

First Pass Effect最大化を目指すための テクニック選択



ロナルドレーガン
UCLAメディカルセンター
脳血管内治療部
金子直樹 先生



Trevor NXT[®]
ProVue Retriever



AXS Catalyst[®]
Distal Access Catheter



AXS Vecta[®]
Aspiration Catheter

はじめに

急性期脳梗塞(Acute ischemic stroke: AIS)における脳主幹動脈閉塞(Large vessel occlusion: LVO)に対する治療として、機械的血栓回収療法(Mechanical Thrombectomy: MT)は標準治療として確立された。現在利用可能な手技は、ステントリトリーバー(Stent retriever: SR)単独、吸引カテーテル(Aspiration catheter: AC)単独、そしてCombined techniqueの中でもSRと吸引カテーテルを同時に牽引するPinching、SRを吸引カテーテル内に引き込むIngestionなど多岐にわたる(図1)。

血栓回収療法における重要な目標は、迅速かつ完全な再灌流を達成することである。特に、一回目の回収で完全な再灌流を得るFirst Pass Effect(FPE)は、良好な臨床転帰を予測する極めて重要な因子とされる一方、現状の達成率は20-40%にとどまる。さらに複数回のパスは、症候性頭蓋内出血(symptomatic

Intracranial Hemorrhage: sICH)のリスクを倍増させ、予後を悪化させる可能性が指摘されている。したがって、sICHのリスクを最小限に抑えつつFPEを達成する安全な方法論の確立が急務である。

一般的に血栓回収デバイスおよび手技は、閉塞部位(内頸動脈、中大脳動脈M1、M2、脳底動脈など)を考慮し選択される。さらに血管蛇行は血栓回収の有効性と安全性の双方に影響を与える重要な因子であり、手技選択において考慮されるべきである。

本稿では、安全なFPE達成を最大化することを念頭に、血管解剖に基づいた最適な血栓回収手技選択のための思考プロセスを提示する。いくつかのテクニック、デバイス選択に重要なポイントを解説し、ストライカー社のデバイスポートフォリオを用いた実践的アプローチを示す。

