

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.31.010

文章编号: 1005-8982 (2018) 31-0053-05

## 微血管吻合器修复腕部桡动脉损伤后 血流动力学分析\*

车敏<sup>1</sup>, 李崇杰<sup>1</sup>, 王岩峰<sup>2</sup>

(1. 沈阳医学院附属中心医院 手外 1 科, 辽宁 沈阳 110024;  
2. 中国医科大学附属第一医院 骨外科, 辽宁 沈阳 110001)

**摘要:** **目的** 探讨微血管吻合器在桡动脉损伤修复中对血流动力学的影响, 并评价其应用价值。**方法** 选取 2012 年 12 月-2015 年 1 月沈阳医学院附属中心医院手外科收治的桡动脉损伤患者 74 例, 依据吻合方式的不同随机分为对照组 (显微镜下手法吻合) 和观察组 (微血管吻合器进行吻合), 每组各 37 例, 进行前瞻性病例对照研究。对比动脉吻合时长, 并采用彩色多普勒检测术后 15 天、1 个月及 3 个月 3 个时间点的血流动力学参数。**结果** 观察组动脉吻合时长低于对照组 ( $P < 0.05$ )。术后彩色多普勒随访显示, 收缩期峰速度 (PSV) 和舒张末期速度 (EDV) 在对照组和观察组 3 个时间点呈升高趋势, 搏动指数 (PI) 呈下降趋势, 但组内比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。观察组 PSV 在 3 个时间点均高于对照组 ( $P < 0.05$ ), EDV、血管内径 (D) 及血管横截面积 (Area) 在术后 15 天和术后 3 个月时观察组高于对照组。阻力指数 (RI) 在两组中 3 个时间点呈下降趋势, 对照组在术后 15 天和术后 3 个月时差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 观察组 RI 在术后 15 天与对照组比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 观察组低于对照组。D 在对照组术后 15 天为最小值, 术后 1 个月为最大值, 在观察组术后 1 个月为最大值, 术后 3 个月为最小值, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。Area 在两组中术后 1 个月为最大值, 在术后 15 天为最小值, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。血流量 (Q) 在两组中术后 15 天为最小值, 术后 1 个月为最大值, 在对照组中差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 在 3 个时间点观察组高于对照组 ( $P < 0.05$ )。**结论** 应用微血管吻合器修复损伤桡动脉可以缩短手术时间, 与显微镜下手法吻合对比, 在术后早期即明显改善桡动脉血流参数, 中后期血流效果更为满意。

**关键词:** 微血管吻合器; 桡动脉; 动脉吻合; 多普勒

**中图分类号:** R658.2

**文献标识码:** A

## Hemodynamic analysis of radial artery injury reconstructed with microvascular anastomotic device\*

Min Che<sup>1</sup>, Chong-jie Li<sup>1</sup>, Yan-feng Wang<sup>2</sup>

(1. The First Department of Hand Surgery, Central Hospital Affiliated to Shenyang Medical College, Shenyang, Liaoning 110024, China; 2. Department of Osteology, the First Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang, Liaoning 110001, China)

**Abstract: Objective** To discuss the hemodynamic influences in radial artery injury reconstructed with microvascular anastomotic device and evaluate the application value. **Methods** Seventy-four patients diagnosed as radial artery injury in Central Hospital Affiliated to Shenyang Medical College from December 2012 to January 2015 were divided into a control group (treated with manual suture under microscope) and on observation group (received

收稿日期: 2018-01-12

\* 基金项目: 国家自然科学基金 (No: 81100924); 辽宁省自然科学基金 (No: 2014020016)

