

下肢动脉硬化闭塞症经皮腔内血管成形术后夹层评估、预防和治疗的研究进展

刘翔宇, 甘襟铭, 成 军*

重庆医科大学附属第一医院血管外科, 重庆

收稿日期: 2025年7月5日; 录用日期: 2025年7月28日; 发布日期: 2025年8月6日

摘 要

目的: 了解下肢动脉硬化闭塞症(ASO)行经皮腔内血管成形术(PTA)后夹层评估、预防和治疗的新近研究进展, 为减少严重夹层的发生寻找新的突破点。方法: 遵循PRISMA 2020指南系统检索PubMed、Web of Science、Embase等数据库(2000年~2024年), 筛选PTA后夹层评估、预防及治疗相关文献进行综述。结果: 目前文献报道夹层的评估主要依赖数字减影血管造影(DSA)、血管内超声(IVUS)和光学相干断层扫描(OCT)等影像学技术, 但DSA因二维成像局限可能低估夹层, IVUS与OCT虽精准但普及受限。夹层分级系统如NHLBI、Kobayashi、iDissection和DISFORM等提供了评估和治疗的依据, 但仍缺乏统一标准。文献报道长病变、窄管腔和软斑块可能是严重夹层的预测因素, 而通过避免偏心导丝路径、使用长球囊、增加球囊扩张时间, 或是进行减容治疗等方式, 可以减少严重夹层发生。针对PTA后夹层的治疗主要为补救性的支架置入, 而Tack血管装置作为一种新兴的治疗方法, 有望在未来血管夹层治疗中发挥更大作用。结论: PTA后严重夹层的预防和治疗是必要的, 夹层的评估、预防和治疗是连续、复杂且动态的过程。应根据最新的研究进展和患者的具体情况, 制定个性化方案, 尽可能减少严重夹层形成, 促进血管长期通畅。

关键词

下肢动脉硬化闭塞症, 血管内治疗, 经皮腔内血管成形术, 血管夹层

Advances in the Assessment, Prevention, and Treatment of Postoperative Dissection after Percutaneous Transluminal Angioplasty for Lower Extremity Arteriosclerosis Obliterans

Xiangyu Liu, Jinming Gan, Jun Cheng

*通讯作者。

文章引用: 刘翔宇, 甘襟铭, 成军. 下肢动脉硬化闭塞症经皮腔内血管成形术后夹层评估、预防和治疗的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(8): 434-443. DOI: 10.12677/acm.2025.1582252

Abstract

Objective: To understand recent research progress in the assessment, prevention, and treatment of postoperative dissection after percutaneous transluminal angioplasty (PTA) for lower extremity arteriosclerosis obliterans (ASO), and to find new breakthroughs in reducing severe dissection events. **Methods:** A systematic search was conducted following the PRISMA 2020 guidelines across databases including PubMed, Web of Science, and Embase (2000~2024) to screen and review relevant literature on the assessment, prevention, and treatment of post-PTA dissection. **Results:** Dissection assessment mainly depends on DSA, IVUS, and OCT, but DSA has limitations and the clinical use of IVUS and OCT is limited. Classification systems like NHLBI, Kobayashi, iDissection, and DISFORM offer assessment and treatment references but lack unified standards. Literature shows long lesions, narrow lumens, and soft plaques may predict severe dissection. Severe dissection can be reduced by avoiding eccentric wire paths, using long balloons, increasing balloon expansion time, or atherectomy. Post-PTA dissection treatment is mainly salvage stenting. The Tack vascular device, a new method, is expected to play a bigger role in future dissection treatment. **Conclusion:** Preventing and treating severe post-PTA dissection is crucial. Its assessment, prevention, and treatment are continuous, complex, and dynamic. Personalized plans based on the latest research and patient-specific conditions should be developed to minimize severe dissection and ensure long-term vascular patency.

Keywords

Arteriosclerosis Obliterans, Intravascular Treatment, Percutaneous Transluminal Angioplasty, Vascular Dissection

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

下肢动脉硬化闭塞症(Arteriosclerosis Obliterans, ASO)是由下肢动脉粥样硬化性狭窄或阻塞引起,随着老龄化程度不断加深,其发病率逐年上升,已成为全球性的公共卫生问题[1]。ASO 不仅严重影响患者的生活质量,还增加了心血管事件的发生风险[2]。经皮腔内血管成形术(Percutaneous Transluminal Angioplasty, PTA)作为 ASO 血管内治疗的主要方法,通过机械扩张和破坏动脉粥样硬化斑块来改善血管通畅性。然而,PTA 术后常导致不同程度的血管夹层,其中严重夹层显著降低血管长期通畅性[3]。因此,准确评估 PTA 后夹层程度并选择合适的处理方案至关重要。本文旨在综述 PTA 后夹层的评估、预防和治疗的最新研究进展,探讨现有技术的优缺点,并提出未来研究方向,以期为临床实践提供参考。

