材料	实验方法	实验结果	实验结论
步雪峰, 等 <sup>[7]</sup> 《实用临床医用杂志》	鼠平滑肌细胞和内皮细胞	单个核细胞分别用不同的培养基进行诱导分化	构建了呈三维立体结构, 具有天然血管的内膜和中膜	骨髓间质干细胞将是组织工程血管最理想的细胞来源, 细胞外基质支架能显著促进内皮祖细胞黏附、增殖和分化, 可作为其生长的载体

## 2.4 脱细胞组织基质材料构建组织工程血管支架

作者及发表杂志	实验材料	实验方法	实验结果	实验结论
殷猛, 等 <sup>[9]</sup> 《中山大学学报: 医学科学版》	猪带瓣肺动脉血管	猪带瓣肺动脉血管, 脱细胞方法超高压处理	保留了细胞外基质, DNA含量显著降低, 瓣膜弹性率几乎不变, 功能保持较好。猪内源性反转录病毒被成功灭活, 无法测出	此方法可基本除去支架内细胞成分, 可将内源性反转录病毒成功灭活, 保持了细胞外基质结构和功能的完整性, 效果优于表面活性剂方法
涂秋芬, 等 <sup>[9]</sup> 《生物医学工程杂志》	犬胸主动脉	乙二醇缩水甘油醚, 物理超声清洗	消除了血管支架的免疫原性, 各种力学指标与新鲜犬血管, 无明显差异	支架保持新鲜血管的力学特征, 极低的细胞毒性, 种植的平滑肌细胞和内皮细胞生长良好, 部分已经融合成片

## 2.5 生物医用金属组织工程血管支架

作者及发表杂志	实验材料	实验方法	实验结果	实验结论
赵安莎, 等 <sup>[10]</sup> 《生物医学工程》	不锈钢支架	在支架表面预涂纯钛(厚 20 nm), 采用等离子体浸没离子注入与沉积法(PIIID) 制备氮化钛/氧化钛复合层(厚 50 nm), 植入 14 头小型猪冠状动脉内	支架段血管开通率 100% 支架, 血管内无血栓形成。3 个月后所有支架植入段血管内膜(主要由细胞外基质和平滑肌细胞构成)都有明显的增生	这种支架的冠状动脉血管段内膜增生厚度比普通不锈钢支架的冠状动脉血管段内膜增生厚度小
徐强, 等 <sup>[11]</sup> 《上海生物医学工程》	镍钛记忆合金	利用有限元软件 ANSYS 对支架在血管中的自扩张行为进行模拟, 并对支架的网格形状与尺寸进行优化设计	通过优化的支架模型, 扩张后在血管中的应力值对比与不锈钢支架已经显著降低, 但是最高值为 700 MPa 左右, 对血管壁的刺激仍然很大	该支架有良好的生物相容性与超弹性, 可以很好地解决支架置入后的再狭窄问题

## 3 结论

**3.1 组织工程血管支架材料应具备哪些特点?** 作为人体医用材料, 对支架各方面性能都提出了很高的要求, 包括: ①较好的射线不透过性, 有利于造影时的准确跟踪。②足够的强度以抵抗动脉壁的回弹力。③在支架释放后长度不变, 以利于精确释放。④轴向柔顺性好, 可通过弯曲血管。⑤较高的扩张率和未释放时有较小的外廓以利于通过更细的导管。⑥侧支通过性好, 在支架置入后利用支架的网孔保持分支血流通畅。⑦对血管壁的损伤尽量小, 从而减小内膜增生引起的支架内再狭窄。⑧耐腐蚀抗血栓。⑨产品寿命长, 在人体内可长期保持其性能; 价格不宜过高, 易为患者承受。这些性能的优劣都会直接影响其在临床应用中的成功与否, 支架的上述特性都依赖于材料的力学和物理特性。

也有文献报道, 理想的生物可降解性冠状动脉支架应具备以下优点<sup>[12]</sup>: ①金属支架相当的机械力学性能。②生物可降解性, 在完成对血管壁一定时间的机械支撑作用后可自行降解, 降解产物对组织无毒副作用。③良好的顺应性, 易于通过病变血管。④良好的组织相容性及血栓源性。⑤比金属支架更易携带药物, 局部缓慢投放。⑥良好的示踪性。

**3.2 组织工程不同材料血管支架的性能特点** 在组织学上, 血管壁细胞外基质主要由三层结构组成, 其中中层有重要的生理意义, 主要成分有胶原纤维和弹性蛋

白, 这种结构赋予血管良好的机械性质和顺应性。所以, 在设计和制造血管组织工程支架材料时, 人们尽可能地模拟自然血管的细胞外基质的成分、三维结构、生理功能及机械性能<sup>[13]</sup>。