[通信作者] 李崇杰, E-mail: lichongjie@aliyun.com

reconstruction with microvascular anastomotic device), each had 37 cases. Prospective case control study was carried out. Arterial anastomotic time was contrasted. The hemodynamic indexes were detected by Doppler 15 d, 1 and 3 m after operation. **Results** Compared with the control group, arterial anastomotic time in the observation group was shorter ( $P < 0.05$ ). The post-operative Doppler showed that peak systolic velocity (PSV) and end-systolic velocity (EDV) were increased, whereas pulse index (PI) was decreased in both groups 15 d, 1 and 3 m after operation, but there were no significant differences from those before operation ( $P > 0.05$ ). PSV in the observation group was higher than that in the control group 15 d, 1 and 3 m after operation ( $P < 0.05$ ). EDV, vascular diameter (D) and cross section area (Area) in the observation group were higher than those in the control group 15 d and 3 m after operation ( $P < 0.05$ ). Resistance index (RI) in both groups was decreased 15 d, 1 and 3 m after operation, the difference was significant in the control group 15 d and 3 m after operation ( $P < 0.05$ ); and RI in the observation group was lower than the in the control group 15 d after operation ( $P < 0.05$ ). D was minimal on the 15th d after operation and maximal at 1 m after surgery in the control group, while it was maximal at 1 m after operation and minimal at 3 m after surgery in the observation group, but the differences were not significant ( $P > 0.05$ ). Area in both groups was maximal at 1 m after operation and minimal on the 15th d after operation, but the differences were not significant ( $P > 0.05$ ). Blood flow (Q) in both groups was minimal on the 15th d after operation and maximal in 1 m after operation, the difference in the control group was significant ( $P < 0.05$ ) and Q in the observation group was higher than that in the control group at the three time points ( $P < 0.05$ ). **Conclusions** Radial artery injury reconstruction with microvascular anastomotic device can shorten anastomotic time. Compared with manual suture under microscope, microvascular anastomotic device reconstruction may improve the hemodynamic indexes of radial artery in early phase and obtain more satisfactory blood flow in middle and late phase.

**Keywords:** microvascular anastomotic device; radial artery; arterial anastomosis; Doppler

随着显微外科技术的提高及设备的改进, 微血管吻合在很多医疗中心普遍展开。显微镜下手工吻合虽然经过多次改进, 但是吻合时间及并发症发生率并没有显著下降<sup>[1]</sup>。微血管吻合系统的应用可能突破传统手工吻合的瓶颈, 在缩短手术时间、提高吻合效率、改善吻合口状况、降低并发症发生率方面得到飞跃<sup>[2]</sup>。对于微血管吻合大部分国内外评估均停留在临床症状及体征方面, 研究结果客观性较为缺乏。本研究选择桡动脉损伤重建为目标血管, 通过前瞻性病例对照研究, 对显微镜下手工吻合方法与微血管吻合器进行吻合方法进行临床对比分析, 桡动脉术后血流动力学参数应用彩色普勒超声进行随访, 目的在于更为客观地评价血管吻合器对微血管进行吻合后血管血流动力学情况, 及其临床应用优势和价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

选取 2012 年 12 月 -2015 年 1 月沈阳医学院附属中心医院手外科收治的桡动脉损伤患者 74 例, 依据桡动脉吻合方式的不同分为对照组 (显微镜下手法吻合桡动脉) 和观察组 (微血管吻合器进行桡动脉吻合)。按照计算机随机数字表法分组, 每组各 37 例进行前瞻性病例对照研究。62 例患者中男性 61 例, 女性 13 例,

年龄 ( $27.3 \pm 25.8$ ) 岁。纳入标准: ①生命体征稳定, 不伴有普外、胸外、脑外科等其他需优先处理创伤; ②无恶性肿瘤病史; ③无风湿免疫、内分泌代谢病及激素治疗病史; ④无糖尿病外周血管病及硬化; ⑤无心脏、肺、肝脏及肾脏等器官急慢性病史。排除标准: ①动脉炎、动静脉瘘及动脉瘤等外周血管原发性疾病者; ②损伤区域感染及损伤区原发软组织肌肉疾病者; ③患有精神疾病, 不能够配合治疗者; ④桡动脉有外伤史及手术史; ⑤桡动脉变异患者; ⑥术侧手部无功能者; ⑦3 个月内无应用血管活性药物史。本研究获该院伦理委员会同意, 患者及家属知情并签署知情同意书。