2. 夹层评估影像学方法

2.1. 数字减影血管造影

数字减影血管造影(Digital Subtraction Angiography, DSA)被视为 ASO 诊断的金标准[4]。该技术在注

射造影剂的同时拍摄 X 射线图像实现动脉实时可视化。随着成像技术进步, DSA 从诊断工具演变为辅助血管内治疗的重要手段[5]。DSA 的优势在于其优良的空间分辨率并且可以提供动态血流图像, 能够清晰显示血管微细结构及血流状态, 这对评估血管解剖结构、观察血流变化及相关病理生理特征成为可能, 为医生提供了实时评估血管状态的有效手段[6]。然而, DSA 是侵入性操作, 可能引发血肿、感染等并发症。另外, DSA 的操作涉及造影剂和 X 射线的使用, 可能对患者的健康造成潜在风险[7]。因此, 使用时应考虑潜在风险和局限性, 尽量减少碘造影剂的使用和电离辐射剂量, 以确保患者安全。值得注意的是, 血管造影术并不是识别 PTA 术后夹层的最灵敏或准确手段。由于 DSA 在治疗 ASO 时广泛应用, 大部分相关数据通过该方法获得。但 DSA 提供的二维图像受限于平面角度、血管曲折度及骨骼和血管重叠, 可能会低估外周动脉内夹层的范围和严重程度[8]。虽然 DSA 可能足以评估 PTA 术后夹层的长度、二维形态及血流动力学状态, 但在量化斑块形态及识别夹层数量、类型和范围等方面, 效果可能不理想。

2.2. 血管内超声

血管内超声(Intravascular Ultrasound, IVUS)作为辅助外周动脉介入治疗的影像学技术, 对动脉解剖结构及病变的实时成像具有重要意义。该技术能精确识别动脉多层结构, 有效评估病变情况, 特别是在评估血管损伤深度时, 显示出独特优势, 尤其在动脉夹层诊断过程中, 精确度远超传统手段。研究表明, IVUS 检测夹层数量可达 DSA 的三倍多[9] [10], 这无疑为 PTA 后夹层的早期诊断和治疗提供了有力支持。此外, IVUS 的应用与术后并发症的发生率及截肢率的降低密切相关[11] [12], 进一步证明其临床潜在价值。然而, IVUS 的临床应用也面临限制。首先, 操作需要专业技术人员和设备, 对操作者的经验要求高, 技术不熟练可能导致成像质量下降, 影响结果解读[13]。其次, IVUS 设备及其维护成本较高, 限制了其在一些医疗机构的广泛应用。虽然 IVUS 在冠状动脉介入治疗中的效用和益处已经确立, 但在外周介入治疗的应用仍较滞后。IVUS 在评估动脉夹层方面展现出明显优势, 特别是在提供详尽定量和定性信息方面。专家共识在很大程度上支持 IVUS 在外周动脉疾病血管内介入治疗中的应用。然而, 仍然需要更有力的高质量数据来评估 IVUS 治疗 ASO 的疗效、耐久性和费用。

2.3. 光学相干断层扫描

光学相干断层扫描(Optical Coherence Tomography, OCT)是通过发射近红外光并检测反射光的干涉信号来获取血管内部的横截面图像, 其分辨率可以达到微米级别, 远高于传统的血管造影技术。能以高分辨率可视化斑块和血管特征, 如纤维帽的完整性、脂质核心的大小、钙化沉积等情况[14] [15]。同时, 提供更长回拉长度, 适合快速获取更全面血管信息[16]。OCT 主要提供血管的形态学信息, 如血管壁结构、斑块成分和管腔大小等, 但对于血管的功能性信息, 如血管的血流储备、内皮功能等评估能力有限[17]。OCT 作为一种有效的指导冠状动脉造影的血管内成像方式已经引起了广泛的关注, 但对下肢动脉夹层检测与评估尚未广泛报道, 其在夹层表征中的有效性仍不清楚。未来仍需大量研究证明和扩展 OCT 在下肢动脉夹层检测与评估中的应用。

3. 夹层评估标准

3.1. NHLBI 冠状动脉夹层分级系统

国家心肺血液研究所(National Heart, Lung, and Blood Institute, NHLBI)血管造影夹层分级量表, 专门用于冠状动脉夹层分类[18]。尽管未针对外周动脉开发, 但该量表已广泛应用于腹股沟下 PTA 后血管夹层分类[19] [20], 不同类型夹层损伤可能预示不同预后[21], 该分类标准可用于指导制定个性化治疗方案, 比如当外周动脉夹层 $\geq$ D 型时需积极干预[22]。虽然 NHLBI 分级系统对外周动脉夹层分类有重要价值,

但有明显局限性。首先,该系统最初为冠状动脉开发的,虽然可能转化至外周动脉,但专家们认为外周动脉和冠状动脉存在明显差异,形成夹层的特点也具有差异[23]。其次,受血管造影局限可能导致夹层分类不准确[8],进而导致治疗决策不准确,这需要不断改进影像技术,以更好地识别和评估外周动脉夹层;同时,该分类未考虑夹层其他特点,如长度、深度和损伤弧度等,这些因素可能增加再狭窄风险;最后,在某些情况下夹层分级依赖医生主观判断,可能导致不同医生间评估结果不一致。基于这些原因,下肢动脉夹层分类系统的更新和改进是必要的。

3.2. Kobayashi 夹层分级系统

为更有效对下肢动脉 PTA 后夹层分类, Kobayashi 等人[24]对单独接受 PTA 治疗的股腘动脉病变进行研究,提出简化的外周动脉血管造影夹层分级系统。在 Kobayashi 夹层分级系统中,夹层根据动脉段中剩余通畅管腔的宽度分为三类;若发生多处夹层,使用最严重夹层部位作为最终分类。研究表明,该分类方法中重度夹层与 PTA 后再狭窄存在显著相关性,及时识别和处理重度夹层可降低并发症发生率,提高患者整体预后[23]。Kobayashi 夹层分级作为专门用于外周动脉血管夹层的分级系统,提供标准化方式描述夹层发生率及其与患者预后关系,有助于不同研究间比较,促进对夹层影响的深入理解。该分类方法显著优势在于简化临床工作,使医生能快速评估并做出治疗决策。但该系统的简单性同时限制了其区分关键预后因素的能力和在临床研究中的使用[25]。