血管组织工程支架材料可以大致分为两大类: 天然材料和人工合成材料。复合材料是以这两类材料为基础进行适当比例复合而成。天然生物降解材料是指来源于动植物或人体内天然存在的可生物降解大分子。包括胶原、层黏连蛋白、纤维结合蛋白、基质胶、透明质酸、纤维蛋白、壳聚糖、脱细胞基质等<sup>[14]</sup>。人工合成聚合物支架最主要的优势在于它具有精确的可操作性, 包括分子量、形状、孔隙率、微细结构、弹力强度和降解时间等。人工合成材料多为高分子可降解材料, 种类繁多, 包括聚乳酸、聚乙醇酸、乳酸-乙醇酸共聚物、聚乙交酯、聚8-己内酯、聚氨酯、左旋聚乳酸等。作为血管支架材料应用最多的是聚羟基乙酸和聚乳酸聚羟基乙酸共聚物。由于聚羟基乙酸降解速度过快, 以聚羟基乙酸为主结构与其他聚合物共聚可明显改善其物理性能。

**3.3 血管支架材料置入后的生物相容性** 理想的血管替代物应该类似天然血管具有3层结构, 有较强的力学性能, 能够承受跨壁压力和血流对血管壁的切应力, 有较好的抗血栓形成、抗血小板黏附的作用<sup>[15]</sup>。

理想的血管替代物应该类似天然血管具有3层结构, 有较强的力学性能, 能够承受跨壁压力和血流对血管壁的切应力, 有较好的抗血栓形成、抗血小板黏附的作用。目前组织工程血管的制备主要有2种方法<sup>[16]</sup>, 一



种是原位组织再生, 即将制备的血管支架直接植入体内, 刺激相邻自身细胞, 经迁移过程进入支架内部, 形成自身血管组织。另一种方法即在体外培养和扩增自身细胞作为种子细胞, 种植于血管支架, 制备成组织工程血管, 然后再行移植。为了防止血管壁的损伤而导致动脉瘤的形成, 或者引起急性血栓形成, 移植血管应具有好的组织相容性。宿主对移植血管的重塑和细胞替代是相当重要的, 但如果由于宿主的更新和重塑不当, 也将影响移植血管的功能。

组织工程血管良好的生物相容性, 其本身或降解产物无毒性, 不会引起炎症和免疫排斥反应。良好的结构相容性, 适当的强度和可塑性, 能保持稳定的立体结构, 置入后可以代替血管的结构和功能。良好的表面相容性和一定的生物活性, 材料表面有利于种子细胞的黏附和生长<sup>[17-22]</sup>。

构建组织工程血管, 细胞与材料支架的黏附是关键的一步。生物材料的细胞相容性对该种材料能否应用于构建组织工程器官具有至关重要如意义。

在支架力学行为分析中, 不同支架材料是影响支架的力学行为的重要因素。其次, 对于血管支架材料, 既要有良好的细胞亲和性, 又要有与血管相似的力学性能。表征血管组织工程支架材料的力学生能指标有很多, 如破裂强度、缝合强度、材料的最大应变、最大应力和杨氏模量等。其中破裂强度表征支架内部能够承受的最大液体压力, 缝合强度表征支架与血管吻合部位能承受的最大缝线拉力, 评价了不同比例共混材料制成的管形支架的破裂强度和缝合强度, 可以选取合适比例的共混血管支架材料。近年血管顺应性逐渐受到重视, 自然血管和组织工程血管之间顺应性的错配被认为是小口径血管移植失败的主要原因<sup>[23]</sup>。自然血管和人工血管之间机械性质的不同, 导致吻合口处血流动力学的改变, 引起应力集中, 增加了血栓的形成和新生内膜的增生<sup>[24]</sup>。所以, 理想的组织工程血管支架除了应该具有良好的材料生物相容性, 可降解性, 细胞界面及一定的空间三维结构外, 还应具有一定的顺应性。

此外, 表面粗糙度也是影响支架与血液相容性的主要因素。表面粗糙度越大, 暴露在血液中的面积越大, 凝血的可能性越大<sup>[25]</sup>。

理想的血管支架除了达到结构和力学性能上的要求外, 尤其对生物相容性有更高的要求, 血管支架材料的生物相容性与血管再狭窄的发生密切相关。选择生物性能良好的聚合物覆盖在支架表面, 不仅可以克服金属支架本身的致栓性, 加速血管内皮化的过程, 而且可以作为抗栓, 抗增殖药物的载体, 直接而集中地到达病患部位, 避免全身给药的毒副作用<sup>[26]</sup>。

