

## 论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.18.015

网络首发 <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210723.1408.011.html>(2021-07-24)

## 球囊渐进扩张法治疗动静脉内瘘 CTO 病变的研究\*

熊狄<sup>1</sup>,周颖<sup>1△</sup>,冯剑<sup>2</sup>,万珍<sup>1</sup>,刘飞燕<sup>1</sup>,陈慧敏<sup>1</sup>

(1.南昌大学第三附属医院血液透析室,南昌 330006;2.浙江大学医学院附属邵逸夫医院肾内科,杭州 310020)

**[摘要]** **目的** 探讨球囊渐进扩张法治疗动静脉内瘘慢性完全闭塞(CTO)病变的安全性和有效性。**方法** 选取 2019 年 1 月至 2020 年 6 月 120 例动静脉内瘘功能丧失患者为研究对象,分为试验组、对照 A 组和对照 B 组,试验组采用球囊渐进扩张法对内瘘 CTO 病变患者进行治疗,对照 A 组则采用双导丝法,对照 B 组采用多导丝挤压斑块法,观察并比较各组手术效果和并发症发生情况。**结果** 采用经皮腔内血管成形术(PTA)治疗时使用多种技术后开通动静脉内瘘 CTO 病变的总体技术成功率为 73.3%,总体临床成功率为 70.8%,总体并发症发生率为 29.2%。试验组技术成功率(72.5%)和临床成功率(70.0%)高于对照 A 组及对照 B 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。对于导丝能通过而球囊不能通过的内瘘 CTO 病变,试验组成功率达 93.5%,较对照 A 组及对照 B 组具有更明显的优势( $P < 0.05$ )。无论采用何种技术开通 CTO 病变,术后肱动脉血流量及 3、6 个月内瘘通畅率比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 球囊渐进扩张法能够安全、有效地开通动静脉内瘘 CTO 病变,尤其是在导丝能通过但球囊不能通过的病例中。

**[关键词]** 血液透析;动静脉内瘘;慢性完全闭塞性病变;经皮腔内血管成形术;球囊渐进扩张法**[中图分类号]** R692.5**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2021)18-3131-05

## Study on the treatment of arteriovenous fistula with CTO by the balloon progressive dilation technology\*

XIONG Di<sup>1</sup>, ZHOU Ying<sup>1△</sup>, FENG Jian<sup>2</sup>, WAN Zhen<sup>1</sup>, LIU Feiyan<sup>1</sup>, CHEN Huimin<sup>1</sup>

(1. Department of Dialysis, the Third Hospital Affiliated to NanChang University, Nanchang, Jiangxi 330006, China; 2. Department of Nephrology, Zhejiang University Medical College Affiliated Sir Run Run Shaw Hospital, Hangzhou, Zhejiang 310020, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the safety and effectiveness of the balloon progressive dilation technology in the treatment of chronic total occlusion (CTO) of internal arteriovenous fistula. **Methods** From January 2019 to June 2020, 120 patients with arteriovenous fistula failure were selected as the research objects, and they were divided into the experiment group, the control group A and the control group B. The experiment group used the balloon progressive dilation technology to treat patients with CTO of internal fistula, the control group A was treated with the double-guide wire method, and the control group B was treated with the multi-guide wire plaque squeeze method. The surgical effects and complications of each group were observed and compared. **Results** The overall technical success rate of opening arteriovenous fistula CTO lesions after using multiple techniques during percutaneous transluminal angioplasty (PTA) treatment was 73.3%, the overall clinical success rate was 70.8%, and the overall complication rate was 29.2%. The technical success rate (72.5%) and clinical success rate (70.0%) in the experiment group were higher than those in the control group A and B, the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). For the internal fistula CTO lesions that the guide wire could pass while the balloon could not pass, the test composition power reaches 93.5%, which had a more obvious advantage than the control group A and B ( $P < 0.05$ ). Regardless of the technique used to open CTO lesions, there was no statistically significant difference in the postoperative brachial artery blood flow and the fistula patency rate within 3 and 6 months ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** The balloon progressive dilation technology can safely and effectively treat arteriovenous fistula CTO lesions, especially in

\* 基金项目:江西省科技厅重点研发计划(20192BBG70032)。 作者简介:熊狄(1983-),主治医师,硕士,主要从事血液净化及透析血管通路研究。

△ 通信作者, E-mail: azurey01@126.com。

cases where the guide wire can pass but the balloon cannot pass.