3.3. iDissection 夹层分级系统

为克服血管造影对血管夹层评估的局限性,有研究者提出基于 IVUS 的夹层分类系统, iDissection 夹层分级系统将内膜至外膜损伤深度与夹层周长相结合,显示六个夹层等级[26]。该分类方法在成像上易于重现,可在介入手术期间快速执行,同时准确定义夹层数量、深度和程度[27]。但该分类未考虑夹层长度、血栓存在、螺旋形态和血流,导致其固有缺陷。尽管 IVUS 被证明比传统血管造影术能更频繁、详细识别夹层[9][10],但非所有介入医生都可使用,在评价血流模式方面更具挑战性[25][28]。因此,它非普遍适用,同时需要更多研究确定 iDissection 夹层分级对下肢动脉介入术后结局的作用。

3.4. DISFORM 分类系统

一些研究者认为外周动脉夹层分类系统有很大局限性,近些年 Voûte 等人[29]为预测腹股沟下血管夹层导致不良结局特征,通过德尔菲共识方法[30]开发出依赖血管造影图像的股腘动脉专用夹层分类系统,即 DISFORM(直径减小、螺旋形、血流受损或不良形态)分类系统。根据不良预后的严重程度,定义了四种级别的 DISFORM 夹层类型。DISFORM I 类夹层仅被少于 20%的专家推荐使用支架; DISFORM II 类夹层少数专家(20%~50%)建议用支架治疗;对于 DISFORM III 类夹层大多数专家(50%~80%)建议使用支架治疗;而几乎所有专家($\geq 80\%$)都建议使用支架治疗 DISFORM IV 类夹层。DISFORM 分类系统结合了被认为最重要的血管造影特征,提供了可能有助于临床试验进行的描述性沟通框架,其优势在于适用于外周血管造影程序,不依赖血管内超声等连续成像方法的可用性[31]。作为分类工具,为每个单独夹层提供形态学和病理生理学分类,描述了夹层关键特征;作为评级工具,利用专家组的专业知识,对不同夹层不良预后的风险进行排名,并建议使用额外支架防止不良后果。但 DISFORM 分类的开发存在不足,一方面,该分类系统开发时通过收集专家意见的方法获取的数据本质上是主观的,需要验证研究对其进行评估,以确定其预测不良临床结局风险的准确性;另一方面,急性失败和再狭窄等不良结局不仅仅受到夹层血管造影特征的影响,如血液高凝状态、弹性回缩、血管钙化等这些都没有考虑到。总的来说,DISFORM 分类系统为外周动脉夹层提供了全面且系统化的评估框架,它的推出标志着外周动脉夹层管理的重要进步[32],未来,DISFORM 分类系统的有效性和实用性仍需临床研究进一步验证。

上述下肢动脉夹层的具体分类标准见表 1。这些标准主要是为了帮助医生评估夹层严重程度、制定治疗方案以及预测愈后。但目前仍缺乏统一的分级标准，现有的分级标准皆存在一定不足或需要更多临床试验和数据分析来验证有效性，未来应聚焦于标准化、多维度评估、动态监测和个性化治疗等方面，以提高对下肢动脉夹层的管理水平，并可能发展出新的分类标准以适应特定的临床需求。

Table 1. Classification system for Post-PTA dissection in lower extremity arteries
表 1. 下肢动脉 PTA 后夹层分类系统

分类系统	分类标准	优点	缺点
NHLBI	基于 DSA： 0：无夹层 A：少许内膜撕裂透亮影 B：平行的内膜撕裂成双腔 C：假腔形成伴造影剂排空延迟 D：螺旋形夹层伴造影剂滞留 E：持续的造影剂充盈缺损 F：管腔完全闭塞，无远端顺行血流	广泛使用 操作简单	依赖 DSA，易低估夹层范围和严重程度 忽略夹层长度、深度等夹层特征
Kobayashi	基于 DSA： A：无夹层 B：夹层宽度小于管腔的三分之一 C：夹层宽度大于管腔的三分之一	简化临床决策 标准化描述	复杂夹层的评估不足。 忽略夹层深度、长度及血流状态。
iDissection	基于 IVUS： A1：夹层达内膜且周长 < 180° A2：夹层达内膜且周长 ≥ 180° B1：夹层达中膜且周长 < 180° B2：夹层达中膜且周长 ≥ 180° C1：夹层达外膜且周长 < 180° C2：夹层达外膜且周长 ≥ 180°	定量数据准确 成像可重复	依赖 IVUS 设备，普及率低 忽略夹层长度、螺旋形态及血流状态
DISFORM	基于 DSA： I：无显著狭窄(D0)、线性夹层(S0)、血流正常(F0)、单处短夹层(M0) II：无显著狭窄(D0) + 以下任一： 1. 单处长夹层或多处短夹层(M1) 2. 血流轻度减少(F1) III：无显著狭窄(D0) + 以下任一： 1.螺旋夹层(S1) 2.血流减少 + 多处长夹层(F1/M2) 3. 血流正常 + 多处长夹层(M2) IV：存在以下任一情况： 1. 显著狭窄(D1) 2. 螺旋夹层 + 中重度血流受损(S1/F2-F3) 3. 无螺旋但重度血流受损(F2-F3)	动态风险分层 结合形态与病理特征	依赖专家共识，主观性强， 需更多临床验证 评价标准较复杂

