

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE MEDECINE

Année 2014

N° 130

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

DES de Radiodiagnostic et imagerie médicale

par

Pierre-Louis ALEXANDRE
Né le 25 avril 1984 à Châteauroux

Présentée et soutenue publiquement le 27 octobre 2014

Conséquences à long terme des thrombectomies
sylviennes : évaluation en angio-scanner.

Président : Monsieur le Professeur Hubert DESAL

Directeur de thèse : Docteur Benjamin DAUMAS-DUPORT

Membres du Jury : Professeur Jean-Michel SERFATY

Professeur Philippe DAMIER

Docteur Mathieu SEVIN

Merci Mr le Pr. Hubert DESAL de m'avoir accueilli dans votre service et de nous apporter une fibre universitaire, vous me faites l'honneur de présider mon jury,

Merci Mr le Pr. Jean-Michel SERFATY, pour m'avoir accueilli dans ton service de m'avoir enseigné toutes les facettes de la radiologie hémodynamique,

Merci Mr le Pr. Philippe DAMIER, vous me faites l'honneur d'être membre de mon Jury et d'y apporter une vision globale,

Merci au Dr. Benjamin DAUMAS-DUPORT, pour tout ce que tu m'as enseigné et pour m'avoir beaucoup aidé dans ce travail,

Merci au Dr. Mathieu SEVIN, d'avoir accepté de participer à mon Jury et d'apporter à la discussion votre expérience clinique,

Merci à toute l'équipe de neuroradiologie de m'avoir accueilli dans votre service, un des meilleurs stages de radiologie que j'ai pu faire,

Merci à Flavie, mon rayon de soleil et pour un soutien mutuel bien appréciable dans ces moments,

Merci à Emilie, pour avoir apporté un œil extérieur à ce travail.

Liste des abréviations :

ACFA : Arythmie complète par fibrillation auriculaire

ACI : Artère carotide interne

ASIA : Anévrisme du septum inter auriculaire

AVC : Accident vasculaire cérébral

AVK : Anti-vitamine K

DT : Dispositif de thrombectomie

HTA : Hypertension artérielle

IMC : Indice de masse corporelle

IRM : Imagerie par résonance magnétique

IV : Intraveineuse

M1-M2-M3-M4 : Premier au quatrième segment de l'artère cérébrale moyenne

MIP : Maximal intensity projection

mRs : modified Rankin scale

NIHSS : National Institute of Health Stroke Score

PACS : Picture Archiving Communicating System

SR : Stent retriever

TICI : Thrombolysis In cerebral infarction

TM : Thrombectomie mécanique

TOAST : Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment

TOF : Séquence en temps de vol

TSA : Troncs supra-aortiques

V4 : Segment V4 de l'artère vertébrale

VR : Volume rendering

Table des matières

1	Introduction	6
2	Patients et méthodes	8
2.1	Sélection des patients	8
2.2	Analyse des données	8
2.2.1	Données cliniques et imagerie initiale	8
2.2.2	Angiographie	9
2.2.3	Volume d'ischémie final	9
2.2.4	Dépistage d'anomalies de calibre artériel de novo	10
2.2.5	Evaluation clinique à distance	11
3	Analyse statistique	11
4	Résultats	12
4.1	Caractéristiques des patients	12
4.2	Prise en charge initiale	12
4.2.1	Clinique	12
4.2.2	Etiologie	13
4.2.3	Imagerie initiale	14
4.2.4	Prise en charge thérapeutique initiale	16
4.2.5	Contrôle précoce par imagerie	18
4.2.6	Evaluation clinique à la sortie du patient et traitement médicamenteux	19
4.2.7	Suivi clinique à distance	20
4.3	Dépistage d'anomalie de calibre artériel de novo	20
4.3.1	Analyse préalable validant l'hypothèse d'une symétrie des artères sylviennes à l'état normal	20
4.3.2	Modalité de suivi par angio-scanner	21
4.3.3	Relecture des angio-scanners	21
4.3.4	Résultats de l'angio-scanner	21
4.3.5	Sous-groupe : sténoses focales de novo et DT	23
4.3.6	Sous-groupe : sténoses longues de novo	27
5	Discussion	35
5.1	Relation entre sténose et thrombectomie : revue de la littérature	35
5.1.1	Etudes des lésions immédiates, modèles animaux	35
5.1.2	Etude des remaniements artériels, à la phase précoce, post mortem	36
5.1.3	Etudes des remaniements artériels, à la phase tardive, modèle animal	37
5.1.4	Etude des remaniements artériels, de sujets, à la phase tardive, imagerie ..	37
5.2	Sténoses focales et longues	38
5.2.1	Sténoses focales : quelle étiologie ?	38
5.2.2	Aspect grêle ou sténose longue de l'artère sylvienne et de ses branches	39
5.3	Vasospasme et sténose sylvienne	40
5.4	Autres anomalies : occlusion et sténoses controlatérales	41
5.4.1	Occlusion	41
5.4.2	Sténoses	41
5.5	Intérêt du suivi à long terme par imagerie	41
5.6	Apports originaux de notre étude	42
5.7	Impact de notre étude sur la technique de thrombectomie	43
5.8	Limites de l'étude	43
6	Conclusion	45
7	Références	46
8	Annexes	49