**[Key words]** hemodialysis; internal arteriovenous fistula; chronic total occlusion; percutaneous transluminal angioplasty; balloon progressive dilation technology

目前,自体血管动静脉内瘘仍是血液透析患者的首选,但其远期通畅率仍不理想。在各种原因导致的动静脉内瘘功能丧失中,慢性完全闭塞(CTO)病变是临床上治疗最困难的病变。CTO 病变以往多在冠状动脉病变中提及,其指血管完全闭塞,无前向血流通且超过 3 个月的病变<sup>[1]</sup>。在临床工作中常常发现,为肾透析的动静脉内瘘同样也会发生此类病变,故把此概念引入动静脉内瘘中。正如冠状动脉 CTO 病变是冠状动脉介入治疗领域中亟须攻克的一道防线<sup>[2]</sup>,动静脉内瘘 CTO 病变也是动静脉内瘘失功中最难以攻克的一道难题。然而,不同于冠状动脉 CTO 病变已经出台了 CTO 腔内介入治疗标准流程图<sup>[3]</sup>,动静脉内瘘 CTO 病变的开通成功率国内尚未见公开报道,对于内瘘 CTO 病变开通的关键技术也尚未定论。故而,对于内瘘 CTO 病变治疗关键技术的研究迫在眉睫。目前,国内外对于 CTO 病变的研究报道多集中在心内科冠状动脉领域,而对于动静脉内瘘 CTO 病变的研究报道则较少。在冠状动脉 CTO 病变的治疗中,多采用“锚定技术”“双导丝技术”“多导丝挤压斑块技术”“旋磨技术”等开通病变<sup>[4]</sup>。但因为解剖学、病理学等特点,部分技术并不适用于动静脉内瘘 CTO 病变。因此,为了寻找更易于操作、更安全的治疗方法,本课题组总结了球囊渐进扩张法,并与其他技术进行比较分析,以评价此方法治疗动静脉内瘘 CTO 病变的安全性及有效性,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2019 年 1 月至 2020 年 6 月于南昌大学第三附属医院血液透析室及浙江大学医学院附属邵逸夫医院肾内科就诊的 120 例动静脉内瘘功能丧失患者,其中南昌大学第三附属医院 80 例,浙江大学医学院附属邵逸夫医院 40 例。纳入标准:(1)自体前臂头静脉-桡动脉内瘘,维持性血液透析超过 6 个月;(2)超声或数字减影血管造影(DSA)下造影提示动静脉内瘘静脉流出道有静脉 CTO 病变,局部管腔闭塞,前向血流完全消失,但仍能在超声下观察到血管腔,且完全闭塞时间超过 3 个月;(3)连续 2 次以上透析时血流量小于 180 mL/min 或静脉压大于 180 mm Hg,或完全不能行血液透析患者;(4)超声测定肱动脉血流量小于 500 mL/min。排除标准:(1)内瘘血管血栓形成;(2)有其他脏器功能不全,或其他手术禁忌证者;(3)闭塞部位位于中心静脉,不适宜超声引导下完成经皮腔内血管成形术(PTA)的患者。所有患者均采用维持性血液透析,血管通路均为前臂自体动静脉内瘘,经超声或 DSA 确诊为内瘘 CTO 病变。所有患者分为试验组(球囊渐进扩张法)、对照 A 组(双导丝法)和对照 B 组(多导丝挤压斑块法),每组 40 例,3 组一般资料比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性,见表 1。

表 1 3 组一般资料比较( $n=40$ )

项目	试验组	对照 A 组	对照 B 组	P1	P2
男/女( $n/n$ )	32/8	27/13	29/11	0.204	0.431
年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	60.4±12.0	58.5±13.8	58.4±14.2	0.550	0.296
透析龄( $\bar{x}\pm s$ ,月)	49.6±27.6	55.1±22.7	51.6±23.6	0.143	0.225
血管闭塞段长度( $\bar{x}\pm s$ ,cm)	5.99±3.03	5.96±2.90	6.21±2.84	0.756	0.786
肱动脉血流量( $\bar{x}\pm s$ ,mL/min)	264.8±106.3	276.0±120.5	290.9±95.9	0.444	0.407