4. 严重夹层的预防

4.1. 严重夹层预测因素

识别严重夹层的预测因素有助于术前风险评估，使医生能够根据患者的具体情况制定更加个性化的治疗方案。例如，对于高风险患者，可以考虑采用更为谨慎的手术策略或选择其他治疗手段。

现有研究表明,血管病变的形态学特征与 PTA 后严重夹层的发生风险存在显著相关性。多项研究证实,病变长度和管腔直径是预测夹层严重程度的关键指标。当病变长度达到或超过 15 厘米、血管直径小于 5 mm 及慢性完全闭塞(Chronic Total Occlusion, CTO)时,发生严重夹层的风险显著增加[3] [33]。Hong 等人[34]的回顾性研究进一步验证了这一发现,其研究显示 TASC II C/D 级病变(通常伴随较长病变长度)以及闭塞或狭窄 $\geq 70\%$ 的病变是严重夹层的独立预测因素。这提示长病变和窄管腔不仅反映了更复杂的病理状态,同时也增加了术中机械性损伤的风险。这与球囊在扩张过程中产生应力不均有关[35]。而软斑块在此过程中的生物学响应具有特殊风险:一方面,软斑块对抗机械应力的能力较弱,容易发生撕裂;另一方面,当软斑块占比过高时,动脉的代偿性扩张机制可能失效,导致夹层发生风险显著升高[36] [37]。这与硬斑块相对稳定的力学特性形成对比。

关于钙化对夹层的影响,现有研究呈现矛盾结论。Fitzgerald 等[38]发现 74%的夹层病变存在局部钙沉积,且 87%的夹层毗邻钙化区域,钙化病变中夹层尺寸显著更大,提示钙化可能通过机械应力异常分布促进夹层形成。然而 Hong 等[34]的研究得出相反结论,发现血管周长大于 50%的钙化具有保护作用。研究者认为这种矛盾可能源于现有钙化分类系统无法准确反映钙化形态的三维分布特征。这种分歧提示需要建立更精确的钙化定量评估体系,特别是需要结合钙化分布模式(如偏心性/环形钙化)、钙化负荷和力学特性进行综合评估。

明确严重夹层形成的预测因素对优化治疗决策、改善管腔远期通畅率具有重要意义。未来仍需进一步从病变特征、组织病理成分、血清生物标志物及手术操作等多方面分析,深入探究夹层形成的机制,为精准预防策略的制定和靶向治疗技术的开发提供理论依据。

4.2. 夹层预防

血管夹层是 PTA 术中最常见的并发症,虽然完全避免发生有一定难度,但通过改进操作技术可以有效降低它的严重程度和发生频率[23]。研究发现,导丝走行路径对股腘动脉夹层的形成至关重要,即中心导丝路径有助于预防严重夹层,而偏心导丝路径预示着严重夹层[35] [37]。这可能是由于偏心导丝路径导致球囊在扩张时对血管壁施加压力不均匀,增加了血管壁撕裂和夹层形成的风险。

另外,使用长球囊扩张与延长球囊充盈时间的方式可能会减少夹层形成的风险。Tan 等人[39]报告了使用长球囊(长度 ≥ 220 mm)与短球囊(长度 < 150 mm)治疗原发性股腘动脉 CTO 病变的分析结果,显示长球囊组严重血管夹层较少,总夹层长度较短,表明使用长球囊进行血管成形可能有助于预防严重血管夹层。长球囊能通过减少一定病变长度上所需扩张的次数,降低球囊边缘夹层形成的风险,而且长球囊的设计能够更好地适应血管的结构,更均匀地扩张病变区域而降低了局部应力,减少了对动脉壁的损伤。另外,有研究将下肢动脉病变随机分组进行 30 秒和 180 秒球囊充盈;在 30 秒扩张组 43%的病变中观察到严重夹层,而在 180 秒扩张组 14%的病变中观察到严重夹层[40];说明与短期扩张策略相比,延长 180 秒的充盈时间可改善股腘动脉 PTA 效果。此后,有研究观察到 >3 分钟球囊充盈后观察到的严重夹层发生率更低,在多变量分析中,球囊充盈时间延长与夹层发生率降低相关[41];进一步证实延长球囊扩张充盈时间作为预防严重夹层的策略是有效的。在临床实践中,球囊充盈导致血管阻塞常会引起患者下肢出现肿胀和疼痛的症状。并且,随着阻塞时间的延长,这种肿胀和疼痛感会愈发显著。部分患者由于难以忍受这种不适,可能会出现不配合治疗的情况。因此,为了确保治疗的顺利进行,需要在患者可耐受的范围内,尽可能延长球囊充盈时间,以达到最佳的治疗效果。

除此之外,减容治疗的应用可以显著减少血管夹层及残余狭窄的发生,例如斑块旋切术、激光消融术等[42] [43]。与传统的血管成形术相比,血管斑块减容治疗通过降低实现管腔增益所需的大气压来最大限度地降低夹层的可能性[44]。虽然减容治疗带来的获益被广泛肯定,但在国内的应用现状呈现出逐步推

