

Microcatheter と Microguide wire

瓢子敏夫

Clinical use and evaluation of the microcatheter and microguide wire.

Toshio Hyogo M.D.

Department of Surgical Neuroangiography, Nakamura Memorial Hospital, Sapporo, Japan.

Summary : Recent advance of endovascular interventional neuroradiology is remarkable and new materials has been developed as a new tool of the endovascular surgery. This prosperity is originated from the innovation of variable stiffness microcatheter. We could not get the today's success or variety of the treatment, if we used only balloon catheter as a tool cerebral navigation. In this paper, the microcatheters are introduced by materials' aspect and developmental concept. And these are evaluated by the clinical experience of the author's. Future new products are also introduced by the most recent information. To know the specification and the special character of the microcatheter is important and necessary to treat the disease safely and successfully.

Key words :

- microcatheter
- microguide wire
- interventional neuro-radiology

1. はじめに

近年の脳神経外科領域における血管内手術の進歩とその臨床応用の広がりを見張るものがあり、とくに脳血管障害の治療において顕著である。従来 inoperative とされていた深部 AVM や巨大 AVM も血管内手術による塞栓術の併用により手術可能となる症例があり、さらにガンマーナイフとの併用で根治に至る症例もある。また balloon angioplasty や、塩酸パパペリンの局所動注といった脳血管攣縮の治療は、従来の薬物療法とはまったく発想の違う治療法で、時にその効果は劇的である。脳塞栓症に対する tPA, Urokinase を用いた局所線溶療法も同様に従来の疾患に対する治療法を一新させる革命的な治療法である。このように血管内手術の手法とその治療概念は種々の疾患に対し応用されつつあり、また今後さらに進歩、発展していくと考えられるが、その発端となったのは、Tracker catheter に代表される

microcatheter と microguide wire の出現と考えられる。ここではその microcatheter と microguide wire について、現在市販され入手可能な種々の type について、その概略と著者の臨床経験から得られたそれぞれの特徴について考察する。

2. Microcatheterの歴史

そもそも頭蓋内血管への access は、内頸動脈では siphon 部、椎骨動脈では C1-C2 junction と屈曲蛇行した部分を越えなければならず、従来不可能とされてきた。Kerber による Calibrated leak microballoon technique の出現は³⁾、cerebral navigation を可能にした画期的方法であったが、catheter の control が flow guided で目的とする部位への細かな選択性や、再現性に欠け、また soft tube に balloon をマウントするため、その導入に特殊な装置 (propelling chamber) を必要とするなどの欠点を抱えていた^{6,7)}。これらの問題点を一挙に解

決し、superselective catheterization に革命的な進歩をもたらしたのが variable stiffness microcatheter の出現であった⁴⁾。すなわち、distal 部分は細く soft な材質で flow guided navigation の性質をもたせ、proximal 部分はより stiff な材質で構成し、これを一体化させることで torque control 可能な catheter としたものである。さらに当時すでに PTCA 用として開発されていた steerable microguide wire (0.012-0.18 inch) を用いて、頭蓋内血管での選択が可能となった点が画期的な点であった。1978年から、Target Therapeutics (Fremont CA, USA) より Tracker catheter として delivery され今日に至る。これに続くのが、Ingenor (Paris, France) の Mini-Torquer microcatheter²⁾、Balt (Paris, France) の Magic microcatheter^{8,9)}、といったフランス製の microcatheter で、Tracker catheter よりも distal 部分がより柔軟で、flow guided catheter としての性格を強く持つ。前者では microguide wire の併用も可能とされ、後者は基本的に flow guided である。最近では上記以外にもいくつかの variable stiffness microcatheter が delivery されており、我が国でも Dow Corning 社から Supernavigator II としたシリコン製の microcatheter が delivery されている。

3. Microcatheter

Table 1 に現在我が国において入手可能な microcatheter を一覧とした。できるかぎり最新のカatalogからその仕様を載せたつもりであるが、規格変更、改良により実際と異なる場合は、ご容赦願いたい。次に、各々の microcatheter について述べる。