P1:对照 A 组与试验组比较;P2:对照 B 组与试验组比较。

## 1.2 方法

### 1.2.1 仪器及耗材

采用日本东芝 Aplio500 彩色超声诊断仪,探头频率选择 15 MHz。手术均采用 5F 或 6F 血管鞘(日本泰尔茂株式会社)、0.035 英寸超滑导丝或加硬导丝(美国 COOK 公司)、4~6 mm×40 mm REEF PTA 球囊扩张导管(美国美敦力公司)、压力泵(美国波士顿科学公司)。

### 1.2.2 手术方式

3 组均选择患者闭塞血管段附近(约 5 cm 处)为穿刺点,尽量选择顺血流方向对瘘管进行穿刺,穿刺回血后送入套管,拔除穿刺针,经套管置入导丝,再拔除套管,沿导丝置入泰尔茂 5F 或 6F 血管鞘,拔除导丝及鞘芯,经血管鞘静脉推注肝素 20 mg 全身肝素化。经血管鞘置入 0.035 英寸超滑导丝,捻转导丝使之通过闭塞段血管。如导丝不能通过,可采用造影导

管支撑、锐性开通法、逆行通过导丝、子母导管等技术通过导丝。通过导丝后 3 组分别优先使用不同的开通技术尝试通过球囊并进行扩张,如未能开通,则视为失败,可改用其他技术开通。

试验组采用球囊渐进扩张法。沿导丝送入球囊,球囊直径选择临近正常血管管腔直径的 1.1 倍,将球囊送至难以通过的部位时,再用力将球囊向前推进,顶住球囊后以 4~10 大气压(ATM)压力开始逐渐扩张,扩张完毕后松开压力泵阀门,再次以较轻柔的力量将球囊向前推进,经过扩张后球囊一般能向前推进数毫米,推进至不能前进处再顶住球囊反复如上操作,直到球囊完全通过闭塞段血管。

对照 A 组采用双导丝法。首先使用 1 根导丝通过病变段血管,再将 1 根更硬的导丝沿第 1 根导丝通过病变,然后将球囊沿第 1 根导丝送至不能进入的高阻力病变处,扩张球囊并使第 2 根导丝对病变产生切割效应,使球囊易于通过。

对照 B 组采用多导丝挤压斑块技术。首先使用 1 根导丝通过 CTO 病变进入远端真腔,之后使用另 1 根导丝沿着第 1 根导丝通过病变部位,必要时可再选择置入第 3 根较硬的导丝通过病变部位。沿第 2 根导丝送入球囊进行扩张,使闭塞段更容易打通,也可以 2 根导丝各置入 1 个小球囊,交替挤压并通过球囊<sup>[5]</sup>。

然后 3 组均将球囊送至狭窄部位依次进行扩张 1~3 次,压力 10~22 ATM,每次持续 30 s,直至球囊切迹完全消失。如扩张效果不理想,也可选用切割球囊或超高压球囊再次扩张。扩张完毕后拔除球囊及导丝,超声复查确认闭塞血管血流恢复,且无并发症后拔出血管鞘,穿刺点局部加压止血 15 min。

### 1.2.3 观察指标

(1)技术成功率。经 PTA 后,闭塞段血管成功开通,且残余狭窄率小于 30% 的患者比例。(2)临床成功率。经 PTA 后,能顺利完成血液透析,2~3 次/周,至少持续 1 个月的患者比例。(3)并发症发生率。包括发生血管破裂出血、形成血肿、急性血栓形成、血管痉挛、形成血管夹层的比例。(4)开通后肱动脉血流量。超声测定术后第 1 天肱动脉血流量。(5)术后 3 个月内瘰通畅率。通畅率=术后 3 个月仍通畅的内瘰人数/手术成功开通总人数 $\times 100\%$ ,通畅的标准为肱动脉血流量大于 500 mL/min,内瘰狭窄率小于 50%,能完成血液透析且透析血流量大于 200 mL/min。(6)术后 6 个月内瘰通畅率。通畅率=术后 6 个月仍通畅的内瘰人数/手术成功开通总人数 $\times 100\%$ ,通畅的标准为肱动脉血流量大于 500 mL/min,内瘰狭窄率小于 50%,能完成血液透析且透析血流量大于 200

mL/min。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS25.0 软件进行数据分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,比较采用  $t$  检验;计数资料以频数或百分率表示,比较采用  $\chi^2$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

