

桡动脉穿刺前手部血液供应的评估方法

杨晓亚¹ 崔朝勃^{1△} 王金荣¹

[关键词] 重症监护病房; 手部血液供应; 有创血压; Allen 试验; 彩色多普勒超声

doi: 10.13201/j.issn.1009-5918.2020.06.019

[中图分类号] R614 [文献标志码] A

Evaluation method of blood supply to hand before radial artery puncture

Summary The patients in intensive care unit (ICU) are in serious condition and often need hemodynamic monitoring, invasive blood pressure monitoring is one of the common monitoring methods. The radial artery is the first choice since it is superficial and easily accessible. If the puncture results in thrombosis or vascular occlusion in the radial artery, and the radial and ulnar arteries anastomose poorly, it will lead to the complications such as ischemia and gangrene at the finger end of the puncture hand, and result in serious adverse consequences. Therefore, before the puncture, it is necessary to routinely evaluate the anastomosis between the radial artery and the ulnar artery, evaluate the patient's hand blood supply, and choose the puncture blood vessel, reasonably to avoid the occurrence of the above-mentioned adverse events. The most commonly used methods are the Allen test and the modified Allen test in clinical work. For patients with serious illness such as confusion, edema, and anemia, color Doppler ultrasound combined with the Allen test can more accurately determine the hand blood of patients. It is worth promoting in clinical work.

Key words intensive care unit; hand blood supply; invasive blood pressure; Allen test; color doppler ultrasound

重症监护病房(intensive care unit, ICU)的患者病情较重,常需结合血流动力学监测指标指导患者治疗,其中有创血压监测是临床上经常用到的有创监测之一。由于桡动脉表浅,易触及,而尺动脉不易触及,其通畅性不易评估,所以,临床工作中,首选桡动脉穿刺。由于危重患者可能需连续几天监测有创血压,在动脉留置导管针期间,可能出现血肿、出血、血栓形成、动脉暂时闭塞、假性动脉瘤、动静脉瘘、肢体缺血、周围神经病变以及局部或全身感染等并发症。如果穿刺血管内出现血栓等导致患者桡动脉血流不畅甚至闭塞,此时如果患者桡尺动脉循环不良,可能会导致穿刺侧手部出现指端缺血、坏疽等严重并发症,这些并发症可能导致不可逆转的结构和功能损伤,进而影响患者的生活^[1]。有报道显示桡动脉闭塞或损伤风险范围为0.8%~30.0%^[2]。所以,在进行血管穿刺前需常规评估桡动脉与尺动脉血管及两者之间的吻合情况,了解患者手部供血情况,从而避免出现严重并发症。临床工作中最常用的方法为 Allen 试验及改良的 Allen 试验,但是,由于 ICU 患者病情危重,好多患者神志昏迷,不能配合行 Allen 试验;休克

患者指端循环差,患者严重低蛋白血症导致手部水肿,或合并贫血等,这些因素都可能会影响 Allen 试验的准确性;并且,Allen 试验具有一定的主观性。所以,临床工作中,尤其对于危重患者,更为准确的手部血管评估方法需与 Allen 试验相互补充,才能更准确地评估患者手部血供,从而减少临床并发症的发生。现就临床工作中常用的评估手部血供的方法及其优缺点展开论述,为临床工作中寻找更为准确的判定方法,从而更好地服务临床。

1 手部的血供

手部由右锁骨下动脉和左锁骨下动脉进行血液供应,锁骨下动脉到达腋窝时被称为腋动脉,从那里,向上臂供血的腋动脉将继续流向前路窝,在那里分为桡动脉和尺动脉,然后桡、尺动脉向前臂供血,最后向手部供血。桡动脉沿着前臂外侧位于肱桡肌和桡侧腕屈肌之间,在手腕处,它分为浅掌支和深掌支;尺动脉沿着前臂内侧,穿过腕尺管,分裂成深和浅掌支。这些拱门构成了手部血流的基础(图 1^[3])。完整的深掌弓由桡动脉掌深分支的远端和尺动脉掌深分支组成;完整的掌浅弓是由尺动脉的浅支与桡动脉浅支相连构成^[3]。

2 Allen 试验及改良 Allen 试验

Allen 于 1929 年首次提出应用 Allen 试验评估手部血流。同年, Wright 提出了改良的 Allen 试

¹ 哈励逊国际和平医院重症医学科(河北衡水,053000)