3-1. Tracker catheter

いまや microcatheter の代名詞として、また血管内手術を意味する言葉として使われる程有名な microcatheter である。Target Therapeutics より1986年から発売され⁴⁾、我が国では1988年から発売されている (**Fig. 1**)。

ポリエチレンとポリプロピレンを材質とする本カテーテルの最大の特徴は、先端の柔軟部分を含め、カテーテル自体に伸縮性を有しない点であると考えられる。この性質は、カテーテルの pushability, trackability の優秀さに大いに貢献しており、他の microcatheter にはない際立った特徴である。これにより手元での操作が先端の動きに direct に反応し、microguide wire を使用しての分枝を選択していくタイプのカテーテルの条件を満たしている。反面、flow guided catheter としての性格はあ

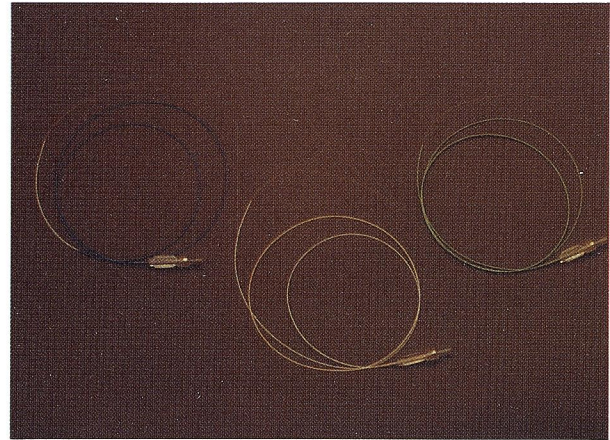


Fig. 1 Various types of Tracker catheter: Tracker-25 (left), Tracker-18 (center), Tracker-38 (right).

まり強く出ていない。高濃度のアルコールや DMSO といった化学薬品に対する耐久性にも問題はなく、pure alcohol の injection や、EVAL, CAP といった DMSO を溶媒とする塞栓物質の使用にも問題はない。

一方、guide wire を使用する microcatheter としての宿命的な問題点、すなわちカテーテル内面と guide wire の摩擦、friction の問題は本カテーテルでも例外ではない。初期生産型は先端柔軟部分、中間部分、手元部分と三段階の variable stiffness としていたが、それぞれの接合部分と手前コネクターとの移行部分で、摩擦によるカテーテルのよれ、ねじれを生じ、アコーディオン様に変形することがあった。現在のタイプは Tracker unibody として先端柔軟部分、中間部分を外側から一層補強してねじれ、よれに対応し、先端のマーカー部分の内面の改良も施されている。ただ基本的な接合部分は従来どおりで、摩擦の軽減には後述する microguide wire の改良で対応している。

Table 1 にも上げたように Tracker -38 から Tracker -10 まで種々の variation が存在し、特殊な type として、先端に extension tube をマウントして microballoon, detachable balloon の使用に対応したものがあ

る。ルーチンに使用するのは、Tracker -18 で、脳動脈奇形の塞栓術、局所線溶療法、抗ガン剤の動注、脳血管攣縮に対する塩酸パパペリンの動注等、脳血管内手術の主要な術式において使用している。また、fibered platinum coil, braided occlusion device (Target Therapeutics, Fremont, CA, USA) や、Hilal coil (Cook, Broomington, IN, USA) といった、microcoil occlusion device が本

カテーテルのサイズと一致しており、脳動脈瘤の塞栓術や、硬膜動静脈奇形の塞栓術といった coil embolizationの際にも使用される。Guglielmi's detachable coil (GDC) (Target Therapeutics) による脳動脈瘤の塞栓術も、Tracker-18、Tracker-10両方のサイズで coil が供給されている。