Table des tableaux et figures

Tableau 1: caractéristiques de la population.....	12
Tableau 2: étiologie des AVC chez les patients	14
Tableau 3: répartition du site d'occlusion	15
Tableau 4: répartition des traitements médicamenteux.....	19
Tableau 5: résumé des observations présentant une sténose focale de novo	27
Tableau 6: angio-scanners montrant des sténoses longue de novo.....	29
Graphique 1. Répartition des patients selon l'heure connue ou non du déficit.....	13
Graphique 2. Répartition des patients selon le score NIHSS.....	13
Graphique 3. Volume ischémique en diffusion chez les patients.	15
Graphique 4. Modalités de la prise en charge neurologique.....	16
Graphique 5. Volume d'ischémie final en imagerie précoce post-thérapeutique.....	19
Graphique 6. Répartition des patients selon le score mRs à 3 mois (0 à 4).	20
Graphique 7. Mesures des artères sylviennes en M1 à droite et à gauche chez les mêmes patients.	21
Graphique 8. Relation entre degré de sténose (pourcentage) et volume ischémique.....	30
Graphique 9. Relation entre degré de sténose et volume ischémique en excluant les deux observations discordantes.....	33
Figure 1. Cas n° 1. Suivi à 12 mois par angio-scanner chez une patiente de 45 ans	24
Figure 2. Cas n° 2. Suivi par angio-scanner cérébral à 3 mois chez un patient de 78 ans...	25
Figure 3. Cas n° 3. Suivi par angio-scanner à 6 mois chez un patient de 67 ans.....	26
Figure 4. Exemple d'une sténose longue de M1 et de ses branches.....	28
Figure 5. Suivi à 6 mois par angio-scanner montrant une sténose irrégulière de segment M1 et un aspect grêle de ses branches M2-M4.	31
Figure 6. Suivi à 6 mois par angio-scanner montrant une sténose irrégulière de M1.	32
Figure 7. Cas du patient traité par Vasco-aspi.	34

1 Introduction

L'accident vasculaire cérébral (AVC) est la première cause de handicap acquis dans les pays occidentaux. En France, l'incidence est d'environ 100000 à 145000 cas par an (1). La prise en charge thérapeutique de l'AVC repose sur plusieurs modalités thérapeutiques.

Le traitement fibrinolytique par voie intraveineuse (IV) par altéplase (Actilyse®) a prouvé son efficacité en terme d'amélioration clinique depuis 1995 (2) si celui-ci est administré dans les 3 heures de la survenue de l'ischémie cérébrale (3).

Actuellement, le traitement fibrinolytique par voie IV est administré dans les 4 heures et 30 minutes du début des symptômes et est le seul traitement médicamenteux validé à la phase aiguë de l'AVC ischémique (4).

Le traitement fibrinolytique par voie IV n'est pas toujours efficace, en particulier en cas d'occlusion proximale. Des techniques intra-artérielles ont été développées afin d'améliorer l'efficacité de ce traitement et de pallier aux contre-indications de la fibrinolyse.