### 1.2 研究方法

所有纳入研究的患者手术均由同一组专科医生完成, 彩色多普勒由 2 位高年资彩超医师盲法完成, 麻醉为臂丛神经阻滞或硬膜外麻醉, 所有创面均进行彻底清创后评估, 采用血管口径测量器进行口径测量, 吻合后进行勒血实验判断吻合口血流情况。对照组在显微镜下手法 2 定点或 3 定点法进行血管的吻合。观察组在血管清创修整后选择口径相应的微血管吻合器进行吻合。观察时间在术后第 15 天、1 个月及 3 个月, 观察方法为采用彩色多普勒检测, 观察指标为血流动力学相关参数, 线阵探头的频率为 10 ~ 12 MHz, 血

管内径 1/3 作为取样容积门, 取样容积的角度校正为  $50 \sim 60^\circ$ , 患者体位为平卧, 上臂外展  $90^\circ$ , 腕部置于水平位。横切快速扫查吻合口和远端桡动脉, 接下来选择纵切面对血流连续性进行扫查, 确定吻合口处血流情况。测量的桡动脉的血流动力学参数: 血管内径 (D)、血管横截面积 (Area)、收缩期峰速度 (PSV)、舒张末期速度 (EDV)、搏动指数 (PI)、阻力指数 (RI)、及流量 (Q) ( $TAMAX \times Area \times 60 s$ )。

### 1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 18.0 统计软件, 计量资料以

均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 比较采用  $t$  检验和重复测量设计的方差分析, 计数资料以率 (%) 表示, 比较采用  $\chi^2$  检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组间术前临床资料比较

两组患者术前临床资料 (性别、年龄、损伤部位、损伤类型、血管口径、血管口径差) 比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 可进行病例对照研究。见表 1。

表 1 两组间术前临床资料比较 ( $n = 37$ )

组别	男/女/例	年龄/ (岁, $\bar{x} \pm s$ )	损伤部位/例		损伤类型/例		血管口径/mm	血管口径差/mm
			左/右	锐性/钝性				
对照组	31/6	32.17 $\pm$ 25.94	26/11	27/10	2.14 $\pm$ 1.09	0.53 $\pm$ 0.11		
观察组	30/7	33.04 $\pm$ 24.63	28/9	24/13	2.08 $\pm$ 1.32	0.84 $\pm$ 0.17		
$\chi^2/t$ 值	1.439	1.141	1.507	1.198	1.348	1.302		
$P$ 值	0.473	0.854	0.365	0.768	0.663	0.689		

### 2.2 两组术中动脉吻合时长比较

观察组的动脉吻合时长 ( $4.09 \pm 2.62$ ) min 与对照组的动脉吻合时长 ( $15.27 \pm 3.72$ ) min 比较, 经  $t$  检验, 差异有统计学意义 ( $t = 5.872, P = 0.003$ ), 观察组低于对照组。对照组出现动脉痉挛 3 例, 给予解痉对症治疗缓解。观察组发生动脉痉挛 1 例, 经保守治疗缓解。

### 2.3 两组术后彩色多普勒血流参数比较

术后经彩色多普勒随访显示, 观察组和对照组术后 15 天、1 个月及 3 个月 PSV 的比较采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点的 PSV 无差异 ( $F = 1.039, P = 0.765$ ); ②两组的 PSV 有差异 ( $F = 6.345, P = 0.001$ ); ③两组的 PSV 变化趋势有差异 ( $F = 5.653, P = 0.001$ )。