前述のように、pushability, trackability に優れたカテーテルで、脳動脈主幹部(ICA, C1-2 : MCA, M1-2, 3 : ACA, A1-2, vertebral artery, basilar artery)での治療には最適のカテーテルと考えられる。反面、より末梢血管の病変へは、屈曲蛇行した血管を通過するために、前述の guide wire との friction が問題となり、その性能は著しく制限されたものとなる。Flow guided catheter としての性格があまり強くないのもその一因であると考えられる。これをサポートするひとつの方法としては、Tracker-38を使用する方法がある。通常 guiding catheter (頸部内頸動脈に設置)の中をTracker-38を通し、内頸動脈 cavernous portion まで上げ、この中をTracker-18を通して triple coaxial catheter system とする方法で、distal での pushability, trackability は格段に向上する。同様に、Tracker-25とTracker-10での組み合わせでも可能である。また通常の使用に際しては先端部分をスチームで preshape して、distal での

selectivity を向上させる方法も行っている。

3-2 Magic microcatheter

Balt から delivery されるこの microcatheter は、3F の polyurethan and nylon の proximal shaft に、Pursil (polyurethan, silastic compound) と呼ばれる非常にソフトで表面平滑な tube を2段階に細くして結合させた variable stiffness microcatheter である^{8,9)} (Fig. 2)。1982-87年の段階では、この先端部分の Pursil のみを、

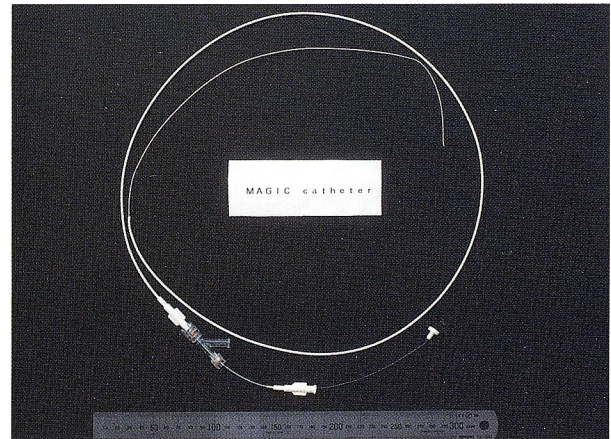


Fig. 2 Balt Magic catheter with assembling guide catheter system.

Table 1
各種マイクロカテーテルの仕様

メーカー名	製品名	全長/先端柔軟部長 (cm)	外径 (proximal/distal)	適合 guide wire (inch)	備考
TARGET THERAPEUTICS	Tracker-10 unibody	80/15, 155/15	2.6F/2F	0.010	
	Tracker-18 unibody	100/12, 150/20	3F/2.2F	0.018	
	Tracker-18	60-170/6-30	3F/2.2F	0.018	
	Micro-Soft Stream	150/20	3F/2.5F	0.018	先端 3cm に側孔 * 3
	Tracker-25	135/12, 150/18	4F/3.2F	0.025	Tracker-10 が通る
	Tracker-38	105/12	5.3F/4.7F	0.038	Tracker-18 が通る
BALT	Magic 1.8F STD	155/25/10	3F/2.5F/1.8F	flow guided	中間部分は Pink Pursil
	Magic 1.8F MP	165/25/20	3F/2.5F/1.8F	flow guided	
	Magic 1.8F PI	155/25/30	3F/2.5F/1.8F	flow guided	
	Magic 1.5F	155/25/15	3F/2.5F/1.5F	flow guided	MP, PI もあり
	Magic Olive	155/25/10	3F/2.5F/1.8F	flow guided	
	Magic 3F/2F	155/25	3F/2F	0.014	
	Magic BD 2LTE	155/25/10	3F/3F/1.8F	detachable balloon	中間部分まで double lumen
NYCOMED, INGENOR	Mini-torquer	135/20, 25, 30	3F/2F	0.016	
COOK	Microferret-18	80-150/12, 20/25	3F/2.3F	0.016	
MICROVENA	Hieshima microcatheter	150/10/10	3F/2.3F	0.016	
DOW CORNING	Supernavigator II	150/25	3F/2.5F	0.016	

chamber system を使用して microballoon catheter と同様に flow guided に使用していた。現在の形の variable stiffness microcatheter としては、1987年から delivery され、我が国では1989年から発売されている。本カテーテルの最大の特徴は、flow guided microcatheter である点で、guide wire を先行させ、catheter の pushability, trackability により血管を select していく Tracker catheter とは全く異なる発想に基づき¹⁾。若干の torque control による選択性もあるが、基本的には血流に乗って末梢血管に到達する。末梢への到達度は非常に優れている。したがって脳動静脈奇形の feeder のような血流の豊富な血管を選択するのに適している (Fig. 3)。また、前大脳動脈末梢の様に、急峻な分岐角度を持つ血管分枝の選択

