急性缺血性卒中取栓器械的三代进化与临床难题

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43411.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

急性缺血性卒中取栓器械的三代进化与临床难题。近期，上海理工大学东方泛血管器械创新学院杨鹏飞团队与海军军医大学长海医院脑血管病中心张磊、张小曦团队，在Frontiers of Medicine期刊（自2026年起更名为MedScience）上发表了题为《急性缺血性卒中取栓支架的创新与发展》（Innovation and development of stent retrievers in acute ischemic stroke）的综述论文。文章聚焦急性缺血性卒中的血管内取栓治疗，系统梳理了取栓支架从第一代到当前最新一代产品的技术演进脉络，并结合临床证据评估了各代装置的疗效与安全性，为该领域的器械研发迭代和临床决策提供了系统的参考依据。

急性缺血性卒中约占所有卒中病例的四分之三，是中国乃至全球致残和致死的主要病因之一。血管内机械取栓目前已被确立为治疗大血管闭塞性卒中的标准方法，其中取栓支架是核心器械。尽管该技术已显著改善了患者预后，但临床实践中仍面临多重制约：复杂迂曲血管中支架的通过性和顺应性不足、远端中等血管闭塞缺乏专用器械、多次取栓带来的血管内皮损伤和出血风险以及富含纤维蛋白的硬质血栓难以一次成功清除等。这些问题对现有器械的设计优化提出了更高要求。