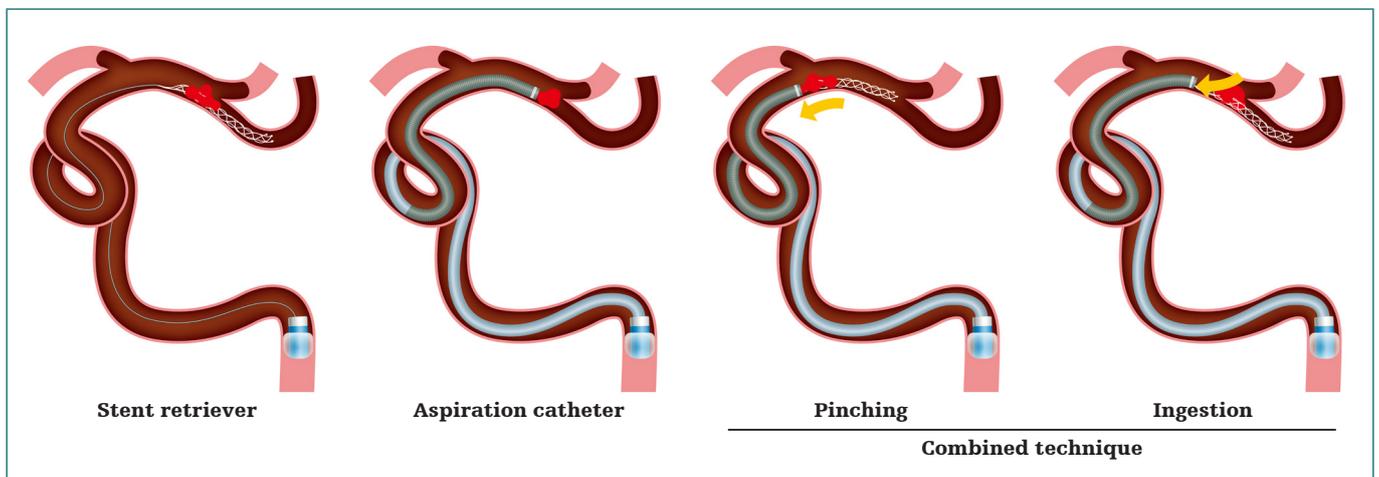


図1 血栓回収テクニック

First Pass Effect最大化を目指すためのテクニック選択

ロナルドレーガンUCLAメディカルセンター
脳血管内治療部
金子直樹 先生

ポイント1: 吸引カテーテルサイズは「血管径」で選択する

ACを用いた血栓回収療法、特にAC単独手技の成功において、適切なACのサイズ選択は極めて重要である。この選択は、ICA、M1、M2といった閉塞部位の解剖学的位置のみで判断されるべきではなく、標的となる閉塞血管の実測された血管径に基づいて行われるべきである。

近年AC単独手技の有効性を最大化する指標として、血管径に対するAC内径の比(Catheter ID to Vessel ID Ratio: CVR)が注目されている^{1,2}。複数の研究により再開通成功率とCVRの間に関連があることが示唆されており、特にCVRが0.71を超える場合に再開通成功率が有意に高まることが報告されている。これらの知見は、AC内径が標的血管径の約7割以上を占める場合に、より効率的な血栓吸引が可能となることを示唆している。したがって、手技前画像評価(CTAやMRA)に基づき標的血管径を測定し、最適なCVR >0.71を達成できるAC(AXS Vecta /AXS Catalystなど)を選択することが推奨される(表)。単に「M2だからAXS Vecta 46」といった部位に基づいた判断では、M2が比較的大きい場合、血栓の大きさがAC内径に比べ大きく(CVRが低く)なり、

血栓回収効率が低下しFPE達成が困難になる可能性がある。一方で、血管径に対してACが大きすぎる場合、カテーテルの誘導性低下や、血管壁への過度のストレスによる血管攣縮や血管損傷のリスクが増加する可能性がある。

ICAの血管径は多くの場合3mm以上と太いが、本邦で現在利用可能な最大の吸引カテーテルはAXS Vecta 74(ID 0.074インチ / 1.9mm)である。ICAに対してはAXS Vecta 74であっても目標とするCVR 0.71以上を達成することが困難であり、吸引カテーテル単独ではICAでFPEが低くなる可能性がある。実際に大規模レジストリ研究(ASSIST)においても、ICA閉塞に対するAC単独手技は、SR単独やCombined techniqueと比較してFPEを得られにくいことが報告されている³。このため、ICA閉塞に対するAC単独手技の選択は慎重に行うべきである。

AC単独手技、あるいはCombined techniqueでACを用いる際には、最適な血栓回収効果を得るために、症例ごとに血管径を評価し、それに基づき適切なサイズのACを選択するという、個別化されたアプローチが不可欠である。

表 CVR >0.71を達成するストライカー吸引カテーテルと標的血管径の組み合わせ

	カテーテル内径(mm)	カテーテル外径(mm)	標的血管内径(mm)
AXS Vecta 46	1.2	1.4	1.4 ~ 1.7
AXS Catalyst 6	1.5	1.8	1.8 ~ 2.1
AXS Catalyst 7	1.7	2.1	2.1 ~ 2.4
AXS Vecta 71	1.8	2.1	2.1 ~ 2.5
AXS Vecta 74	1.9	2.1	2.1 ~ 2.6