[△] 审校者

通信作者:崔朝勃, E-mail: zhaobocui2014@sina.com

验,几乎取代了原来的方法,使用改良的 Allen 试验在床边进行评估是公认的临床标准^[4-5]。Allen 试验阳性意味着患者尺桡动脉吻合不良,患者手部供血不足,此时若行桡动脉穿刺置管,易导致严重并发症^[2,6-7]。

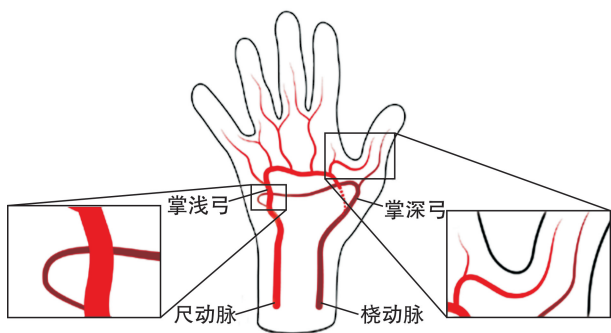


图 1 右手掌血供图^[3]

最初的 Allen 试验(Allen test, AT):要求被检查者将双手举过头,这有助于排出手上的血液;接下来,要求被检查者将双手紧握成拳头状,检查者双手同时阻断其桡动脉,然后被检查者迅速张开双

手,检查者比较被检查者手掌的颜色。当血液从侧支回流时,手的颜色应该是由最初的苍白转为正常红色;同时阻断尺动脉,重复进行上述试验。当任一动脉单独闭塞时双手恢复正常颜色,称为 Allen 试验阴性。阳性测试则是指手掌持续苍白,表明没有侧支血液流向手部。

改良的 Allen 试验(modified Allen test, MAT):首先让被检查者的手臂弯曲肘部,握紧拳头,或者让被检查者张开和紧握拳头,以帮助增加手部血流量。尺、桡动脉同时被压迫,然后将肘部伸展到不超过 180°,避免过度伸展导致假阳性,然后松开拳头,手掌应该是白色的,然后在维持桡动脉压力的同时,从尺动脉释放压迫,一旦压迫被释放,手掌颜色应在 10 s 内恢复如初^[8-9](图 2^[9])。在同一只手上重复测试,同时首先释放桡动脉,继续压迫尺动脉。对于动脉未闭,侧支正常的患者,在任一动脉释放后,手掌颜色应相对快速地(在 10 s 内)恢复。如果患者松开拳头后手掌在 10 s 后仍苍白,那么测试是阳性的,表明正在释放的动脉内存在阻塞。根据 MAT 结果对患者进行分类:正常(0~5 s)、中级(6~10 s)或异常(10 s 以上)^[9]。



a: 被检查者握紧拳头;b: 尺、桡动脉同时被压迫;c: 在同一只手上重复测试,首先释放桡动脉,继续压迫尺动脉。

图 2 改良 Allen 试验^[9]

3 AT 与 MAT 的临床应用效果

目前临床上检查尺桡动脉通畅情况的主要方法是 AT 和 MAT 试验。MAT 试验简单易行,临床中逐渐取代传统的 Allen 试验应用于临床工作中。MAT 试验测试的结果取决于患者手部颜色恢复的时间,标准判断时间在 5~10 s 之间,据 Puttarajappa 等^[10]研究,该试验的准确性在时间为 5~6 s 时最高,尤其是当患者的手部颜色恢复时间较长时,会导致判断结果主观性较强;如果前臂血管的解剖结构有变异,也会影响 Allen 试验测试结果^[11]。对于皮肤黝黑、贫血、手部水肿严重的患者,Allen 试验结果也会有不同程度的主观性,这样就会导致较多的假阳性和假阴性^[12]。许多经验丰富的操作者也认为,许多因素可能会影响结果,比

如皮肤苍白,患者不合作,测试过程中动脉的不完全闭塞,这些都会影响 Allen 试验的结果^[4,13]。

Abu-Omar 等^[14]认为 Allen 试验测试很容易实施,并且结果可靠,认为在冠状动脉造影术之前,必须进行检查以确定桡/尺动脉有无病变。Kwon 等^[15]关于经桡动脉脑血管造影术的研究中发现,尽管 Allen 试验作为术前工作,但其有效性仍存在争议,但研究表明,它确实具有临床价值。Greenwood 等^[16]证明,Allen 试验阳性的患者,桡动脉闭塞引起的主要并发症为拇指缺血,其他部位无明显缺血表现。有文献报道,Allen 试验阳性的患者在经桡动脉介入治疗后没有缺血等并发症发生,认为 Allen 试验不能预测缺血性并发症,并且认为在经桡动脉介入治疗之前不需要进行 Allen