广但存在差异的特点。首先,设备与耗材依赖进口,不仅增加了治疗成本,也限制了技术的广泛推广。其次,目前国内减容治疗在操作流程、质量控制等方面缺乏统一的规范和标准;部分医生对适应证、疗效和风险认识不足。目前仍缺乏前瞻性试验的数据推荐各种减容治疗作为 PAD 的主要治疗手段[45]。但随着技术创新与国产化、规范化与标准化的发展,其应用前景将更加广阔。

股腘动脉 PTA 术后严重夹层的管理是血管介入治疗的重要挑战之一。通过深入探索其病理机制、优化介入技术、完善围术期管理及推进多中心随机对照试验,预防措施将变得更加有效和精准。随着对严重夹层的愈发重视,其发生率在未来可能得到有效降低。

5. 夹层治疗

治疗 PTA 后夹层常用的方式是补救性植入支架,尤其针对严重夹层。支架可以提供结构支撑,有助于避免早期的弹性回缩、残余狭窄以及血流限制性夹层。尽管支架植入术能改善 PTA 的急性结局,但支架产生的侵袭性径向力与大量镍钛合金结合可以引起慢性损伤和炎症,支架内再狭窄仍然是基于支架的策略的主要缺点。在外周动脉中通常采用整个病变长支架植入或点支架植入的策略。已有研究表明,点状支架置入术是一种安全有效的治疗股腘动脉疾病的方法,而长支架的使用再狭窄和靶病变血运重建的风险增加一倍[46];这可能与点支架限制了植入金属程度,减轻慢性炎症反应有关。同时,各类新型支架的应用,如药物洗脱可吸收支架、仿生支架等[47][48],能显著改善严重夹层带来的不良预后,但未来还需对补救支架进行长期随访研究,以评估支架置入的长期效果和患者的生活质量,针对新型支架材料和技术进行研究,进一步提高支架的长期通畅率和安全性。

Tack 血管内系统是专门为 PTA 后外周动脉夹层设计的一种新兴治疗方法,通过精确的钉装置修复在动脉扩张过程中发生的血管夹层。该系统含有多个自膨式 Tack 植入物,能够精确输送至治疗区域。对于膝上动脉,6 个 Tack 植入物中的每一个都可以治疗直径为 2.5 至 6 mm 的各种血管;对于膝下动脉,有 4 个 Tack 植入物可以治疗直径为 1.5 至 4.5 mm 的血管[36]。一些研究报告了在膝上或膝下动脉中应用 Tack 血管内系统治疗 PTA 后夹层的安全且有效的结果[49]-[51],与传统支架相比,Tack 植入物的低径向力不会或较轻激活导致支架内再狭窄的增殖性炎症反应和新生内膜增生,同时 Tack 植入物显著减小了金属负荷,保留了正常的血管运动,允许在未来进行额外治疗。Tack 血管内系统有望在未来的血管外科治疗中发挥更大的作用,为患者提供更好的治疗选择和预后。

6. 总结与展望

夹层的发生是 PTA 获得管腔的关键机制,而未治疗的严重夹层与血管长期通畅性降低相关。虽然目前确定夹层范围和严重程度最普遍使用的成像方式是 DSA,但它在充分评估夹层方面存在局限性,使用 IVUS 和其他成像方式可以更好地评估夹层,有助于推动后续的治疗决策。PTA 后夹层的分类方法主要有 NHLBI 夹层分级量表、Kobayashi 夹层分级系统、iDissection 夹层分级系统以及 DISFORM 夹层分级系统,它们的作用是帮助医生评估夹层严重程度,为制定治疗方案提供依据,以及预测患者愈后,但目前仍缺乏统一的分级标准,也是未来夹层管理需要继续努力的重要方向。多项研究发现 CTO、长病变、窄管腔和软斑块可能是严重夹层的预测因素,而医生可以通过避免偏心导丝路径、使用长球囊、增加球囊扩张时间,或是进行减容治疗等方式,尽可能减少严重夹层发生。PTA 后夹层的治疗主要为补救性的支架置入,而 Tack 血管装置作为一种新兴的治疗方法,有望在未来血管夹层治疗中发挥更大作用。

总的来说,腹股沟经皮腔内血管成形术后夹层的评估、预防和治疗是一个连续、复杂且动态的过程。临床医生应根据最新的研究进展和患者的具体情况,制定个性化的治疗方案,以提高患者的预后和生活质量。