First Pass Effect最大化を目指すためのテクニック選択

ロナルドレーガンUCLAメディカルセンター
脳血管内治療部
金子直樹 先生

ポイント2: 血管の「屈曲度」に応じてテクニックを使い分ける

血管の蛇行、すなわち屈曲度は、MTの有効性と安全性に影響を及ぼす重要な解剖学的因子である^{4,8}。特に、SRを用いた手技において、強い血管屈曲はデバイスの性能低下や合併症リスクの増加と関連することが示されている。屈曲部ではSRが十分に拡張せず血栓捕捉能力が低下することが知られており⁸、実際に屈曲が強い症例では、SRによる再開通成功率が有意に低く、さらに血管損傷やsICHのリスクとも関連する。これは、屈曲部でSRを展開・牽引する際に血管壁へ過度のメカニカルストレスがかかるためと考えられる。この安全性の懸念は、特にDistal Medium Vessel Occlusion (DMVO) の治療において顕著である。2025年2月に発表されたDMVOに対するMTの有効性を検証する複数のランダム化比較試験(RCT: DISTAL, ESCAPE MeVO, DISCOUNT)では、内科的治療に対するMTの明確な優越性を示すことができず、むしろMT群でsICHの発生率が高い傾向が報告された⁹⁻¹¹。これらの結果は、DMVO領域、すなわち屈曲度の高いことが多い末梢血管において、出血リスクをいかに低減するかがMTの有効性を引き出す鍵であることを示唆している。一方で、AC単独でも屈曲部ではカテーテル先端と血栓との接触角度 (Angle of Interaction: AOI) が鋭角になりやすく、吸引効率が低下する可能性が示唆されている⁷。このように、血管屈曲はSR単独、AC単独の手技に影響を与えるが、特にSRを用いた手技 (SR単独、Pinching) では、血管壁への牽引力が増大し、血管損傷リスクが高まる懸念がある。我々の *in vitro* モデルを用いた実験 (図2) では、屈曲血管モデルにおいてSR単独手技が最も高い血管牽引力を示し、次いでPinching、

Ingestionの順に牽引力が低くなる結果が得られた。SR単独、Pinching手技はデバイスが引かれた時にGuiding catheter先端からステント部分までの間の血管全体が牽引されるのに対し、Ingestion techniqueは吸引カテーテルの先端からステントまでの間のみが牽引され、血管壁への直接的な牽引力が低減されると考えられる。

これらの知見に基づき、血管屈曲が強い症例、特に末梢血管 (M2、P2など) においては、血管壁への負担が少ない手技から段階的に選択・適用することが、安全性を高める上で重要となる。具体的な戦略としては、まず血管壁への牽引力が最も低いと考えられるAC単独手技を試みるべきである。ただし、屈曲による吸引効率低下の可能性やカテーテルの誘導がSRなしでは困難である場合を念頭に置く必要がある。AC単独が困難な場合は、血管壁への負担が比較的少ないIngestion Combined techniqueを考慮する。Ingestionは、SRによる血栓捕捉能力とAC内への引き込みを組み合わせることで、AC単独よりも効率的な回収が期待できる可能性がある。一方で、Pinching Combined techniqueやSR単独手技は血管壁への牽引力が比較的高いため、強い屈曲血管においては血管損傷リスクを十分に評価し、ステントのカテーテルから出ている部分の長さを調節するなど工夫すべきである。

結論として、手技前に血管の屈曲度を評価し、それにに応じて血管壁への負担が少ない手技から段階的に選択・適用することが、屈曲血管における血栓回収の有効性と安全性を両立させる鍵となる。

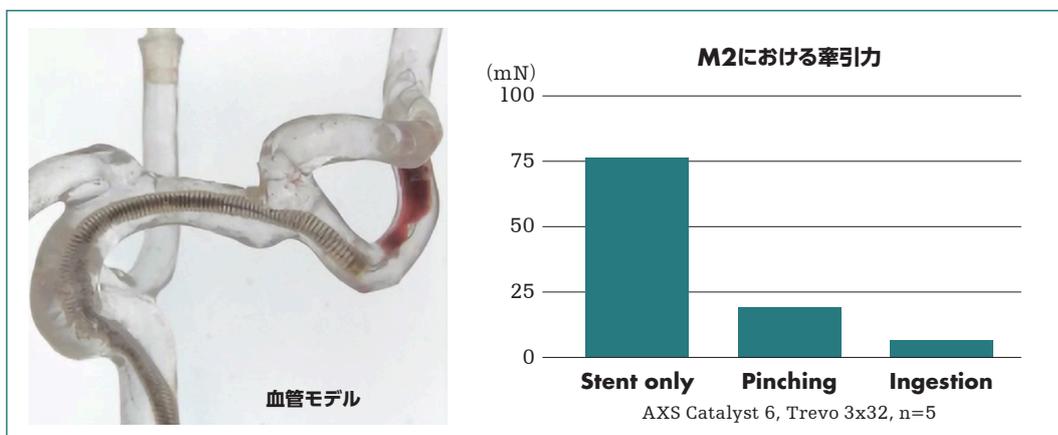


図2 血管モデルにおける各手技での血管牽引力の比較

First Pass Effect最大化を目指すためのテクニック選択

ロナルドレーガンUCLAメディカルセンター
脳血管内治療部
金子直樹 先生

ポイント3: Pinchingにおけるデバイス間のたるみの差 (DDS) を理解する

Combined techniqueの中でも、SRとACを同時に牽引するPinching techniqueはICAを含めた多くの部位で用いられている¹²。この手技を成功させる上で、両デバイス間の相対的な位置関係、特にデバイスのたるみの差、すなわちDifference in Device Slacks (DDS)を理解し、管理することが重要となる。