试验^[17]。Asif 等^[18]研究 881 例 Allen 试验阳性且行冠状动脉搭桥手术的患者,在桡动脉穿刺时,患者均未出现手部缺血等并发症。Kohonen 等^[19]认为,在行冠脉搭桥手术时,在 Allen 试验阳性的患者,采用经桡动脉入路也是安全的。Barner^[20]和 Meharwal 等^[21]分别做了 1 364 例和 3 977 例冠脉搭桥术的患者,也得出类似的结果,原因考虑与桡动脉和尺动脉之间侧支循环的复杂多变有关。这也许提示 Allen 试验或许是不必要的。Barbeau 等^[22]认为 Allen 测试是一个亚主观的测试,因为 Allen 试验没有设定一个确切的阈值。事实上,阈值从 5 s 到 9 s,Allen 测试异常在 1%~27%之间,根据 Allen 测试结果,6.3%的患者被排除,而通过血氧测定和血压测定,这一比例下降到 1.5%。因此,Barbeau 等^[22]认为,相比 Allen 试验,人体脉搏血氧测定是更敏感和更客观的测试。Van Leeuwen 等^[3]通过血管造影评价经桡动脉心导管术患者的掌弓循环解剖结构发现,改良 Allen 试验对掌弓不完整的诊断准确度较低,敏感度差。Hage 等^[23]认为 Allen 测试是一个简单而费用低廉的测试,被广泛使用,同时发现 Allen 试验结果(阴性或阳性)与发生手部缺血并发症,两者之间关联很小。同时推荐使用更可靠和客观的多普勒超声评估血管。

综上,虽然目前临床工作中,检查尺桡动脉通畅的主要方法是 AT 和 MAT 试验,但由于受测试者主观因素和被测试者因素影响,尤其在危重患者中应用时,其准确度较低,临床工作中若仅依靠 Allen 试验来判断患者手部的血液供应,不结合更准确的手段评估尺、桡动脉的血流,可能导致评估结果不准确,甚至给患者造成指端缺血、坏死等严重并发症。

4 SPO₂-Allen's 试验

对于无法合作的昏迷患者,Allen 试验非常困难,在 Allen 试验的基础上监测脉搏血氧饱和度,并通过监护仪显示屏上脉搏波和血氧饱和度值的变化观察尺动脉和桡动脉的通畅情况,这就是 SPO₂-Allen's 试验。

SPO₂-Allen's 试验:对患者进行穿刺术前,先在穿刺侧手指端行脉搏氧饱和度监测,将探头置于患者拇指上,记录基础氧饱和度数值和波形,然后,同时压闭桡动脉和尺动脉,使监护屏幕显示脉氧波形为直线,血氧饱和度读数降至为 0,再观察 5 s,然后放开尺动脉,分别记录监护屏幕上脉波波形及氧饱和度恢复基础值的时间,小于 10 s,证明尺动脉通畅,尺桡动脉循环好;如果尺动脉降压后 10 s 内

氧饱和度和氧合曲线没有回到基线,或出现脉波低矮、圆钝,则表示结果异常,证明该患者尺动脉供血不良,此时不宜行桡动脉穿刺术。以相同的方式,在同时按压和闭合尺动脉和桡动脉后,松开桡动脉以了解桡动脉的通畅性^[24]。

郭海龙等^[25]监测了 30 例脑损伤引起的严重昏迷患者的尺侧和桡动脉的通畅情况,他们得出的结论是:在重度昏迷患者中,监测脉搏氧饱和度可以代替 Allen 试验来判断尺动脉和桡动脉的通畅性,从而确定桡动脉穿刺的可行性;但是,对于指端血运不良、手部严重水肿的患者,会影响脉搏氧饱和度的准确性,此时准确性比较低。