La thrombectomie mécanique (TM) permet une recanalisation du vaisseau occlu avec un taux de réussite élevé (5), associé à la fibrinolyse IV ou non.

Il existe plusieurs dispositifs de thrombectomie (DT) (6)(7)(8), les plus employés actuellement sont les Stents Retrievers (SR), ayant prouvé leur supériorité en terme d'efficacité angiographique (9). Ils peuvent être associés à un système d'aspiration in situ ou plus proximal au sein de la carotide interne pré-pétreuse.

L'efficacité de la TM semble être démontré en terme de taux de recanalisation, par contre l'efficacité, en terme de pronostic fonctionnel à 3 mois peine à être démontré (10).

Il existe peu de données dans la littérature (11)(12)(13) reportant les conséquences pariétales à long terme au niveau de l'artère cérébrale traitée.

L'action des SR peut potentiellement léser la paroi de l'artère, notamment lors de la phase d'extraction du thrombus. Les SR sont alors retirés ouverts et peuvent être responsables de dommages de l'endothélium et de la limitante élastique interne (14)(15).

L'objectif de notre étude est de déterminer s'il existe des conséquences pariétales à type de sténose à distance du traitement par voie endo-vasculaire à la phase aiguë d'un AVC au niveau du segment M1 et M2 de l'artère sylvienne (16) (cf [Annexe 1](#)) en angio-scanner, apprécier s'il existe des conséquences cliniques et d'établir d'éventuels facteurs de risque.

2 Patients et méthodes

2.1 Sélection des patients

Il s'agit d'une étude rétrospective de cas cliniques après analyse de la banque de donnée du réseau d'imagerie PACS (Picture Archiving Communicating System) et des dossiers des patients disponibles dans notre centre.

Les patients pris en charge au sein de l'unité neuro-vasculaire de notre centre ayant bénéficié d'un traitement par thrombectomie mécanique ont été répertoriés de 2012 à 2014.

Les patient inclus ont été ceux pris en charge pour un accident vasculaire cérébral (AVC) à la phase aiguë et ayant eu une TM, ainsi qu'un angio-scanner cérébral à 3 mois et plus afin d'étudier d'éventuels remodelages artériels retardés.

Ont été exclus les patients ayant eu des épisodes intercurrents (AVC ischémique ou hémorragique) entre le traitement endo-vasculaire et l'angio-scanner de contrôle, les poses de stent permanent au niveau de l'artère sylvienne, les occlusions de l'axe vertébro-basilaire en raison de la plus grande fréquence de sténose pré-thrombotique à ce niveau (17).

2.2 Analyse des données

2.2.1 Données cliniques et imagerie initiale

Les données cliniques ont été collectées à partir des dossiers des patients : âge, sexe, antécédents, facteurs de risque cardio-vasculaire, heure du déficit, étiologie de l'AVC.

Le score NIHSS (18) (National Institutes of Health Stroke Scale Score) a été répertorié, en classant les patients par tranche de 10 points. Un score inférieur à 10 permet environ 40% de guérison spontanée, tandis qu'un score supérieur à 20 prédit une évolution clinique péjorative (19).

Les données des traitements ont été répertoriés : délai de prise en charge, traitement fibrinolytique associé, traitement antiagrégant ou anticoagulant.

L'imagerie initiale, IRM ou scanner a permis de confirmer l'ischémie et d'éliminer une hémorragie intracrânienne. Des séquences angiographiques (angio-IRM par temps de vol -TOF ou un angio-scanner cérébral) étaient acquises afin de préciser le site de l'occlusion. Une évaluation du volume ischémié sur les séquences de diffusion en IRM a été effectuée.

2.2.2 Angiographie

Les données de l'angiographie au cours du traitement par TM ont été collectées : l'aspect de la lumière artérielle était évaluée après chaque passage du DT.

Ont été recherchés des thrombus occlusifs résiduels, des arguments en faveur d'une dissection artérielle (recherche de flap, de lumière artérielle irrégulière, marécageuse suggestifs de dissection) ou d'un spasme artériel (diagnostic retenu en cas de diminution de calibre d'un segment artériel en amont de l'occlusion ou d'un segment artériel désobstrué lors d'un précédent passage du DT).