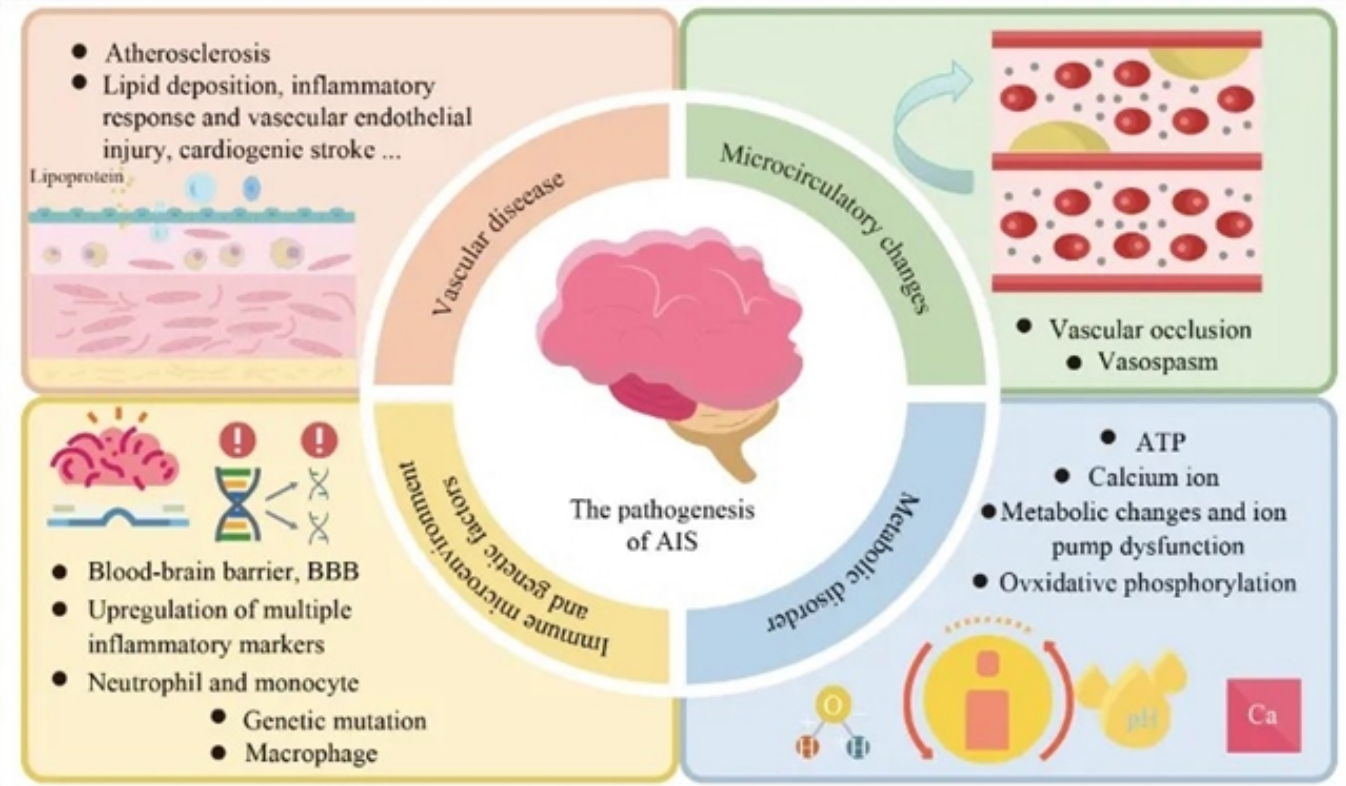


图1.急性缺血性卒中的发病机制。图片展示了与急性缺血性卒中相关的血管病变成因与条件、微循环改变、代谢紊乱、免疫微环境变化及多基因遗传因素。此外，图片还呈现了患病机体在整个病程中功能与代谢的动态演变过程及其发病机制，由此揭示疾病发生、进展与转归的规律，阐明其本质，并为防治提供理论依据。

文章将取栓支架的发展划分为三个代际。第一代MERCI装置以螺旋圈设计为主，虽开辟了机械取栓的先河，但其再通率有限且术后并发症发生率较高。第二代Solitaire和Trevo采用闭环网孔结构，显著提升了血栓嵌合能力和操作灵活性，多项随机对照试验证实，与MERCI相比，该装置可有效改善患者90天功能预后，目前仍是临床应用的主力。第三代装置则呈现多元化创新方向：EmboTrap采用双层分段网篮结构，远端设有防脱保护末端，可捕获可能逃逸的血栓碎片；Tigertriever 13则具备手动可调的径向支撑力，术者可依据靶血管直径实时调整支架展开程度；APERIO Hybrid则通过混合开/闭环设计，在血栓捕获能力与血管壁保护之间取得了平衡。此外，Solitaire X和Trevo NXT ProVue等改进型号通过导丝涂层优化、更低的外径设计以及优异的显影性能，进一步提升了首通再通率和手术安全性。