5 拇指血流灌注指数(PI)试验

拇指血流灌注指数(PI)试验:使患者处于仰卧位,腕关节处于自然伸直状态,同时手掌自然伸开,将脉搏血氧饱和度探头固定于受试侧拇指上,待 PI 数值稳定后,阻断桡动脉的血液供应,分别记录压迫前及压迫后 10、20、30、40、50、60 s 的 PI 值并记录最低 PI 值及其出现的时间。最低 PI 值 < 0.3 定义为拇指 PI 值试验阳性,最低 PI 值 ≥ 0.3 定义为拇指 PI 值试验阴性^[26]。PI 试验阴性则表示患者桡、尺动脉吻合较好,患者手部血液供应充分。此方法在指端血液不良的患者中实施时,准确性也比较低。

6 彩色多普勒超声

在 20 世纪 90 年代初期,Pola 等^[27]在桡动脉和尺动脉穿刺前,将多普勒超声作为常规试验,同时在临床应用中获得了满意的效果。Bartella 等^[28]也推荐在有创操作前利用超声来对血管进行评估。Yadava 等^[29]也认为,Allen 试验是一种有效的桡动脉筛查试验,但是结果不是百分百准确,对于皮肤苍白、不合作或无意识的患者,这时推荐联合超声检查血管。Abu-Omar 等^[14]也指出,多普勒超声可以预测 Allen 试验异常的患者行桡动脉穿刺时的安全性。

超声可以准确判断尺动脉和桡动脉的内壁是否连续和完整,了解动脉的内径,并排除节段性狭窄和斑块;而且,超声是非侵入性的并且易于操作。但是,桡动脉和尺动脉的术前多普勒超声应该由专业超声技术人员操作。在手术前,检查左右侧的桡动脉和尺动脉的直径、通畅度,了解有无斑块等异常,在预期穿刺部位测量从内膜到内膜的桡动脉或尺动脉的直径^[30]。

超声可以测量桡动脉、尺动脉的内径、平均流速和血流量,评估该患者手部优势血管,选择穿刺桡动脉或尺动脉留置导管。若桡动脉内径小于尺

动脉且血流量小于尺动脉,可优先选择尺动脉穿刺,由于尺动脉不易触及,此时,为减少穿刺并发症的发生,建议超声引导下尺动脉穿刺置管,减少穿刺次数。

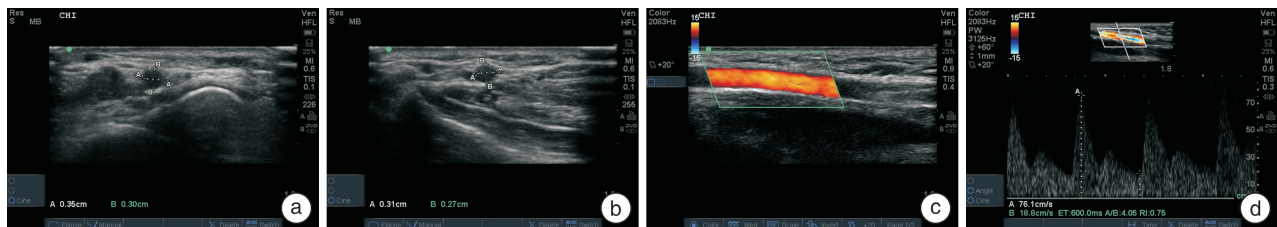
超声可以清楚地观察桡动脉、尺动脉和拇指动脉的直径、内膜和血流情况。在正常人群中,桡动脉受压迫阻断其血供后,尺动脉的血流速峰值会明显增加,增加程度在30%~150%之间,尺动脉的血流速峰值明显增加反映了尺动脉的代偿能力,是桡动脉和尺动脉之间具有完全侧支循环的间接证据;如果拇指动脉的血流信号没有消失,则意味着尺动脉通过掌浅弓进行供血,是尺骨和桡动脉之间侧支循环良好的直接证据之一;桡动掌浅弓内出现反向血流是尺骨和桡动脉之间良好侧支循环的最有力证据。

测量方法首先,用二维图像对桡动脉和尺动脉进行确认,先通过横切面视野(短轴)识别动脉,然后超声探头旋转90°看纵切面视野(长轴),观察动脉的直径和内膜,然后进行脉搏多普勒采样(血流方向和声速角 $\leq 60^\circ$),显示血流频谱,并分析其特征;然后,让受检者休息10 min后取坐位,双上肢前臂自然前伸平放于检查床上,掌侧朝上,与心脏处于同一水平面,测量部位在腕横纹上2 cm处,探头与皮肤充分接触,需避免施加压力过大从而使血