### 2.1 手术成功率比较

试验组技术成功率、临床成功率高于对照 A 组及对照 B 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。各组使用单一技术失败的患者,在尝试使用其他技术后仍有可能成功开通,因此,开通内瘰 CTO 病变的总体技术成功率为 73.3%(88/120),总体临床成功率为 70.8%(85/120)。开通 CTO 病变的难点在于导丝和球囊均不能通过,而本研究比较的开通方法均为导丝能通过但球囊不能通过的方法,因此统计了导丝能通过的情况,排除导丝不能通过的干扰因素后,结果显示试验组导丝能通过时的成功率最高,与对照 A 组及对照 B 组比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 2。

表 2 3 组手术成功率比较

项目	<i>n</i>	成功率 [ <i>n</i> (%)]	使用其他技 术后总体成 功数( <i>n</i> )	$\chi^2$	<i>P</i>
技术成功率					
试验组	40	29(72.5)	32		
对照 A 组	40	17(42.5)	27	7.366	0.007 <sup>a</sup>
对照 B 组	40	20(50.0)	29	4.266	0.039 <sup>a</sup>
临床成功率					
试验组	40	28(70.0)	30		
对照 A 组	40	17(42.5)	27	6.146	0.001 <sup>a</sup>
对照 B 组	40	19(47.5)	28	4.178	0.041 <sup>a</sup>
导丝能通过时的成功率					
试验组	31	29(93.5)	—		
对照 A 组	29	17(58.6)	—	10.218	0.001 <sup>a</sup>
对照 B 组	32	20(62.5)	—	8.782	0.003 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>:与试验组比较;—:无数据。

### 2.2 手术并发症发生情况比较

总体并发症发生率为 29.2%(35/120),其中试验组发生血肿 9 例,血栓闭塞 2 例;对照 A 组发生血肿 13 例,血管痉挛 1 例;对照 B 组发生血肿 9 例,血栓闭塞 1 例。所有患者经积极处理后均未发生严重后果,3 组并发症发生率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 2.3 术后肱动脉血流量比较

试验组术后肱动脉血流量为(692.6 $\pm$ 181.6)

mL/min, 对照 A 组为(655.8±186.5)mL/min, 对照 B 组为(700.4±173.0)mL/min, 3 组比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

#### 2.4 术后 3、6 个月内瘰通畅率比较

术后 3 个月试验组内瘰通畅率为 89.7%(26/29), 对照 A 组为 88.2%(15/17), 对照 B 组为 85.0%(17/20), 3 组比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。术后 6 个月试验组内瘰通畅率为 79.3%(23/29), 对照 A 组为 70.6%(12/17), 对照 B 组为 80.0%(16/20), 3 组比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。

### 3 讨 论

血管通路是血液透析患者赖以生存的生命线。在血管通路的选择中,“内瘰优先”的理念已经是共识<sup>[6]</sup>,选择自体动静脉内瘰的患者无论是在生存期、通畅率、并发症,都优于其他血管通路<sup>[7]</sup>。如果能够建立并长期维护自体动静脉内瘰,对于维持性血液透析患者而言,意味着更少的并发症、更少的平均年住院次数及医疗花费、更好的生活质量及更长的生存期;对于社会而言,则意味着能够节约大量财政及医保支出。