观察组和对照组术后 15 天、1 个月及 3 个月 EDV 的比较采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点间的 EDV 无差异 ( $F = 1.172, P = 0.742$ ); ②两组的 EDV 有差异 ( $F = 5.362, P = 0.001$ ); ③两组的 EDV 变化趋势有差异 ( $F = 4.252, P = 0.001$ )。

观察组及和对照组术后 15 天、1 个月及 3 个月 RI 的比较采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不

同时间点的 RI 无差异 ( $F = 1.069, P = 0.937$ ); ②两组的 RI 有差异 ( $F = 8.219, P = 0.000$ ); ③两组的 RI 变化趋势有差异 ( $F = 4.252, P = 0.001$ )。

观察组及和对照组术后 15 天、1 个月及 3 个月 PI 的比较采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点的 PI 无差异 ( $F = 1.069, P = 0.937$ ); ②两组的 PI 有无差异 ( $F = 1.007, P = 0.853$ ); ③两组的 PI 变化趋势有差异 ( $F = 1.252, P = 0.791$ )。

两组术后 15 天、1 个月及 3 个月 D 的比较采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点间的 D 无差异 ( $F = 1.053, P = 0.991$ ); ②两组的 D 有差异 ( $F = 5.532, P = 0.001$ ); ③两组的 D 变化趋势有差异 ( $F = 4.289, P = 0.001$ )。

观察组及和对照组术后 15 d、1 个月及 3 个月 Area 和 Q 的比较采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点的 Area 无差异 ( $F = 1.142, P = 0.867$ ), 不同时间点的 Q 有差异 ( $F = 3.269, P = 0.032$ ); ②两组的 Area 和 Q 有差异 ( $F = 6.842$  和  $0.476, P = 0.000$  和  $0.014$ ); ③两组的 Area 和 Q 变化趋势有差异 ( $F = 3.195$  和  $3.023, P = 0.012$  和  $0.035$ )。见表 2。

表 2 术后彩色多普勒血流参数比较 ( $n=37, \bar{x} \pm s$ )

组别	PSV/ (cm/s)			EDV/ (cm/s)		
	术后 15 天	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 15 天	术后 1 个月	术后 3 个月
对照组	19.23 ± 6.17	22.34 ± 7.21	25.48 ± 4.94	6.31 ± 2.46	8.62 ± 1.45	8.61 ± 1.09
观察组	31.41 ± 5.19	34.89 ± 7.38	37.54 ± 5.23	10.24 ± 1.07	11.95 ± 2.45	12.15 ± 3.95

  

组别	RI			PI			D/mm		
	术后 15 天	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 15 天	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 15 天	术后 1 个月	术后 3 个月
对照组	1.28 ± 0.59	1.02 ± 0.53	0.99 ± 0.25	4.28 ± 0.41	3.96 ± 0.62	3.87 ± 0.39	1.63 ± 0.91	1.97 ± 1.04	1.85 ± 0.99
观察组	0.97 ± 0.32	0.96 ± 0.41	0.86 ± 0.39	3.81 ± 0.54	3.61 ± 0.68	3.59 ± 0.65	2.23 ± 1.19	2.25 ± 1.03	2.22 ± 0.92

  

组别	Area/mm <sup>2</sup>			Q/ (ml/min)		
	术后 15 天	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 15 天	术后 1 个月	术后 3 个月
对照组	3.37 ± 2.19	4.11 ± 1.03	4.02 ± 0.78	23.16 ± 9.27	31.72 ± 10.83	30.26 ± 11.37
观察组	4.48 ± 1.81	4.92 ± 0.87	4.89 ± 0.48	37.79 ± 11.48	39.38 ± 12.73	38.83 ± 11.44