管变形。检查时可采用横切、纵切,横切时测量双侧尺、桡动脉的内径(图3 a、b),测量从内膜到内膜的桡动脉和尺动脉的直径;在纵切面中,当彩色多普勒显示血流充满整个管腔时,将脉冲多普勒采样容积放在血管中心,尽可能显示较长的管腔,以使声速和血流方向呈 $\leq 60^\circ$ 夹角,获得脉冲多普勒频谱,测量收缩期峰值流速(PSV)、舒张末期流速(EDV)、平均流速、阻力指数(RI)(图3 c、d)。为了减少测量误差,可以测量至少5个连续多普勒频谱,并取其平均值。然后,压迫桡动脉,通过彩色多普勒超声确认桡动脉中的血流消失,此时,测量尺动脉的上述血流动力学指标,采样点与桡动脉受压前相同,检查条件不变。

桡尺动脉侧支循环良好的指标:当桡动脉受压时,超声显示尺动脉的流速及流量均应代偿性增加,这可以证明桡尺动脉之间有充分的血液循环;当桡动脉掌浅支出现反向血流时,表示尺动脉与掌浅弓之间的血流畅通无阻,这意味着尺动脉与掌浅弓之间的侧支循环良好。

桡尺动脉侧支循环不良的指标:桡动脉受压后,尺动脉的血流速度不增加,伴有掌浅支的血流信号消失;桡动脉受压后,桡动脉浅支无反向血流^[31]。同样,当尺动脉受压时,桡动脉的流量、流速均无代偿性增加。



a:横切面时测量桡动脉的内径;b:横切面时测量同侧尺动脉的内径;c:纵切面时找最大管腔行彩色多普勒;d:多普勒频谱测血管收缩期峰值流速、舒张末期流速及阻力指数。

图3 超声评估同侧桡、尺动脉血流情况

7 小结

改良的Allen试验评估患者桡尺动脉吻合情况,简单快捷,但主观性强,尤其在评估昏迷、休克、水肿等危重患者的桡尺动脉吻合情况时,容易出现假阴性和假阳性结果。SPO₂-Allen's试验及拇指血流灌注指数(PI)试验虽然有时能弥补Allen试验的不足,但在患者指端血运不良时,准确度也较低。彩色多普勒超声是评估动脉通畅性和侧支能力的“金标准”,可以准确判断尺、桡动脉的内壁是否连续、完整,了解血管的内径,同时排除节段性狭窄、斑块等情况,可以判断桡、尺动脉血流,反映

手部桡尺动脉的吻合情况,同时超声可引导穿刺,减少反复穿刺引起的血管损伤,操作简单,值得在临床工作中推广。

参考文献

- [1] Mounsey CA, Mawhinney JA, Werner RS, et al. Does previous transradial catheterization preclude use of the radial artery as a conduit in coronary artery bypass surgery? [J]. *Circulation*, 2016, 134(9): 681-688.
- [2] Bertrand OF, Carey PC, Gilchrist IC. Allen or no Allen; that is the question! [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(18): 1842-1844.