参考文献

- [1] Kim, M.S., Hwang, J., Yon, D.K., *et al.* (2023) Global Burden of Peripheral Artery Disease and Its Risk Factors, 1990-2019: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Global Health*, **11**, e1553-e1565.
- [2] Cacoub, P.P., Abola, M.T.B., Baumgartner, I., Bhatt, D.L., Creager, M.A., Liao, C., *et al.* (2009) Cardiovascular Risk Factor Control and Outcomes in Peripheral Artery Disease Patients in the Reduction of Atherothrombosis for Continued Health (REACH) Registry. *Atherosclerosis*, **204**, e86-e92. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2008.10.023>
- [3] Fujihara, M., Takahara, M., Sasaki, S., Nanto, K., Utsunomiya, M., Iida, O., *et al.* (2017) Angiographic Dissection Patterns and Patency Outcomes after Balloon Angioplasty for Superficial Femoral Artery Disease. *Journal of Endovascular Therapy*, **24**, 367-375. <https://doi.org/10.1177/1526602817698634>
- [4] Shamaki, G.R., Markson, F., Soji-Ayoade, D., Agwuegbo, C.C., Bamgbose, M.O. and Tamunoinemi, B. (2022) Peripheral Artery Disease: A Comprehensive Updated Review. *Current Problems in Cardiology*, **47**, Article ID: 101082. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2021.101082>
- [5] Cheng, T.W., Doros, G., Jones, D.W., Vazirani, A. and Malikova, M.A. (2024) Evaluation of Computerized Tomography Utilization in Comparison to Digital Subtraction Angiography in Patients with Peripheral Arterial Disease. *Annals of Vascular Surgery*, **107**, 214-228. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2024.03.001>
- [6] Raman, A., Updety, M., Calero, M.J., Villanueva, M.R.B., Joshaghani, N., Villa, N., *et al.* (2022) A Systematic Review Comparing Digital Subtraction Angiogram with Magnetic Resonance Angiogram Studies in Demonstrating the Angioarchitecture of Cerebral Arteriovenous Malformations. *Cureus*, **14**, e25803. <https://doi.org/10.7759/cureus.25803>
- [7] Fritch, C., Church, E. and Wilkinson, D.A. (2024) Advances in Intraoperative Imaging for Vascular Neurosurgery. *Neuroimaging Clinics of North America*, **34**, 261-270. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2024.01.005>
- [8] Arthurs, Z.M., Bishop, P.D., Feiten, L.E., Eagleton, M.J., Clair, D.G. and Kashyap, V.S. (2010) Evaluation of Peripheral Atherosclerosis: A Comparative Analysis of Angiography and Intravascular Ultrasound Imaging. *Journal of Vascular Surgery*, **51**, 933-939. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2009.11.034>
- [9] Shammas, N.W., Torey, J.T., Shammas, W.J., Jones-Miller, S. and Shammas, G.A. (2021) Intravascular Ultrasound Assessment and Correlation with Angiographic Findings of Arterial Dissections Following Auryon Laser Atherectomy and Adjunctive Balloon Angioplasty: Results of the Idissection Auryon Laser Study. *Journal of Endovascular Therapy*, **29**, 23-31. <https://doi.org/10.1177/15266028211028200>
- [10] Shammas, N.W., Shammas, W.J., Shammas, G.A. and Jones-Miller, S. (2024) Intravascular Ultrasound Assessment of Arterial Dissections Following Rotarex Atherectomy: Results of the Idissection Rotarex Study. *Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions*, **3**, Article ID: 102155. <https://doi.org/10.1016/j.jscai.2024.102155>
- [11] Tsukagoshi, J., Shimoda, T., Yokoyama, Y., Secemsky, E.A., Shirasu, T., Nakama, T., *et al.* (2024) The Mid-Term Effect of Intravascular Ultrasound on Endovascular Interventions for Lower Extremity Peripheral Arterial Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Vascular Surgery*, **79**, 963-972.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2023.08.128>
- [12] Meng, W., Guo, J., Pan, D., Guo, L. and Gu, Y. (2023) Intravascular Ultrasound-Guided versus Angiography-Guided Endovascular Therapy for Femoropopliteal Artery Disease: A Scoping Review. *Journal of Endovascular Therapy*, **32**, 627-634. <https://doi.org/10.1177/15266028231197396>
- [13] Bourantas, C.V., Garg, S., Naka, K.K., Thury, A., Hoyer, A. and Michalis, L.K. (2011) Focus on the Research Utility of Intravascular Ultrasound—Comparison with Other Invasive Modalities. *Cardiovascular Ultrasound*, **9**, Article No. 2. <https://doi.org/10.1186/1476-7120-9-2>
- [14] Kubo, T. (2023) Optical Coherence Tomography in Vulnerable Plaque and Acute Coronary Syndrome. *Interventional Cardiology Clinics*, **12**, 203-214. <https://doi.org/10.1016/j.iccl.2022.10.005>
- [15] Xu, R., Zhao, Q., Wang, T., Yang, Y., Luo, J., Zhang, X., *et al.* (2022) Optical Coherence Tomography in Cerebrovascular Disease: Open Up New Horizons. *Translational Stroke Research*, **14**, 137-145. <https://doi.org/10.1007/s12975-022-01023-6>
- [16] Secemsky, E.S., Parikh, S.P., Kohi, M., Lichtenberg, M., Meissner, M., Varcoe, R., *et al.* (2022) Intravascular Ultrasound Guidance for Lower Extremity Arterial and Venous Interventions. *EuroIntervention*, **18**, 598-608. <https://doi.org/10.4244/eij-d-21-00898>
- [17] Almajid, F., Kang, D., Ahn, J., Park, S. and Park, D. (2024) Optical Coherence Tomography to Guide Percutaneous Coronary Intervention. *EuroIntervention*, **20**, e1202-e1216. <https://doi.org/10.4244/eij-d-23-00912>
- [18] Rogers, J.H. and Lasala, J.M. (2004) Coronary Artery Dissection and Perforation Complicating Percutaneous Coronary Intervention. *The Journal of Invasive Cardiology*, **16**, 493-499.
- [19] Giannopoulos, S., Strobel, A., Rudolfker, E., Kovach, C., Schneider, P.A. and Armstrong, E.J. (2021) Association of Postangioplasty Femoropopliteal Dissections with Outcomes after Drug-Coated Balloon Angioplasty in the Femoropopliteal Arteries. *Journal of Endovascular Therapy*, **28**, 593-603. <https://doi.org/10.1177/15266028211016441>