但自体动静脉内瘰的长期通畅率并不令人满意。最近的一项系统回顾和荟萃分析表明,自体动静脉内瘰 1 年内的 1、2 次通畅率分别只有 64% 和 79%<sup>[8]</sup>。根据经验,导致内瘰功能丧失最常见的是以下 3 种情况:内瘰单纯狭窄、内瘰急性血栓闭塞及内瘰 CTO 病变。其中,内瘰狭窄及内瘰急性血栓闭塞目前已取得较好的治疗效果。吴隘红等<sup>[9]</sup>报道采用超声引导下 PTA 治疗 398 例内瘰单纯狭窄及 192 例内瘰血栓患者,内瘰单纯狭窄组 PTA 技术成功率达 98.49%, 临床成功率 98.49%;内瘰血栓组技术成功率 94.27%, 临床成功率 93.23%。而对于动静脉内瘰 CTO 病变的开通率国内尚未见公开报道,本研究采用多种技术开通内瘰 CTO 病变 120 例,总体技术成功率为 73.3%, 总体临床成功率为 70.8%, 总体手术成功率明显低于内瘰单纯狭窄及内瘰急性血栓闭塞。因此,内瘰 CTO 病变仍是血管通路医师临床上面对的一道难题。

CTO 病变在临床上的发生率较高。在经冠状动脉造影确诊的冠状动脉粥样硬化性心脏病患者中,冠状动脉 CTO 病变的发生率约为 20%<sup>[3]</sup>,而在动静脉内瘰中 CTO 病变的发生率尚未见文献报道。尸检结果显示冠状动脉 CTO 病变是由血栓造成的,血栓形成后逐渐机化,并在近端和远端与胶原重组成纤维组织结构。随着时间的延长,病变发生钙化并失去其先前的微通道<sup>[10]</sup>,笔者推测动静脉内瘰 CTO 病变的发生机制也与此类似。CTO 病变的发生率也有性别的

差异。在冠状动脉 CTO 病变患者中男女比例约为 4:1<sup>[11-12]</sup>,本研究显示男女比例约为 3:1(88 例:32 例),男性患者更易发生 CTO 病变值的原因值得进一步研究。

目前对于动静脉内瘰 CTO 病变治疗的关键技术尚无定论。本研究显示,内瘰 CTO 病变开通上的难点主要是导丝不能通过病变及球囊不能通过病变,对于开通内瘰 CTO 病变的关键技术,总结如下:对于导丝不能通过的患者,和冠状动脉 CTO 病变的开通一样,也可以采用造影导管支撑、逆行通过导丝及子母导管<sup>[13]</sup>等技术。此外,不同于冠状动脉 CTO 病变部位在胸腔内难以操作,前臂的瘰静脉表浅而易于操作,可直接使用穿刺针穿刺血管闭塞部位进行开通。故在临床上总结出锐性开通法,其操作要点如下:在 CTO 病变起始部位附近静脉 1~2 cm 处使用套管针进行穿刺,在超声引导下朝向 CTO 病变方向进行穿刺,待穿刺成功后将针尖置入 CTO 病变附近,然后采用超声下“动态针尖定位技术”<sup>[14]</sup>进针,即超声探头不断采用短轴扫描技术在 CTO 病变部位水平远近移动,在超声指引下不断调整进针方向使得高回声针尖影始终位于血管腔的圆心并缓慢进针,直至完全或部分穿过闭塞段血管,然后拔除穿刺针,经套管针置入超滑导丝通过闭塞段血管。注意穿刺时需在超声引导下缓慢谨慎地进针,避免穿刺到血管腔外。对于 CTO 病变段血管迂曲较严重的患者也不适用。此外,对于导丝的选择也很重要<sup>[15]</sup>。

对于导丝能通过而球囊不能通过的高阻力 CTO 病变,笔者采用球囊渐进扩张法取得了 93.5% 的成功率,远高于其他对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),且无严重并发症发生,费用也更低廉,值得临床推广。故笔者建议在导丝能通过而球囊不能通过的 CTO 病变中优先采用本方法。球囊渐进扩张法在临床操作中需注意:(1)球囊难以通过时可以更换支撑力更强的导丝,如 J 头 Extra stiff 加硬导丝。(2)使用导丝牵张技术增加导丝的支撑力,在闭塞段血管的另一端也置入 1 个血管鞘,将通过 CTO 病变的导丝送入另一端的血管鞘内,拔出血管鞘并带出导丝至体外,再沿导丝重新置入血管鞘。此时,导丝的两端都经闭塞段血管两端的血管鞘在体外,然后操作时维持一定的张力牵张导丝的两端,可以明显增加导丝的支撑力。(3)使用更小直径的球囊预扩张,当然这会使得手术费用的明显增加。值得指出的是,根据笔者经验,球囊渐进扩张法主要的局限在于如果导丝无法通过病变,则使用本法开通的成功率会大大降低,故而推荐在导丝能通过而球囊不能通过的病变中优先采用,可以明显提高手术成功率。当然,本研究也提示