- [3] Van Leeuwen MAH, Hollander MR, Van Der Heijden DJ, et al. The ACRA Anatomy Study (Assessment of Disability After Coronary Procedures Using Radial Access): A comprehensive anatomic and functional assessment of the vasculature of the hand and relation to outcome after transradial catheterization [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2017, 10(11):
- [4] Jarvis MA, Jarvis CL, Jones PR, et al. Reliability of Allen's test in selection of patients for radial artery harvest [J]. *Ann Thorac Surg*, 2000, 70(4): 1362–1365.
- [5] Romeu-Bordas Ó, Ballesteros-Pena S. Reliability and validity of the modified Allen test: a systematic review and meta-analysis [J]. *Emergencias*, 2017, 29(2): 126–135.
- [6] Gokhroo R, Bisht D, Gupta S, et al. Palmar arch anatomy: Ajmer Working Group classification [J]. *Vascular*, 2016, 24(1): 31–36.
- [7] Biondi-Zoccai G, Moretti C, Zuffi A, et al. Transradial access without preliminary Allen test—letter of comment on Rhyne Et Al [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2011, 78(4): 662–663.
- [8] Ruengsakulrach P, Brooks M, Hare DL, et al. Preoperative assessment of hand circulation by means of Doppler ultrasonography and the modified Allen test [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, 121(3): 526–531.
- [9] Valgimigli M, Campo G, Penzo C, et al. Transradial coronary catheterization and intervention across the whole spectrum of Allen test results [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(18): 1833–1841.
- [10] Puttarajappa C, Rajan DS. Images in clinical medicine. Allen's test [J]. *N Engl J Med*, 2010, 363(14): e20.
- [11] Habib J, Baetz L, Satiani B. Assessment of collateral circulation to the hand prior to radial artery harvest [J]. *Vasc Med*, 2012, 17(5): 352–361.
- [12] Hosokawa K, Hata Y, Yano K, et al. Results of the Allen test on 2,940 arms [J]. *Ann Plast Surg*, 1990, 24(2): 149–151.
- [13] Gilchrist IC. Is the Allen's test accurate for patients considered for transradial coronary angiography? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48(6): 1287–1288.
- [14] Abu-Omar Y, Mussa S, Anastasiadis K, et al. Duplex ultrasonography predicts safety of radial artery harvest in the presence of an abnormal Allen test [J]. *Ann Thorac Surg*, 2004, 77(1): 116–119.
- [15] Kwon WK, Yoon W, Kwon TH, et al. Transradial access for cerebrovascular angiography: Evaluation of palmar collateral circulation with hand angiography and its correlation with Allen test [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2018, 164: 14–18.
- [16] Greenwood MJ, Della-Siega AJ, Fretz EB, et al. Vascular communications of the hand in patients being considered for transradial coronary angiography: is the Allen's test accurate? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46(11): 2013–2017.
- [17] Kochi K, Sueda T, Orihashi K, et al. New noninvasive test alternative to Allen's test: snuff-box technique [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, 118(4): 756–758.
- [18] Asif M, Sarkar PK. Three-digit Allen's test [J]. *Ann Thorac Surg*, 2007, 84(2): 686–687.
- [19] Kohonen M, Teerenhovi O, Terho T, et al. Is the Allen test reliable enough? [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2007, 32(6): 902–905.
- [20] Barner HB. Allen's test [J]. *Ann Thorac Surg*, 2008, 85(2): 690.
- [21] Meharwal ZS, Trehan N. Functional status of the hand after radial artery harvesting: results in 3,977 cases [J]. *Ann Thorac Surg*, 2001, 72(5): 1557–1561.
- [22] Barbeau GR, Arsenault F, Dugas L, et al. Evaluation of the ulnopalmar arterial arches with pulse oximetry and plethysmography: comparison with the Allen's test in 1010 patients [J]. *Am Heart J*, 2004, 147(3): 489–493.
- [23] Hage F, Benamer H. Is the Allen test still useful in patients undergoing transradial cardiac coronary angiography? [J]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*, 2013, 62(6): 419–423.
- [24] Vukovic P, Peric M, Radak S, et al. Preoperative insight into the quality of radial artery grafts [J]. *Angiology*, 2017, 68(9): 790–794.
- [25] 郭海龙, 肖建军, 张民, 等. 脉搏氧饱和度监测替代 Allen's 试验在昏迷患者桡动脉穿刺有创血压监测中的应用 [J]. *蚌埠医学院学报*, 2012, 37(3): 329–330.
- [26] 吴阳. 拇指血流灌注指数试验与改良 Allen 试验的比较 [D]. 蚌埠: 蚌埠医学院, 2017.
- [27] Pola P, Serricchio M, Flore R, et al. Safe removal of the radial artery for myocardial revascularization: a Doppler study to prevent ischemic complications to the hand [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1996, 112(3): 737–744.
- [28] Bartella AK, Flick N, Kamal M, et al. Hand perfusion in patients with physiological or pathological Allen's tests [J]. *J Reconstr Microsurg*, 2019, 35(3): 182–188.
- [29] Yadava OP, Dinda AK, Mohanty BK, et al. Is radial artery Doppler scanning mandatory for use as coronary bypass conduit? [J]. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2015, 23(7): 822–827.
- [30] Bertrand B, Sene Y, Huyguez O, et al. Doppler ultrasound imaging of the radial artery after catheterization [J]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*, 2003, 52(3): 135–138.
- [31] Agrifoglio M, Dainese L, Pasotti S, et al. Preoperative assessment of the radial artery for coronary artery bypass grafting: is the clinical Allen test adequate? [J]. *Ann Thorac Surg*, 2005, 79(2): 570–572.