### 3 讨论

微血管吻合方法经过不断改进并伴随着手术器械的发展整体水平明显上升,但是手工吻合方法缺陷包括手术时间较长,显微技术要求高,术者长时间操作由于疲惫感会影响吻合的准确性及效率,管腔内的缝线对血流也有很大影响,血栓风险增高,吻合口的口径也会明显缩窄,尤其在中远期血管逐渐形成瘢痕,血管口径可能出现进一步缩窄<sup>[3]</sup>。微血管吻合系统是微血管吻合技术的飞跃,通过在吻合口处预置的吻合环连击发吻合钉达到吻合的目的<sup>[4]</sup>。操作步骤:修整血管断端,扩张血管,使用微血管测量器对管腔内径进行测量,选择相应型号吻合器,将血管通过吻合器环,包裹在吻合钉上,冲洗血管腔,顺时针旋转吻合器手柄,吻合口二端吻合环紧密咬合,继续旋转手柄,推出吻合环,放开止血夹,勒血实验对吻合口血流情况进行检查<sup>[5]</sup>。对动脉吻合口情况的评估,国内外大部分都是通过 Allen 实验及临床评价<sup>[6]</sup>,结果主观性较强,而采用彩色多普勒定量进行血流参数评估应用极少。

本研究显示,与显微镜下的手法吻合术式比较,微血管吻合器法对桡动脉进行吻合的时间更短。吻合器吻合时间短的优势在本研究得到证明,对于技术熟练的手外科医生,在显微镜下对桡动脉进行血管吻合,吻合操作时间一般为 10 ~ 30 min,但如果应用微血管吻合器进行操作,吻合时间可控制在 <10 min<sup>[7]</sup>。显微镜下长时间操作,对术者视力及体力均是极大的考

验,也容易造成术者肩颈部肌群的疲乏及劳损,因此,在不同术者或不同术者在手术的不同时间段吻合的质量和效率会有较大差异,而吻合器除了缩短手术时间,在不同操作者中的吻合质量差异可能不是很大<sup>[8]</sup>。本研究经术后随访,通过彩色多普勒检测显示,微血管吻合器术式的各项血流动力学参数在随访期内均优于显微镜下手法吻合,尤其在随访早期及末期更为明显,而且在整个随访期内微血管吻合器吻合对桡动脉血流动力学影响较小,各阶段均无大范围的波动。PSV、EDV 及 TAMAX 是动脉收缩期及舒张期功能的良好反应<sup>[9]</sup>,本研究显示,3 项指标在研究组及对照组随着术后时间的延长,均会有不同程度的改善,但在术后早期吻合器法即在动脉舒缩功能方面显著优于手法的吻合,术后血管舒缩功能变化较小,这说明血管受到刺激较小,而随着术后时间延长手法吻合的血管舒缩功能变化较为明显,在中后期也差于吻合器法。RI 和 PI 是血流经过目标血管时所承受的阻力,血管弹性和顺应性均对两者有较明显的影响<sup>[10]</sup>,吻合器法及手法吻合法两组 RI 及 PI 均表现为下降趋势,早期在吻合器法中即表现为低阻力的低值,但手法吻合直到末期才有明显下降。桡动脉吻合口口径采用 D 及 Area 进行观察,吻合口的口径直接决定如阻力、流速及流量等指标,充分的吻合口直径是保障远端流入道供血的第一要素<sup>[11]</sup>,本研究显示,在观察早期、中期及晚期,吻合器法均能保持在稳定的吻合口口径,尤其在早期。与文献中正常桡动脉口径对比,吻合器法吻合口的口