L'évaluation de la reperméabilisation a été faite en appliquant le score TICl (cf annexe 2).

Le matériel utilisé était répertorié. Le nombre de passage(s) du DT a été également recueilli.

La détection d'une complication hémorragique était faite par un scanner en salle d'angiographie (X per-CT), en fin d'intervention.

2.2.3 Volume d'ischémie final

Nous avons exploité l'imagerie de contrôle réalisée systématiquement à J1 (scanner ou IRM avec séquence de diffusion) pour évaluer le volume final d'ischémie après désobstruction artérielle.

Cette évaluation a été réalisée par contourage manuel de la surface ischémiée coupe par coupe.

Cette méthode a prouvé sa fiabilité pour la mesure du volume ischémique en scanner (20) et en IRM (21)(22).

Le score NIHSS était répertorié à J1 et J7 ou à la sortie du patient.

2.2.4 Dépistage d'anomalies de calibre artériel de novo

Les patients ont bénéficié d'un angio-scanner cérébral à distance (General Electric VCT 64) avec ou sans étude des troncs supra-aortiques (TSA) selon la présence ou non d'une lésion connue de la carotide interne (ACI) cervicale. (cf Annexe 3)

Sur ces scanners, a été recherchée la présence d'une occlusion de l'ACI ou sylvienne, l'existence de sténoses artérielles.

Une double lecture des scanners a été réalisée par un neuroradiologue sénior et un interne de radiologie ayant effectué un stage en neuroradiologie diagnostique et interventionnelle. En cas de désaccord sur la présence ou non d'une sténose, le consensus était obtenu après une relecture commune des scanners.

Cette imagerie a été comparée à la dernière série artériographique réalisée en fin d'intervention afin de vérifier qu'il ne s'agissait pas d'anomalies de calibre artériel préexistantes.

Une reconstruction de l'artère sylvienne a été effectuée chez tous les patients afin d'analyser la lumière sur console Advantage Workstation (AW Workstation 4.4 GE healthcare®). Une reconstruction en mode « lumen » (ou lumière), curviligne et section axiale du vaisseau (Cross section) a été effectuée au niveau du segment M1 et M2 (cf annexe 4). L'évaluation du pourcentage de sténose a été effectuée. En cas de sténose focale, le segment artériel de référence était pris en zone saine, à environ 1cm. En cas de sténose longue, une comparaison à l'artère sylvienne controlatérale était effectuée, en posant l'hypothèse que le calibre physiologique des artères sylviennes est symétrique pour chaque individu.

Afin d'affirmer l'hypothèse d'un calibre symétrique des artères sylviennes à l'état normal, nous avons confronté en angio-scanner les diamètres des artères sylviennes en M1 des deux côtés sur une cohorte de 20 patients consécutifs pris en charge dans notre institution pour un traitement préventif d'anévrismes non rompus.

Les mesures des artères étaient effectuées sur console Advantage Workstation 4.4, avec reconstruction et mesure du grand axe de M1 à sa portion moyenne en section perpendiculaire, en tenant compte d'éventuelles bifurcations précoces.

Afin de valider la reproductibilité des mesures en angio-scanner, nous avons confronté les mesures prises dans cette modalité avec celles de la technique de référence artériographique (en angio 3D).

2.2.5 Evaluation clinique à distance

Le score modifié de Rankin (mRs) (23), (cf annexe 5) a été évalué à 3 mois et plus dans le cadre d'un suivi systématique neurologique ou neuroradiologique.

Le score mRs reflétait une bonne évolution clinique de 0 à 2 et une mauvaise évolution de 3 à 5.

3 Analyse statistique

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel GrahPad PRISM[®] version 5.0c.

Pour identifier d'éventuels facteurs de risques d'anomalie artérielle, nous avons utilisé le test de Fischer (étudiant le nombre de passage du DT, spasme, hémorragie, fibrinolyse IV, délai de prise en charge, étiologie TOAST).

Une régression linéaire a été effectuée pour étudier la relation entre sténose longue et volume d'ischémie final. Concernant l'analyse des angio-scanners, un calcul de la concordance inter-observateur avec test du Kappa de Cohen a été effectué.