血管が屈曲している場合、SRを留置後にアンカーとして用いてACを押し、血栓のある部位まで進めることがよくある。この場合SRのワイヤーが引かれてACが血管の外周に沿ってたわみ、デバイスのたるみの差であるDDSが大きくなる傾向がある。この状態でSRとACを同時に牽引(Pinching)すると以下のことが起こる。①手元でデバイスを引くとデバイス先端が動く前にACとSRのたわみが解消される。②SRのたわみはACのたわみより小さいことが多く、その場合SRは引かれる一方、ACはたわみが解消され続ける。その結果SRがAC内に意図せず引き込まれる、あるいはACがSRに対して前進するように見える挙動が発生する。③AC側のたわみが解消された後に初めて両デバイスが同時に引かれ始める。最終的にSRとACのたわみの差の分だけステントがACの中に入り込もうとする(図3)。

SRがAC内に引き込まれる際、適度な硬さの血栓の場合であればSRとAC先端に血栓が固定され、DDSが解消されないまま

Pinchingで引っ張ることができる。しかし柔らかい赤血球成分に富む血栓の場合、血栓がせん断され、断片化するリスクがある。我々のin vitro実験では、DDSが大きいほど(Slack+2cm、+4cm)、特に4mm以上の大きな血栓断片(Fragment)が有意に増加する結果が得られた(図4)。これは遠位塞栓(Distal Embolization)のリスクを高め、FPE達成を妨げる。逆に、硬いフィブリン/血小板成分に富む血栓の場合で、SRがACに入り込むときに血栓を固定できず、SRが血栓の横を通りDDSが解消されるまでAC内に引き込まれることがある。その場合ステント部の有効な血栓接触長が失われ血栓捕捉に失敗する可能性がある。

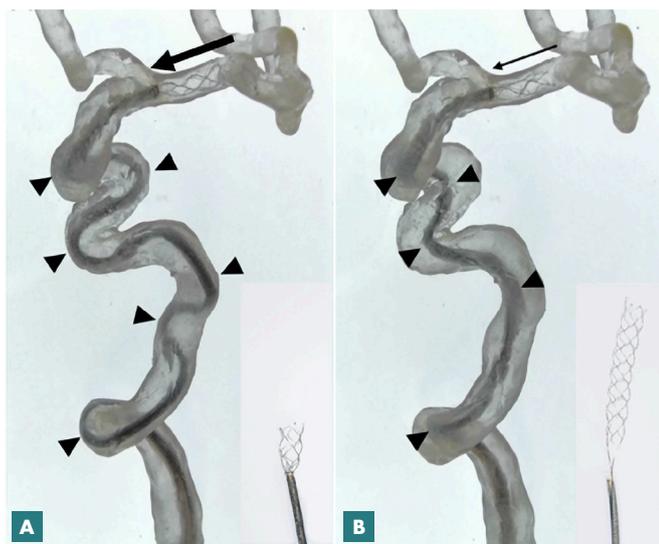


図3 屈曲血管においてPinching techniqueをした場合に起こるDDSによってSRが引き込まれる現象。A: DDSが大きい場合、はじめにステント部がACから出ていても、SRとACが同時に引っ張られるとステント部が中に入り(またはACが前進し)ステント有効長が短くなる。B: DDSが小さい場合、SRとACの位置関係が変わらずそのまま両方が引かれる。