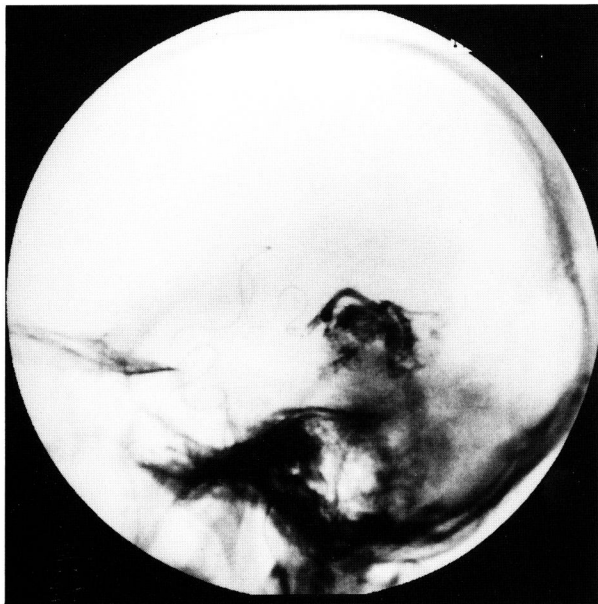


Fig. 3 A case of the left temporal arteriovenous malformation. Superselective angiography of the left middle cerebral artery using Magic catheter (Balt). Note the very tortuous and distal catheterization.

も可能で、guide wire を使用する type よりも安全である。先端の細さと柔軟性は他のカテーテルより優れ、穿通枝の選択や、屈曲蛇行した血管の選択には最適である。

一方、問題点としては、flow guided であるため、血流の少ない血管への選択が時として困難であること。特に末梢血管に到達してからの細かな選択性に難がある点が上げられる。また材質としてのポリウレタンが、DMSO の使用で融解する可能性があり、これを溶媒と

する EVAL, CAP といった塞栓物質が使用できない。Dion は Progressive suppleness Pursil catheter (Magic catheter) に関する論文で、先端が細く、liquid embolization materials は使用できるが、particle material が使用できないこと、microguide wire を使用しての選択ができない点の二点を、その問題点として上げている。

このようなカテーテルの性質を十分に活かしての使用法は、脳動静脈奇形の液体塞栓物質による塞栓術である。現在、著者らが使用している液体塞栓物質、Estrogen alcohol, Polyvinyl acetate の combination は、Pursil の化学的耐性にも問題がなく、guide wire を使用しない less invasive な feeder の superselection が可能との理由で、脳動静脈奇形の塞栓術では第一選択の microcatheter としている。Flow dependent な選択性を補助する方法として、先端をスチームで角度をつけ、torque control による選択を可能にすること、より末梢への到達には、造影剤や生食の injection による jet stream effect や、TERUMO 0.010 Radifocus guide wire を使用して対応している。

著者の臨床経験からみた本カテーテルの使用上の注意点を以下に述べる。より末梢への到達が可能な反面、血管内壁との摩擦のせいか2度目、3度目の選択では末梢への到達が困難な例がある。ニカルジピンの動注を前処置とすることで対応しているが、一定時間試みても不可能な場合は、中止して、日をあらためて行う。Pursil 自体に伸縮性があり、カテーテルの抜去の際、上記の血管内壁との摩擦とも相まって手元での traction force が先端部の traction force として伝わらずに、中間の屈曲蛇行する血管を伸展させる力となり、患者の痛みとなることがある。やはりニカルジピンの動注が有効と思うが、30分以上放置しておくことが必要な場合もある。このような状況下ではとにかく焦らないことが重要と考える。