在使用任何单一技术失败后,可使用其他技术开通 CTO 病变,故而应当尝试使用各种技术来开通治疗困难的 CTO 病变。若最终 PTA 无法成功开通闭塞的血管,可以视情况改行人工血管搭桥、自体血管转位搭桥、自体静脉移植或动静脉内瘘重建等方法重新建立血管通路。如果 PTA 开通 CTO 病变后远期效果欠佳,如短时间内再次发生狭窄或闭塞,也可以视情况植入覆膜支架。

综上所述,本研究通过双中心的对照分析,创新性地总结了内瘘 CTO 病变治疗中的关键技术,并在临床上总结出了球囊渐进扩张法治疗动静脉内瘘 CTO 病变,取得了良好的疗效,且无严重并发症发生,值得临床应用推广。

## 参考文献

[1] MANNEM S, RATTANA W P, RIANG W T, et al. Sex difference and outcome after percutaneous intervention in patients with chronic total occlusion: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2020, 21(1): 25-31.

[2] MARECHAL P, DAVIN L, GACH O, et al. Coronary chronic total occlusion intervention: utility or futility[J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2018, 16(5): 361-367.

[3] 中国冠状动脉慢性闭塞病变介入治疗俱乐部. 中国冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗推荐路径[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2018, 26(3): 121-128.

[4] 吴龙梅, 田新利, 崔振双, 等. CTO 病变钢丝通过而球囊不能通过病变时怎么办[J/CD]. *中华心脏与心律电子杂志*, 2015, 3(4): 56-58.

[5] RILEY R F, WALSH S J, KIRTANE A J, et al. Algorithmic solutions to common problems encountered during chronic total occlusion angioplasty: the algorithms within the algorithm[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019, 93(2): 286-297.

[6] 中国医院协会血液净化中心分会血管通路工作组. 中国血液透析用血管通路专家共识(第 2 版)[J]. *中国血液净化*, 2019, 18(6): 365-381.

[7] RAVANI P, PALMER S C, OLIVER M J, et al. Associations between hemodialysis access type and clinical outcomes: a systematic review[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2013, 24(3): 465-473.

[8] BYLSMA L C, GAGE S M, REICHERT H, et al. Arteriovenous fistulae for haemodialysis: a systematic review and meta-analysis of efficacy and safety outcomes[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2017, 54(4): 513-522.

[9] 吴隘红, 黄晓玲, 涂波. 超声引导下经皮腔内血管成形术治疗内瘘狭窄与血栓的疗效比较[J]. *中华肾脏病杂志*, 2019, 35(9): 702-703.

[10] IRVING J. CTO pathophysiology: how does this affect management? [J]. *Curr Cardiol Rev*, 2014, 10(2): 99-107.

[11] GEORGE S, COCKBURN J, CLAYTON T C, et al. Long-term follow-up of elective chronic total coronary occlusion angioplasty: analysis from the U. K. Central Cardiac Audit Database[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 64(24): 2707-2708.

[12] PERSHAD A, GULATI M, KARMPALLOTIS D, et al. A sex stratified outcome analysis from the OPEN-CTO registry[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019, 93(6): 1041-1047.

[13] TAKESHITA S, SAITO S, TOBITA K. The 4-in-5 mother-child technique: 5 Fr transradial coronary intervention for complex lesions using a 4 Fr child catheter[J]. *J Invasive Cardiol*, 2013, 25(8): 406-408.

[14] KIBERENGE R K, UEDA K, ROSAUER B. Ultrasound-guided dynamic needle tip positioning technique versus palpation technique for radial arterial cannulation in adult surgical patients: a randomized controlled trial[J]. *Anesth Analg*, 2018, 126(1): 120-126.

[15] 葛雷, 葛均波. 冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗进展[J]. *心电与循环*, 2019, 38(5): 357-360.