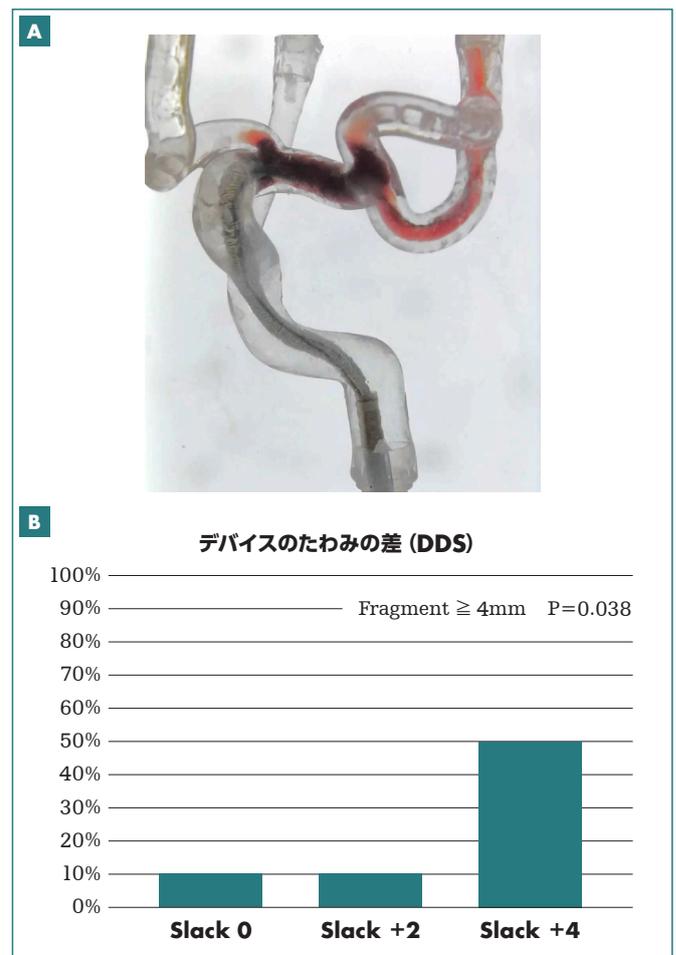


図4 DDSの大きさとClot fragmentationの発生率の関係。A: 血管モデル内に赤血球優位の血栓でICAを閉塞させた。B: ACのたわみがSRに比べて4cm大きい場合 (DDS 4cm)、ACが前進し血栓を削る動きが生じ、有意にClot fragmentationが発生している。

First Pass Effect最大化を目指すためのテクニック選択

ロナルドレーガンUCLAメディカルセンター
脳血管内治療部
金子直樹 先生

したがって、Pinching techniqueを効果的に行うためには、血管の屈曲とACのたわみを認識し、DDSが大きくなりSRが中に入り込みすぎないように留意する。つまりACを血栓近位端にコンタクトさせる際、過度に押し込みすぎないことが重要である。血栓に到達後も押し進めるとAC側のたわみが過大になりやすい。SRの牽引によって自然にACがコンタクトするような操作や、愛護的なACの押し引きによる位置調整がDDSの低減に繋がる。Trevu NXTは全長にわたり大きなセルが配置されているため、Pinching時に多少のDDSがあったとしても、血栓がステントのセ

ルとACに挟まれ固定される可能性がある。Trevu NXTのように、ステントストラットの高い視認性を持つSRを使用することで、透視下にSRとACの相対的位置関係を正確に把握しやすくなる。これにより、意図しないSRの引き込みやカテーテルの先進を早期に認識し、操作を調整することが可能となる。

結論として、屈曲の強い血管でPinching techniqueを行う場合にはDDSの存在を意識し、ACの位置決めの際に過度なたわみを生じさせないように注意深く操作することが、血栓の断片化を防ぎ、確実な血栓捕捉、ひいてはFPE達成のために不可欠である。