現在の line up では Standard Magic の他、Pursil 部分を45-55cmと延長した Magic MP, PI, Pursil 先端を1.5Fと細いサイズにした Magic 1.5ST, Pursil 先端に丸いふくらみをもたせ、flow guided の性能をより強調した Magic olive の variation が存在する。他には balloon を attach できる様に Teflon, polyethylene の extension tube を装着した Magic catheter も存在する。特殊なタイプとして、脳動脈瘤の balloon embolization 用に設計された Double lumen Moret catheter がある。動脈瘤のサイズが小さくなればなるほど問題となるのは catheter の dead

space で、balloon 内部の充填物である HEMA に、いかにして効率よく置き換えるかが問題となる。このタイプでは proximal shaft を double lumen にして、dead space を 0.01ml と小さくすることで解決している⁹⁾。残念ながら脳動脈瘤の塞栓術の主体が GDC をはじめとする coil embolization に移行してあまり活躍の場がなくなってしまった。

3-3 Minitorqer

Nycomed, Ingenor から delivery されるこの microcatheter は日本ではあまりなじみがないが、1989年から存在する。Siltane と呼ばれる soft tube を改良した材質を使用していると思われ、2段階に variable stiffness となっている。特徴は、flow guided catheter としての性格と、guide wire control が可能とされていることである。数回の使用経験しかなく詳しくは評価できないが、基本的には flow guided catheter で、guide wire は、使することができる、程度の印象であった。ただ小児、新生児に使用する際、guide catheter なしに、4F introducing sheath から直接 catheterization できることは重要である²⁾。他のカテーテルが改良され、進歩していることを考えると、少し時代遅れな感が否めない。

3-4 Microferret -18 microcatheter

Cook (William Cook Europe) より delivery される variable stiffness microcatheter で、microguide wire を使用する type であり、基本的な concept は、Tracker catheter と同様である。ポリエチレンを材質として、3段階の variable stiffness を持たせている。Trackability, Pushability 等、カテーテルの性能は優秀との印象を得ており、後述する hydrophilic coating を施した type が開発されつつあり、注目される。また本カテーテル用の platinum microcoil も供給されている。

3-5 Mag microcatheter

Balt の guide wire assisted microcatheter で、2F-3F ポリアミドを材質として使用することで多くの薬剤、特に DMSO に対する耐久性を得、2段階の variable stiffness を持たせている。

3-6 Microvena microcatheter

Microvena (Vadnais heights, MN, USA) の microcatheter で、同じく同社より delivery されるニッケルとチタンの合金、Nitinol を使った microguide wire とともに供給される。一度使用した経験があるが、guide wire とのマッチングのせいかカテーテルの性能自体は

あまり高くないとの印象である。

3-7 Supernavigator II

Dow Corning から delivery される日本製の microcatheter である。最大の特徴は、シリコン製であることと、つなぎめのない一体成型をなし遂げている点であろう。Guide wire assisted microcatheter の最大の課題であるカテーテル内面と guide wire との摩擦を軽減させる点では他にない特徴である。数回の使用経験から印象を述べると、guide wire との摩擦は確かに少なくスムーズであった。反面、proximal shaft が柔らかすぎる印象があり、pushability 性能に難があると思われた。また、カテーテルに伸縮性があるために、先端の動きと手元での操作の間に、時間的なずれを感じる事が多く問題点のひとつと思われた。

4. Microguide wire

Table 2 に、microguide wire を一覧とした。Microguide wire, steerable guide wire も、カテーテル内面との摩擦の問題を解消すべく、より高い性能の pushability, trackability を追求して、次々と改良が加えられてきている。Target Therapeutics の line up での改良の段階をみると、Taper -16では、表面にシリコンコーティングがなされていたが、Seeker -14,16, Seeker light 10ではこれに加えて、テフロンラミネートを追加しており、最新の Dasher -10,14ではテフロンスプレーコーティングが施されている。しかしながら最新のタイプが、従来のタイプにすべて取って代わるという改良のされ方ではなく、滑り、柔軟性の違うタイプとして variation を豊富にする、という形での改良である。実際に使用した経験からも、guide wire の違いによる microcatheter の選択性、末梢への到達度に差があり、目標とする血管の部位、動脈硬化の度合い、サイフォンの形状等の条件により guide wire も選択して使用するべきものとする。各々の microguide wire については、使用する microcatheter との matching もあり、一概に評価することは難しく、ここでの寸評は避ける。