- [20] Gao, X., Ge, Z., Kong, X., Chen, X., Han, L., Qian, X., *et al.* (2024) Intravascular Ultrasound vs Angiography-Guided Drug-Coated Balloon Angioplasty. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **17**, 1519-1528. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2024.04.014>
- [21] Alfonso, F., Paulo, M., Lennie, V., Dutary, J., Bernardo, E., Jiménez-Quevedo, P., *et al.* (2012) Spontaneous Coronary Artery Dissection: Long-Term Follow-Up of a Large Series of Patients Prospectively Managed with a “Conservative” Therapeutic Strategy. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **5**, 1062-1070. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2012.06.014>
- [22] Visseren, F.L.J., Mach, F., Smulders, Y.M., Carballo, D., Koskinas, K.C., Bäck, M., *et al.* (2021) 2021 ESC Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice: Developed by the Task Force for Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice with Representatives of the European Society of Cardiology and 12 Medical Societies with the Special Contribution of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *European Heart Journal*, **42**, 3227-3337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>
- [23] Armstrong, E.J., Brodmann, M., Deaton, D.H., Gray, W.A., Jaff, M.R., Lichtenberg, M., *et al.* (2019) Dissections after Infrainguinal Percutaneous Transluminal Angioplasty: A Systematic Review and Current State of Clinical Evidence. *Journal of Endovascular Therapy*, **26**, 479-489. <https://doi.org/10.1177/1526602819855396>
- [24] Kobayashi, N., Hirano, K., Yamawaki, M., Araki, M., Sakai, T., Sakamoto, Y., *et al.* (2018) Simple Classification and Clinical Outcomes of Angiographic Dissection after Balloon Angioplasty for Femoropopliteal Disease. *Journal of Vascular Surgery*, **67**, 1151-1158. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.08.092>
- [25] Shammash, N.W., Torey, J.T., Shammash, W.J., *et al.* (2018) Intravascular Ultrasound Assessment and Correlation with Angiographic Findings Demonstrating Femoropopliteal Arterial Dissections Post Atherectomy: Results from the iDissection Study. *Journal of Invasive Cardiology*, **30**, 240-244.
- [26] Shammash, N.W., Torey, J.T. and Shammash, W.J. (2018) Dissections in Peripheral Vascular Interventions: A Proposed Classification Using Intravascular Ultrasound. *The Journal of Invasive Cardiology*, **30**, 145-146.
- [27] Zou, Y., Tong, Q., Wang, X., Jiang, C., Qin, Z., Zhao, Y., *et al.* (2023) Comparison of Angiography and Ultrasound for Femoropopliteal Angioplasty: Decision-Making and 12-Month Outcomes. *International Angiology*, **42**, 327-336. <https://doi.org/10.23736/s0392-9590.23.05064-2>
- [28] Shammash, N., Shammash, W., Jones-Miller, S. and Radaideh, Q. (2019) Femoropopliteal Arterial Dissections Post Flex Vessel Prep and Adjunctive Angioplasty: Results of the Flex Idissection Study. *Journal of Invasive Cardiology*, **31**, 121-126. <https://doi.org/10.25270/jic/19.00079>
- [29] Voûte, M.T., Stathis, A., Schneider, P.A., Thomas, S.D., Brodmann, M., Armstrong, E.J., *et al.* (2021) Delphi Consensus Study toward a Comprehensive Classification System for Angioplasty-Induced Femoropopliteal Dissection: The DISFORM Study. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **14**, 2391-2401. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.07.056>
- [30] Niederberger, M. and Deckert, S. (2022) Das Delphi-Verfahren: Methodik, Varianten und Anwendungsbeispiele. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, **174**, 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.zefq.2022.08.007>
- [31] Gornik, H.L., Aronow, H.D., Goodney, P.P., Arya, S., Brewster, L.P., Byrd, L., *et al.* (2024) 2024 ACC/AHA/AACVPR/APMA/ABC/SCAI/SVM/SVN/SVS/SIR/VESS Guideline for the Management of Lower Extremity Peripheral Artery Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, **83**, 2497-2604. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.02.013>
- [32] Yamada, T., Tokuda, T., Yoshioka, N., Koyama, A., Nishikawa, R., Shimamura, K., *et al.* (2024) Validation of the Usefulness of the Diameter Reduction, Spiral Shape, Flow Impairment, or Adverse Morphology Classification System in Real-World Clinical Practice. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, **31**, 148-157. <https://doi.org/10.5551/jat.64335>
- [33] Horie, K., Tanaka, A., Taguri, M. and Inoue, N. (2020) Impact of Scoring Balloons on Percutaneous Transluminal Angioplasty Outcomes in Femoropopliteal Lesions. *Journal of Endovascular Therapy*, **27**, 481-491. <https://doi.org/10.1177/1526602820914618>
- [34] Hong, H., Park, U.J., Roh, Y.N. and Kim, H.T. (2021) Predictive Factors of Severe Dissection after Balloon Angioplasty for Femoropopliteal Artery Disease. *Annals of Vascular Surgery*, **77**, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.05.048>
- [35] Shimada, T., Shima, Y., Miura, K., Shimizu, H., Takamatsu, M., Ikuta, A., *et al.* (2021) Impact of Guidewire Route on Severe Dissection after Balloon Angioplasty for Femoropopliteal Chronic Total Occlusion Lesions: An Intravascular Ultrasound Analysis. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **61**, 830-836. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.01.014>
- [36] Gray, W.A., Cardenas, J.A., Brodmann, M., Werner, M., Bernardo, N.I., George, J.C., *et al.* (2019) Treating Post-Angioplasty Dissection in the Femoropopliteal Arteries Using the Tack Endovascular System: 12-Month Results from the TOBA II Study. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **12**, 2375-2384. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.08.005>