症例

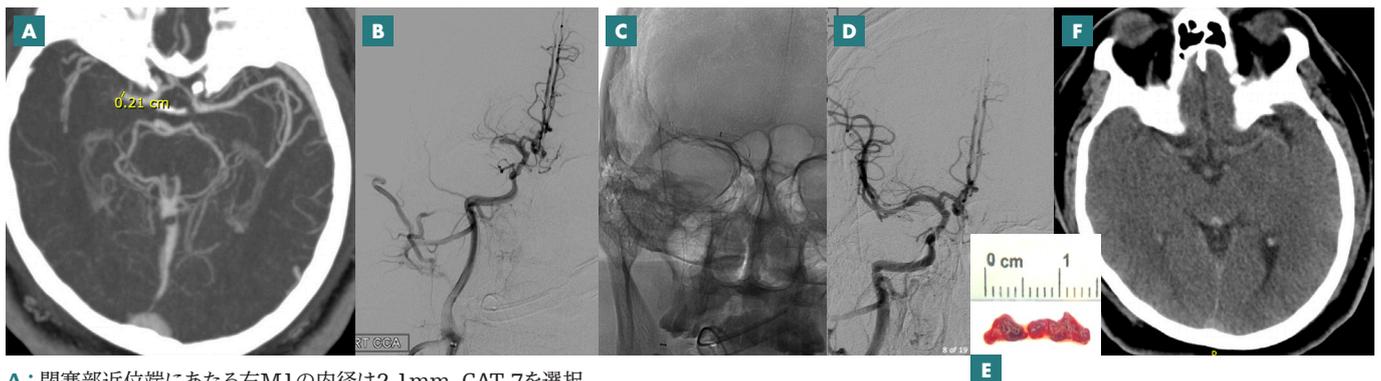
54歳、男性

既往歴: 高血圧、脂質異常症、2型糖尿病、冠動脈疾患に対しバイパス術後。

現病歴: 突然の左片麻痺、痙攣で発症、来院時NIHSS 24、CTAでRight M1 occlusionを認めた。

治療: CTAで右M1内径が2.1mm、血栓はM1から分枝部を越えて存在し比較的長いと考えられた。血栓が長めで分枝部を越えていることからAC単独ではなくPinching techniqueを選択した。

M1内径が2.1mmであることからACはAXS Catalyst 7を選択した。血栓全体にTrevu NXT 4x41mmを留置しつつ、M1-M2の屈曲部を越えてステントが置かれすぎないように注意した。また、既往歴から頭蓋内動脈硬化性病変によるLVOも否定できないことからACを血栓に押し付けたりしないよう、またDDSにより前進しないように注意してPinching techniqueを行った。1st Passで混合血栓が摘出され、eTICI 3の再開通を得た。術後のCTで出血なく症状は改善し、術3日後に独歩で自宅退院した。



A: 閉塞部近位端にあたる右M1の内径は2.1mm。CAT 7を選択

B: M1-M2分岐部を超えた長い血栓が予想され、Pinching techniqueを選択

C: Trevo NXT 4x41mmを血栓に沿うように展開。分岐部以遠に展開されるステント部が長ならないよう注意した

D: Pinchingで回収後、1パスeTICI 3の再開通を得た

E: 摘出された混合血栓

F: 術後出血なく症状改善し、3日後に独歩退院となった

First Pass Effect最大化を目指すためのテクニック選択

ロナルドレーガンUCLAメディカルセンター
脳血管内治療部
金子直樹 先生

まとめ

機械的血栓回収療法のゴールは、短時間で良好な臨床転帰に直結するFPEを安全に達成することである。しかし、その達成は常に容易ではなく、複数回のデバイスパスは合併症リスクを高める可能性がある。成功率を向上させ、安全性を確保するためには、画一的な手技選択ではなく、個々の患者における血管解剖学的特徴を深く理解し、それに基づいた最適な戦略を立てることが不可欠となる。本稿で提示した3つのポイント、すなわち血管径に応じた適切な吸引カテーテル選択(ポイント1)、血管屈曲度を考慮した低侵襲な手技の優先(ポイント2)、そしてPinchingにおけるデバイス間のたるみ管理(ポイント3)は、その戦略立案の基盤

となる。これらに基づき、術前から各症例の血管径や屈曲度を評価し、最適な手技とデバイスを選択・準備することで、より安全かつ効果的な血栓回収療法の実践が可能となる。AXS Vecta / AXS Catalyst シリーズやTrevu NXT Retrieverといった多様なサイズのバリエーションを持つデバイスポートフォリオは、さまざまな部位、血管内径、屈曲度といった解剖学的課題に対して、これらの個別化されたアプローチを実践することを可能にする。解剖学的特徴に基づいた個別化されたアプローチこそが、FPE達成率を高め、脳梗塞患者の機能的予後改善に貢献する鍵となるであろう。