Pour la comparaison des diamètres des artères Sylviennes, nous avons utilisé le test T de Student.

4 Résultats

4.1 Caractéristiques des patients

L'application des critères d'inclusion et d'exclusion a permis de rapporter 33 patients. La population étudiée comprenait 18 hommes pour 15 femmes (sexe ratio de 1,2), d'un âge moyen de 62 ans (de 34 à 78 ans).

Nous avons recueillis les facteurs de risque cardio-vasculaire : hypertension (HTA), dyslipidémie, tabagisme, diabète et surcharge pondérale avec index de masse corporelle (IMC) > 27.

Les caractéristiques des patients sont résumées dans le tableau n° 1.

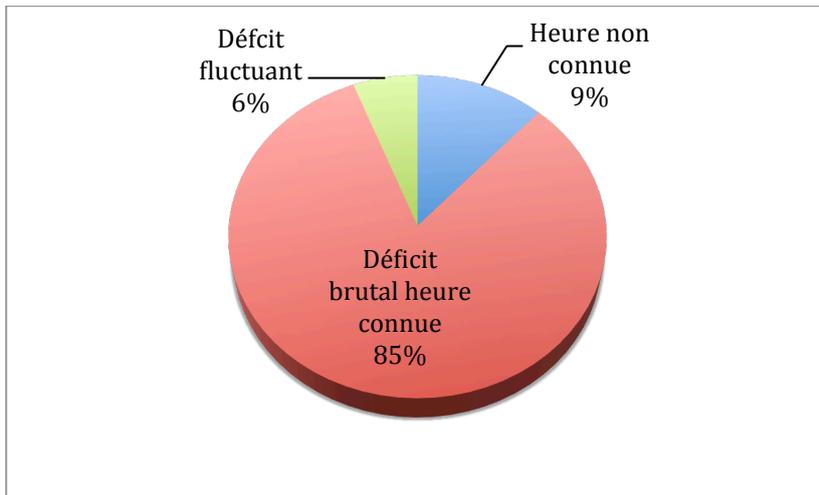
Tableau 1 : caractéristiques de la population

Caractéristiques	Valeur
Nombre de patients	33
Sexe ratio	1,2
Age moyen (années)	62 (34-78)
Antécédents :	
- HTA	16 (48%)
- Dyslipidémie	13 (39%)
- Tabagisme	9 (27%)
- Diabète	3 (9%)
- Surpoids (IMC > 27)	6 (18%)

4.2 Prise en charge initiale

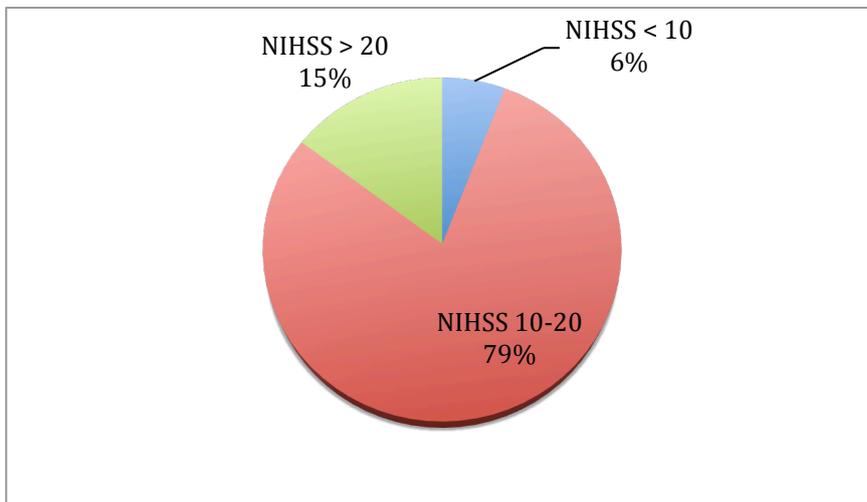
4.2.1 Clinique

Les patients pris en charge par TM présentaient un déficit neurologique brutal, dont l'heure était connue dans 28 cas, un déficit dont l'heure était connue mais avec une symptomatologie fluctuante dans 2 cas et une heure du déficit non connue dans 3 cas dont deux AVC du réveil et un patient retrouvé au sol (graphique 1).