- [37] Zou, Y., Tong, Q., Wang, X., Jiang, C., Dai, Y., Zhao, Y., *et al.* (2023) Impact of Plaque and Luminal Morphology in Balloon Angioplasty of the Femoropopliteal Artery: An Intravascular Ultrasound Analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **10**, Article 1145030. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1145030>
- [38] Fitzgerald, P.J., Ports, T.A. and Yock, P.G. (1992) Contribution of Localized Calcium Deposits to Dissection after Angioplasty. an Observational Study Using Intravascular Ultrasound. *Circulation*, **86**, 64-70. <https://doi.org/10.1161/01.cir.86.1.64>
- [39] Tan, M., Urasawa, K., Koshida, R., Haraguchi, T., Kitani, S., Igarashi, Y., *et al.* (2018) Comparison of Angiographic Dissection Patterns Caused by Long vs Short Balloons during Balloon Angioplasty of Chronic Femoropopliteal Occlusions. *Journal of Endovascular Therapy*, **25**, 192-200. <https://doi.org/10.1177/1526602818756610>
- [40] Zorger, N., Manke, C., Lenhart, M., Finkenzeller, T., Djavidani, B., Feuerbach, S., *et al.* (2002) Peripheral Arterial Balloon Angioplasty: Effect of Short versus Long Balloon Inflation Times on the Morphologic Results. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, **13**, 355-359. [https://doi.org/10.1016/s1051-0443\(07\)61736-9](https://doi.org/10.1016/s1051-0443(07)61736-9)
- [41] Horie, K., Tanaka, A., Taguri, M., Kato, S. and Inoue, N. (2018) Impact of Prolonged Inflation Times during Plain Balloon Angioplasty on Angiographic Dissection in Femoropopliteal Lesions. *Journal of Endovascular Therapy*, **25**, 683-691. <https://doi.org/10.1177/1526602818799733>
- [42] Pinto, P. and Ochoa Chaar, C.I. (2024) Atherectomy—The Options, the Evidence, and When Should It Be Used. *Annals of Vascular Surgery*, **107**, 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2023.12.104>
- [43] Kuczmik, W., Oszkinis, G., Kruszyna, L., Stanisić, M.G., Zelawski, W., Kostecki, J., *et al.* (2025) Percutaneous Photoacoustic Debulking of Infra-Inguinal Atherosclerotic Disease-Early European Experience with a Novel, Solid-State, Pulsed-Wave, Ultraviolet 355 Nm Laser. *Lasers in Medical Science*, **40**, Article No. 4. <https://doi.org/10.1007/s10103-024-04216-7>
- [44] Schöfthaler, C., Troisi, N., Torsello, G., Jehn, A., Lichtenberg, M., Karcher, J.C., *et al.* (2024) Safety and Effectiveness of the Phoenix Atherectomy Device for Endovascular Treatment of Common Femoral and Popliteal Arteries: Results of the EN-MOBILE Trial. *Vascular Medicine*, **29**, 405-415. <https://doi.org/10.1177/1358863x241231943>
- [45] Chowdhury, M. and Secemsky, E.A. (2022) Atherectomy vs Other Modalities for Treatment during Peripheral Vascular Intervention. *Current Cardiology Reports*, **24**, 869-877. <https://doi.org/10.1007/s11886-022-01709-1>
- [46] Bontinis, A., Bontinis, V., Koutsoumpelis, A., Wilmlink, T., Giannopoulos, A., Rafailidis, V., *et al.* (2023) A Systematic Review Aggregated Data and Individual Participant Data Meta-Analysis of Percutaneous Endovascular Arteriovenous Fistula. *Journal of Vascular Surgery*, **77**, 1252-1261.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2022.10.039>
- [47] Varcoe, R.L., DeRubertis, B.G., Kolluri, R., Krishnan, P., Metzger, D.C., Bonaca, M.P., *et al.* (2024) Drug-Eluting Resorbable Scaffold versus Angioplasty for Infrapopliteal Artery Disease. *New England Journal of Medicine*, **390**, 9-19. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2305637>
- [48] Messeder, S.J., López-Peña, G., Pepper, C. and Saratzis, A. (2024) Biomimetic Stents for Infringuinal Peripheral Arterial Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **67**, 468-479. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2023.11.007>
- [49] Brodmann, M., Wissgott, C., Holden, A., Staffa, R., Zeller, T., Vasudevan, T., *et al.* (2018) Treatment of Infrapopliteal Post-PTA Dissection with Tack Implants: 12-Month Results from the TOBA-BTK Study. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **92**, 96-105. <https://doi.org/10.1002/ccd.27568>
- [50] Bosiers, M., Scheinert, D., Hendriks, J.M.H., Wissgott, C., Peeters, P., Zeller, T., *et al.* (2016) Results from the Tack Optimized Balloon Angioplasty (TOBA) Study Demonstrate the Benefits of Minimal Metal Implants for Dissection Repair after Angioplasty. *Journal of Vascular Surgery*, **64**, 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.02.043>
- [51] Brodmann, M., Werner, M., Sood, A. and Gray, W.A. (2023) Treating Post-Angioplasty Dissection in the Femoropopliteal Arteries Using the Tack Endovascular System: Tack Optimized Balloon Angioplasty II 24-Month Results. *Vascular*, **32**, 850-857. <https://doi.org/10.1177/17085381231162128>