径可以接近正常, 而手法吻合口口径早期较为狭窄, 原因在于早期受手术牵拉、辗搓及缝针缝线贯穿的反复刺激, 吻合口水肿较为严重, 在 1 个月左右, 水肿消退后吻合口口径改善, 但在 3 个月以后开始瘢痕形成阶段, 吻合口可能出现不同程度挛缩狭窄。吻合器的优势在于对吻合口处血管壁损伤轻微, 吻合后水肿较轻, 而且吻合钉对吻合口产生支撑作用, 因此观察中晚期血管瘢痕形成对吻合口影响较小。两组桡动脉的血流量术后近期较低, 但是吻合器组明显优于手法组, 吻合器组缺血再灌注时间较短, 肢体远端受影响较小, 流出道阻力低, 吻合口处口径较大, 这都是流量高的原因。微血管吻合器的优势在于吻合精准度的提高, 吻合口径的相对宽大, 一定范围内修正外翻血管壁残端, 并确保吻合口血管内膜光滑、平整、完整覆盖<sup>[12]</sup>。在对并发症分析中本研究显示, 动脉栓塞、痉挛等常见微血管吻合再通的并发症在吻合器组显著少于手法吻合, 其原因在于吻合器的使用使得吻合时避免了反复对吻合口处血管壁的器械刺激, 血管内皮细胞损伤轻微, 对血管影响小<sup>[13]</sup>。但吻合器吻合后腕部皮下异物感较为明显, 往往可扪及质韧结节, 在皮下组织薄弱的患者更为明显。

本研究对微血管吻合器动脉损伤重建采用彩色多普勒进行了定量研究, 结果显示, 该方法能够缩短缺血再灌注时间, 无论在近期还是在中远期均能够最大程度保障动脉的血流动力学稳定, 是高效安全的吻合方法。

#### 参 考 文 献:

- [1] EBERLIN K R, LEONARD D A, AUSTEN WG J R, et al. The volar forearm fasciocutaneous extension: a strategy to maximize vascular outflow in post-burn injury hand transplantation[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2014, 134(4): 731-735.
- [2] 韩秀婕, 陈秀华, 吴明晓. 彩色多普勒超声在动脉血管吻合术疗效评估中的应用[J]. *中国临床保健杂志*, 2015, 8(5): 400-401.
- [3] NAPOLI M, MONTINARO A, RUSSO F, et al. Early experiences of intraoperative ultrasound guided angioplasty of the arterial stenosis during upper limb arteriovenous fistula creation[J]. *J Vasc Access*, 2007, 8(2): 97-102.
- [4] 张功林, 章鸣. 桡动脉损伤的诊断与治疗[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2008, 10(9): 882-884.
- [5] WAVREILLE V, ADIN C A, ARANGO J, et al. Suture-free technique for canine ureteral resection-anastomosis using a microvascular anastomotic system: a cadaveric study[J]. *Vet Surg*, 2015, 44(1): 17-22.
- [6] HADDOCK N T, GARFEIN E S, SAADEH P B, et al. The lower-extremity Allen test[J]. *J Reconstr Microsurg*, 2009, 25(7): 399-403.
- [7] 王思夏, 战杰, 石强, 等. 应用微血管吻合器吻合动脉与静脉的临床体会[J]. *中华显微外科杂志*, 2015, 38(1): 84-85.
- [8] APPLETON S E, MORRIS S F. Anatomy and physiology of perforator flaps of the upper limb[J]. *Hand Clin*, 2014, 30(2): 123-135.
- [9] HAMISH M, GEDDOA E, REDA A, et al. Relationship between vessel size and vascular access patency based on preoperatively ultrasound Doppler[J]. *Int Surg*, 2008, 93(1): 6-14.
- [10] GRIBELYUK L M, KOLTZ P F, WALTZMAN J T, et al. An ultrasound-based approach to preoperative confirmation of reverse radial forearm flap perfusion[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2014, 134(5): 855e-856e.
- [11] 张定宝. 断指再植术后彩色多普勒血流临床分析[J]. *中国保健营养*, 2012, 11(8): 260-261.
- [12] WAIN R A, WHITTY J P, DALAL M D, et al. Blood flow through sutured and coupled microvascular anastomoses: a comparative computational study[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2014, 67(7): 951-959.
- [13] LORENZETTI F, GIORDANO S, SUOMINEN E, et al. Intraoperative hemodynamic evaluation of the radial and ulnar arteries during free radial forearm flap procedure[J]. *J Reconstr Microsurg*, 2010, 26(2): 73-77.

(张西倩 编辑)