5. Microcatheter の最新事情

ここでは、ごく最近に発売された、ないしは今後発売が予定されている new type の microcatheter について述べる。

5-1 micro Soft stream catheter

Table 2
Specification of Micro Guide Wire

メーカー名	製品名	全長(cm)	外径(Max OD/Distal OD,inch)	Taper長(cm)	Radiopaque length(cm)
TARGET THERAPEUTICS	Seeker Lite-10	125, 175	0.010/0.011	40	3
	Dasher-10	125, 195	0.010/0.010	45	4
	Seeker-14	175	0.014/0.014	40	2
	Dasher-14	175	0.014/0.013	50	4
	Taper-14 Flex-Tip	135, 145, 175	0.014/0.013	30	12
	Seeker-16	175	0.016/0.013	40	2
	Taper-16	90-195	0.016/0.013	35	12
	Taper-16 Flex-Tip	175	0.016/0.013	45	12
	Stubbie-16	175	0.016/0.013	7	3
	Taper-22	175	0.022/0.013	35	12
COOK	Conic	180	0.016/0.014	30, 40	2, 4, 8, 12
	Step	180	0.016/0.014	30, 40	2, 4, 8, 12
DOW CORNING		180	0.016/0.014	30	3
		180	0.014/0.012	30	3
TERUMO	Radifocus-16	180	0.016/0.016	/	先端マーカーのみ
	Radifocus-14	180	0.014/0.014	/	先端マーカーのみ
	Radifocus-10	180	0.010/0.010	/	先端マーカーのみ

Target Therapeutics より1993.5から発売された側孔付きのカテーテルである。Tracker -18 catheter の先端3cmに3個の側孔を spiral に配置した構造で、薬剤の均一な infusion を意図している (Fig .4)。その target は血栓溶解療法で、塞栓の proximal, distal 両方から tPA, UK といった血栓溶解剤を infusion することで、より高い再開通率を目指したものである (Fig. 5a-d)。他の応用としては、脳血管攣縮への塩酸パパペリンの動注療法、抗ガン剤の局所動注の際に使用可能と思われる。Double marker を施した type は多少先端が固い様に感じられ、trackability は、standard の Tracker -18 に比べて、少し劣る印象である。また先端3cmの側孔部分は長すぎる場合があり、いくつかの variation が必要と思われる。

5-2 Tracker Zephyr catheter

Target Therapeutics から発売予定のflowguided micro-catheter である。先端柔軟部分にはポリウレタンとポリエチレンの合剤を材質とするカテーテルを2段階に variable stiffness として、ポリウレタン、ポリアミドとナイロンの合剤からなる proximal shaft に接合させている。この先端部分は伸縮性の性質をあまりもたない材質で、Balt Magic catheter で問題となった点の解決が期待される。