因此, 具有优良血液相容性的支架材料对血液或血液成分的功能和性质影响应在适当的范围内, 主要表现

在: ①黏附血小板较少, 不激活血小板, 不发生血栓。②不激活凝血系统, 促进凝血时间缩短。③无溶血作用。④不对其他血液成分产生不利的影。

#### 4 展望

组织工程血管作为一门新兴科学的产物, 还存在许多问题。主要存在的问题是: ①靶基因的界定和选择。②安全、高效、免疫原性低的载体的构建。③安全有效的基因导入方法。④与宿主的相容性等还有待于进一步研究其抑制再狭窄的有效性及进行植入时间更长的实验研究。此外, 血管生物支架存在强烈的免疫排斥反应也是需要解决的一个难题。相信随着科学技术的不断发展, 将会研究出更好的血管支架材料。

#### 5 参考文献

- [1] 邢玮. 心血管支架与支架置入后的血管快速内皮化[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(9): 1731-1734.
- [2] 肖荣冬, 翁国星. 血管组织工程生物支架材料细胞生物相容性实验研究[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 26(19): 459-461.
- [3] 张洁, 李东, 李健宁. 膨体聚四氟乙烯用于组织工程支架材料的实验研究[J]. 中国美容医学, 2003, 12(5): 456-458.
- [4] 王芳, 王文祖. 新型结构人工血管支架径向压缩性能研究[J]. 产业用纺织品, 2007, (6): 25-28.
- [5] 黄楚波, 敖宁建. 可降解冠状动脉血管支架的设计与激光加工[J]. 应用激光, 2007, 27(3): 224-227.
- [6] 张琳华, 张超, 宋存先, 等. 血管支架固定化抗体携带和靶向投递基因研究[J]. 中国动脉硬化杂志, 2008, 116(6): 424-428.
- [7] 步雪峰, 严玉兰, 张志坚, 等. 骨髓单个核细胞构建细胞化生物组织工程血管支架的研究[J]. 实用临床医药杂志, 2008, 12(3): 18-23.
- [8] 殷猛, 刘锦芬, 藤里俊, 等. 超高压脱细胞技术制备组织工程带瓣血管支架[J]. 中山大学学报: 医学科学版, 2008, (3): 3605-3608.
- [9] 涂秋芬, 张怡, 李艳, 等. 一种新型的脱细胞组织工程血管支架的构建和评价[J]. 生物医学工程杂志, 2007, 24(2): 379-384.
- [10] 赵安莎, 张海燕, 黄楠. 载药复合支架的抗血管组织增生的研究[J]. 生物医学工程杂志, 2008, 25(4): 856-859.
- [11] 徐强, 刘玉岚, 王彪. 形状记忆合金超弹性自扩张血管支架的优化设计[J]. 上海生物医学工程, 2006, 27(6): 195-199.
- [12] 曾伟杰, 凌友, 支晓兴. 心血管支架材料生物力学及生物相容性特征[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(13): 2531-2534.
- [13] 刘国锋, 杨太平, 郭铁芳. 血管组织工程支架材料的研究进展[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2007, 41(3): 291-293.
- [14] 范晓丽, 邹远文. 组织工程血管构建中支架材料的特征[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(29): 5731-5734.
- [15] 梁栋科, 杨大智. 不同设计心血管支架的血流动力学分析[J]. 生物医学工程杂志, 2006, 23(6): 1241-1244.
- [16] 吴少峰, 黄惠民. 组织工程血管研究的新进展[J]. 生物医学工程与临床, 2004, 8(1): 49-52.
- [17] 李春民, 汪忠镐. 血管组织工程中支架材料的应用与进展[J]. 中国现代普通外科进展, 2009, 12(9): 788-790.
- [18] 步雪峰, 严玉兰, 张志坚. 钛合金血管内支架研究进展[J]. 钛工业进展, 2007, 12(1): 18-23.
- [19] 曾伟杰, 凌友, 支晓兴. 心血管支架材料生物力学及生物相容性特征[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(13): 2531-2534.
- [20] 冯新. 冠状动脉支架置入后宿主的生物相容性及其并发症[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(35): 6915-6918.
- [21] 谢潮鑫, 孟猛, 曾伟杰, 等. 心血管支架材料生物力学及生物相容性与支架置入后血管再狭窄[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(13): 2565-2568.
- [22] 何峰. 心血管支架材料生物相容性的系统评价[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(25): 4923-4926.
- [23] 余喜讯, 万昌秀, 陈槐卿. 生物性组织工程血管支架的制备及其内皮化研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2005, 37(6): 97-101.
- [24] 王红艳, 张迎泉. 脑血管支架置入者血小板活化和炎性因子与血管再狭窄的关联[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(39): 7739-7742.
- [25] 吴大庆. 心血管支架材料的生物相容性: 特征及比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(22): 4325-43.
- [26] 邢玮. 血管支架与支架置入后的血管快速内皮化[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(9): 1731-1734.28.