参考文献

1. Kyselyova AA, Fiehler J, Leischner H, et al. Vessel diameter and catheter-to-vessel ratio affect the success rate of clot aspiration. *J Neurointerv Surg* 2021; 13: 605–608.
2. Charbonnier G, Primikiris P, Desmarests M, et al. Defining the optimal size of an aspiration catheter in relation to the arterial diameter during mechanical thrombectomy for stroke. *J Neuroradiol*. Epub ahead of print February 3, 2023. DOI: 10.1016/j.neurad.2023.01.158.
3. Neuberger U, Price LL, Miralbes S, et al. Clinical impact of reperfusion techniques and occlusion sites in thrombectomy: Insights from the ASSIST stroke registry. *Stroke Vasc Interv Neurol*; 4. Epub ahead of print November 2024. DOI: 10.1161/svin.124.001446.
4. Schwaiger BJ, Gersing AS, Zimmer C, et al. The Curved MCA: Influence of Vessel Anatomy on Recanalization Results of Mechanical Thrombectomy after Acute Ischemic Stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 2015; 36: 971–976.
5. Yamamoto S, Yamagami H, Todo K, et al. Correlation of middle cerebral artery tortuosity with successful recanalization using the Merci retrieval system with or without adjunctive treatments. *Neurol Med Chir* 2014; 54: 113–119.
6. Saber H, Colby GP, Mueller-Kronast N, et al. Arterial Tortuosity Is a Potent Determinant of Safety in Endovascular Therapy for Acute Ischemic Stroke. *Stroke: Vascular and Interventional Neurology* 2024; 4: e001178.
7. Bernava G, Rosi A, Boto J, et al. Direct thromboaspiration efficacy for mechanical thrombectomy is related to the angle of interaction between the aspiration catheter and the clot. *J Neurointerv Surg* 2020; 12: 396–400.
8. Kaneko N, Komuro Y, Yokota H, et al. Stent retrievers with segmented design improve the efficacy of thrombectomy in tortuous vessels. *J Neurointerv Surg* 2019; 11: 119–122.
9. Psychogios M, Brehm A, Ribo M, et al. Endovascular treatment for stroke due to occlusion of medium or distal vessels. *N Engl J Med*. Epub ahead of print February 5, 2025. DOI: 10.1056/NEJMoa2408954.
10. Goyal M, Ospel JM, Ganesh A, et al. Endovascular treatment of stroke due to medium-vessel occlusion. *N Engl J Med*. Epub ahead of print February 5, 2025. DOI: 10.1056/NEJMoa2411668.
11. Mocco J. Medium- and distal-vessel occlusion - the limit of thrombectomy? *N Engl J Med*. Epub ahead of print February 5, 2025. DOI: 10.1056/NEJMe2500492.
12. Mehta T, Male S, Quinn C, et al. Institutional and provider variations for mechanical thrombectomy in the treatment of acute ischemic stroke: a survey analysis. *J Neurointerv Surg* 2019; 11: 884–890.

All Photographs taken by the Ronald Reagan UCLA Medical Center.
Results from case studies are not predictive of results in other cases. Results in other cases may vary.

販売名:トレボ プロ クロットリトリーパー
販売名:トレボ トラック 21 マイクロカテーテル
販売名:AXS Catalystアスピレーションカテーテル

医療機器承認番号:22600BZX00166000
医療機器承認番号:30200BZX00164000
医療機器承認番号:30100BZX00018000

販売名:AXS Vecta 46アスピレーションカテーテル
販売名:AXS Vectaアスピレーションカテーテル

医療機器承認番号:30400BZX00154000
医療機器承認番号:30400BZX00120000

Japan

この資料は医療従事者に向けて作成しています。患者を治療する際、医師は常に自身の専門的な臨床判断に基づく製品の選択をする必要があります。当社は医療上の助言をいたしません、医師が製品を使用する前に、その使用方法に関する情報提供を受けることを推奨しています。使用前にその製品ラベル・取扱説明書・添付文書等を参照してください。ストライカー製品についてご不明な点は、弊社までお問い合わせください。

Stryker or its affiliated entities own, use, or have applied for the following trademarks or service marks: AXS Catalyst, AXS Vecta, Stryker, Trevu NXT, Trevu Trak. All other trademarks are trademarks of their respective owners or holders.

The absence of a product, feature, or service name, or logo from this list does not constitute a waiver of Stryker's trademark or other intellectual property rights concerning that name or logo.

Literature Number: 2507/00000/W
KM/CO W 0725

製造販売元
日本ストライカー株式会社
tel:03-6894-0000
www.stryker.com/jp