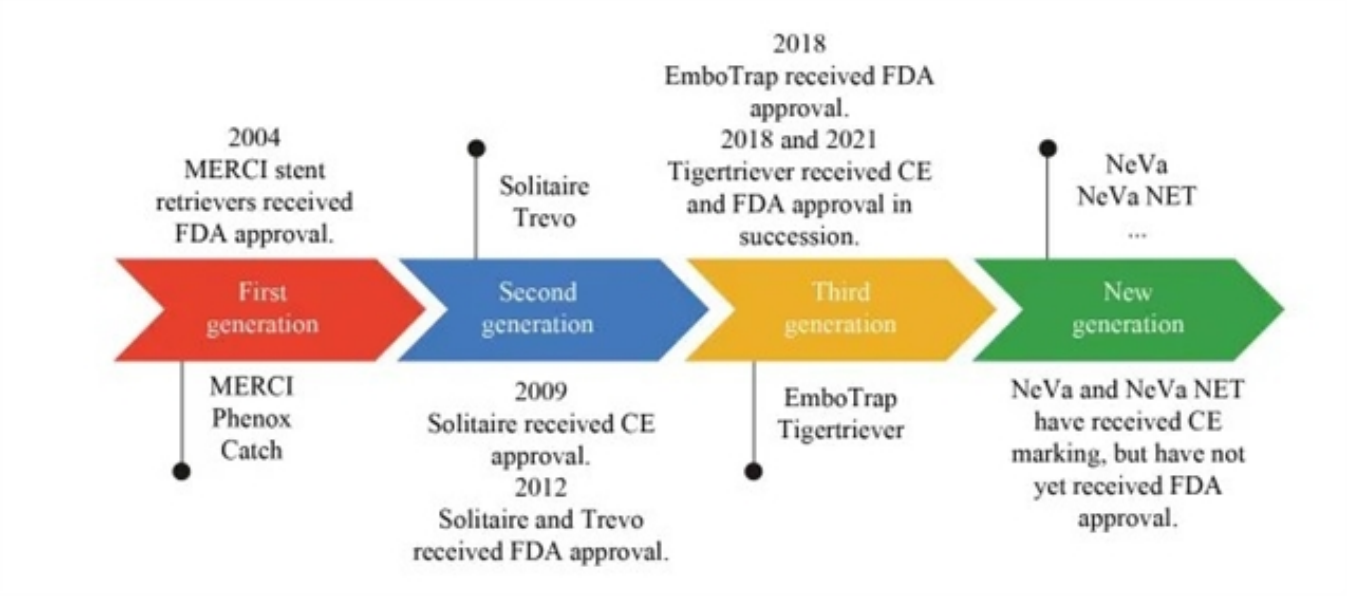


图2.取栓支架的代际演进。从第一代MERCI到第二代Solitaire/Trevo，再到第三代EmboTrap、Tigertriever等，以及近年获批的NeVa系列支架（获得FDA或CE认证），图中按年份标注了各代代表产品的认证时间节点。

值得关注的是，当前取栓支架的研发已不再局限于单纯的几何结构优化，而是向材料创新、智能影像融合和个性化适配方向延伸。镍钛合金的表面改性、可生物降解聚合物涂层、药物洗脱技术等方向已有初步探索；术中双能计算机断层扫描（CT）和磁共振成像（MRI）的实时监测有助于早期识别出血转化；而人工智能辅助的导航和远程机器人操作则有望在资源匮乏地区提升治疗可及性。

从临床价值来看，取栓支架的代际演进确实伴随着再通率的提升和并发症发生率的下降，但这种进步并非呈现线性的绝对优势——不同装置各有其适应的血栓类型和血管场景，术者需根据病变特征进行个体化选择。同时，文章也指出，现有装置在超时间窗取栓、复杂颅内外串联病变以及合并基础疾病的高龄患者中，在部分场景下仍缺乏充分的高级别证据支持。总体而言，取栓支架技术已进入精细化、智能化发展的新阶段，但距离万能型理想器械仍有距离，未来的突破将更多依赖于材料科学、影像技术与临床策略的多学科交叉融合，而非单一设计的改良。

表1.取栓支架的代际、支架名称、材料、特点及尺寸/设计

Generation	Stent	Material	Features	Size/design
First generation	MERCI	Nitinol	Coil retrievers	The device is linear in the conveying conduit, with five spiral rings of progressively thinner diameter at the distal end of the head
Second generation	Solitaire	Nitinol	True stentrievers	Available in multiple sizes, featuring a peak-to-peak connection structure, it offers strong support and effective thrombosis capture capabilities
	Trevo	Nitinol	True stentrievers	The majority of the unit's struts are orientated toward the cavity and and multiple sizes are available
	Revive SE	Nitinol	Mesh basket construction	Compatible with 0.021-inch and 0.027-inch diameter microcatheters with a length of 150 cm
Third generation	EmboTrap	Nitinol	Double-layer bracket, improving first pass recanalization and reducing distal	EmboTrap III Revascularization Device
	3D Revascularization Device	Nitinol	More wire and section by section, improving first pass recanalization and reducing distal	The stent is best categorised as a combined open loop/closed loop design, incorporating some elements of both designs. Visualization is aided by the addition of developer markings to the inner cavity at the end
	Nimbus	Nitinol	Safety and efficacy	Proximal open cell spiral; distal closed cell
	Eric	Nitinol	Grasping from the center of the thrombus	Closed cell, interconnected spherical cage design
	Tigertriever	Nitinol	Adjustable OD size allows for better adaptation to target vessel size	The standard version (Tigertriever) has a net length of 32 mm (unexpanded form) and can be expanded to a diameter of 6 mm. There are two shorter versions with net lengths of 23 mm and 20.5 mm

总体而言，新一代支架在提升手术效率与安全性的同时，其高昂的成本与较高的技术门槛也构成了临床普及的现实壁垒。未来的关键或许不在于追求最优的通用器械，而在于回归临床理性，精准评估不同装置在特定场景下的获益与成本平衡。因此，指南制定与医保政策亟需为基于病变特征的个体化选择留出更大的弹性空间。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：https://journal.hep.com.cn/fmd/EN/10.1007/s11684-025-1160-4

作者：张磊 等 来源：《医学科学》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发