5-3 Microretriever

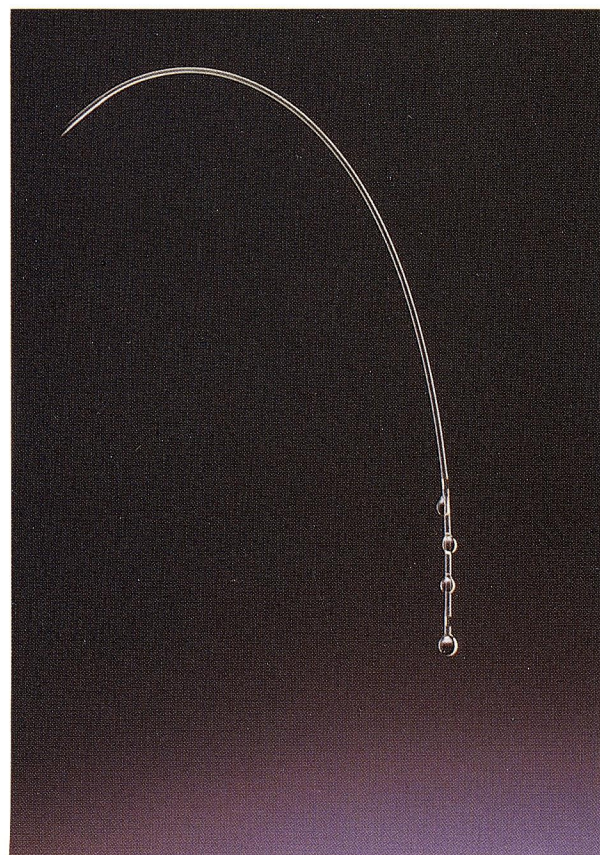
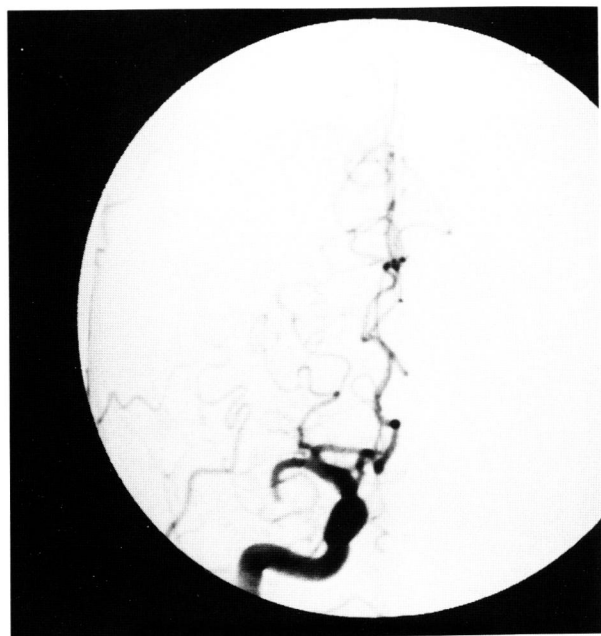


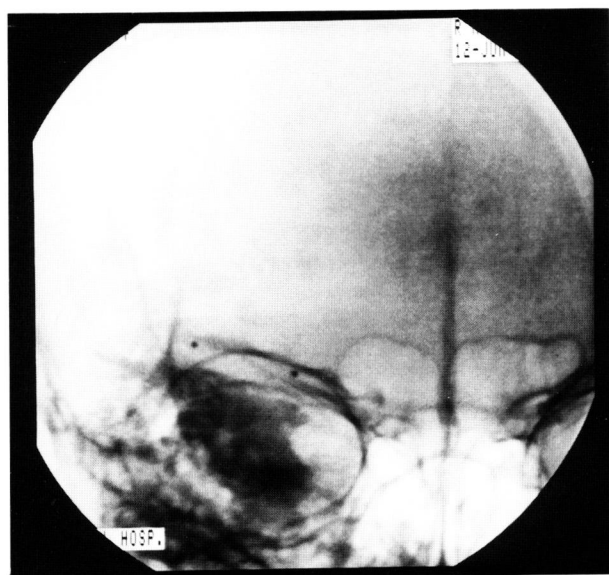
Fig. 4 Micro-Soft stream catheter (Target Therapeutics). Three side holes are designed at the distal 3cm long with helical pattern.



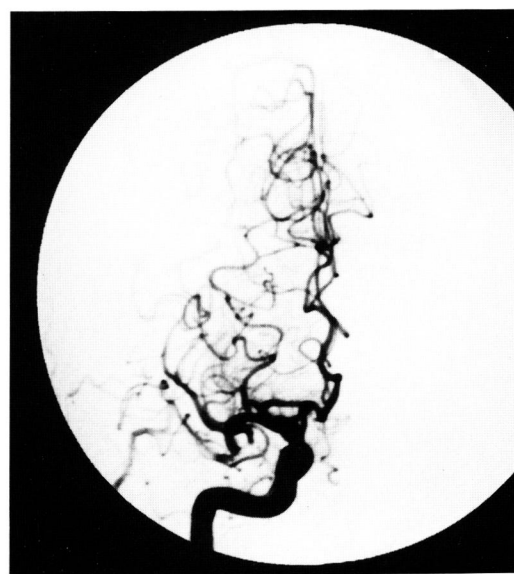
a



b



c



d

Fig. 5 a; A case of the right middle cerebral artery occlusion. b; Superselective angiography using micro-Soft stream catheter demonstrated distal branches of the middle cerebral artery and the location of the embolus. c; Position of the micro-Soft stream catheter. Note the distal and proximal radiopaque markers. d; Result of the local fibrinolysis using this catheter and tPA. Patient recovered from right hemiparesis at this point. Note the another branch of the middle cerebral artery which was not demonstrated at the superselective angiography.

Coil embolization が脳動脈瘤に応用される様になって問題となる coil migration, excess coil replacement を解決すべく開発された、脳血管内用の異物除去装置である。通常の Tracker -10,18の先端に guide wire の一端を固定し、手前から guide wire のもう一端を操作することで loop を作り、coil の一端を引っかけて回収できる様に工夫したものである。Coil だけでなく、断裂した microcatheter の回収にも威力を発揮するものと思われる。

5-4 Hydrophobic coating microcatheter

カテーテルの性能をより高いものにする工夫は、材質、構造、guide wire との matching に加えて、カテーテル表面と血管内面との摩擦を問題とするまでに進んでいる。カテーテル表面に hydrophobic material を coating (正確にはカテーテルの材質との化学的結合、chemical bonding させる) して血管内での抵抗を極端に減少させた microcatheter である。すでにいくつかのメーカーから量産型直前の試作品が発表されている。Target Therapeutics からは Fastracker、Cook からは Hydrophobic Microferret -18、TERUMO からは GT catheter III、として発売が予定されている。GT catheter では更に heparin coating も施されている。使用した経験を聞いたところでは、そのスムーズさは従来のものとは比べ物にならない、とのことであった。最終的にはすべての guide wire assisted microcatheter に応用されることが予想される。

6. まとめ

今日の血管内手術の隆盛を支え、その発展のきっかけとなった Variable stiffness microcatheter について、その歴史、現状、将来的展望について考察した。今後、この分野での進歩は目覚ましいものが予想され、それによって、血管内手術の方法、考え方も大幅に変化していく可能性を秘めている。より安全で、確実な治療を行うためには、microcatheter, microguide wire 等の material に対する十分な知識と、それぞれの特性を十分考慮した選択が必要であると考えられ、本文がその一助となれば幸いである。

文 献

- 1) Dion JE, Duckwiler GR, Lylyk P, Vinuela F, Bentson J: Progressive suppleness pursuit catheter: A new tool for

superselective angiography and embolization. AJNR 10, 1068-1070, 1989

- 2) Garcia-Monaco R, Alvarez H, Lasjaunias P: Utilization of the mini-torquer in cerebral arteriovenous malformation of the newborn and infant. Diagn Int Radiol 2 : 123-124, 1990
- 3) Kerber CW: Balloon catheter with a calibrated leak. A new system for superselective angiography and occlusive catheter therapy. Radiology 120 : 547-550, 1976
- 4) Kikuchi T, Strother CM, Boyar M: New catheter for endovascular interventional procedures. Radiology 165:870-871, 1987
- 5) Moret J, Picard L, Derome P, Lepoivre J, Castaignes L, Boulin A: Endosaccular treatment via the endovascular approach of the so called surgical subarachnoid aneurysms: A new technique. The European Society of Neuroradiology, 267-273, 1988
- 6) Pevsner PH: Microballoon catheter for superselective angiography and therapeutic occlusion. AJR 128:225-230, 1977
- 7) Pevsner PH, Doppman JL: Therapeutic embolization with a microballoon catheter system. AJNR 1 : 171 : 1980
- 8) Rufenacht D, Merland JJ: Modifications of a supple catheter avoiding the need of a balloon for flow-guidance. In: Valk J (ed) Neuroradiology 1985/1986. Excerpta Medica, Amsterdam, pp 311-314, 1986
- 9) Rufenacht D, Merland JJ: More precision in superselective angiography: flow independent guidance of a soft catheter (abstract). AJNR 8:959, 1986