Graphique 1. Répartition des patients selon l'heure connue ou non du déficit.

Le score NIHSS médian était de 17, variant de 5 à 26. Deux patients présentaient un score NIHSS < 10, 26 patients un score de 10 à 20 et 5 patients un score > 20 (graphique 2).



Graphique 2. Répartition des patients selon le score NIHSS

4.2.2 Etiologie

Les étiologies des AVC ont été classées selon la classification TOAST (24), après un bilan exhaustif comportant une exploration cardiologique.

Ces étiologies sont reportées dans le tableau n°2.

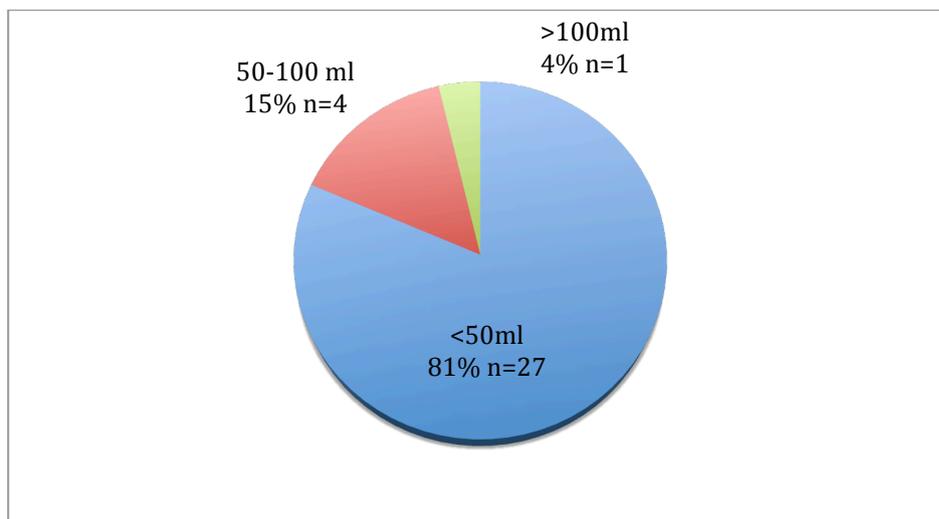
Tableau 2: Etiologie des AVC chez les patients.

Classification TOAST	Nombre de patient (%)
1. Athérosclérose des TSA	14 (42%)
2. Origine cardio embolique	10 (30%) ACFA n=6 Anévrisme n=1 Post-opératoire n=1 Endocardite infectieuse n=1 ASIA n=1
3. Lacunaire	0 (0%)
4. Autres causes identifiées	9 (27%) Dissection n=8 Thrombose post-endartériectomie n=1
5. D'origine indéterminée	0 (0%)

4.2.3 Imagerie initiale

Plusieurs patients ont été adressés par d'autres centres, et ont été à l'origine d'hétérogénéités du bilan initial. Une IRM a été réalisée chez 27 patients (82% des cas) et un scanner cérébral avec angio-scanner chez 6 patients (18% des cas).

Chez les patients ayant bénéficié d'une IRM initiale, un calcul du volume de diffusion a été effectué. Celui-ci était en moyenne de 26,9ml (de 1 à 145ml), la majorité ayant un volume d'ischémie < 50ml (graphique 3).



Graphique 3. Volume ischémique en diffusion chez les patients.

L'occlusion artérielle intéressait la circulation antérieure (sylvienne +/- associée à une occlusion carotidienne) pour 14 cas à droite (42%) et 19 cas à gauche (58%).

Une occlusion du segment M1 de l'artère sylvienne était présente dans 31 cas (94%) et du segment M2 proximal dans 2 cas (6%).

La localisation de l'occlusion était: terminaison carotidienne en « T » ; en tandem avec occlusion de la carotide interne et embole M1 ou M2 ; de M1 et/ou M2. Ces données sont résumées dans le tableau n°3.

Tableau 3: répartition du site d'occlusion

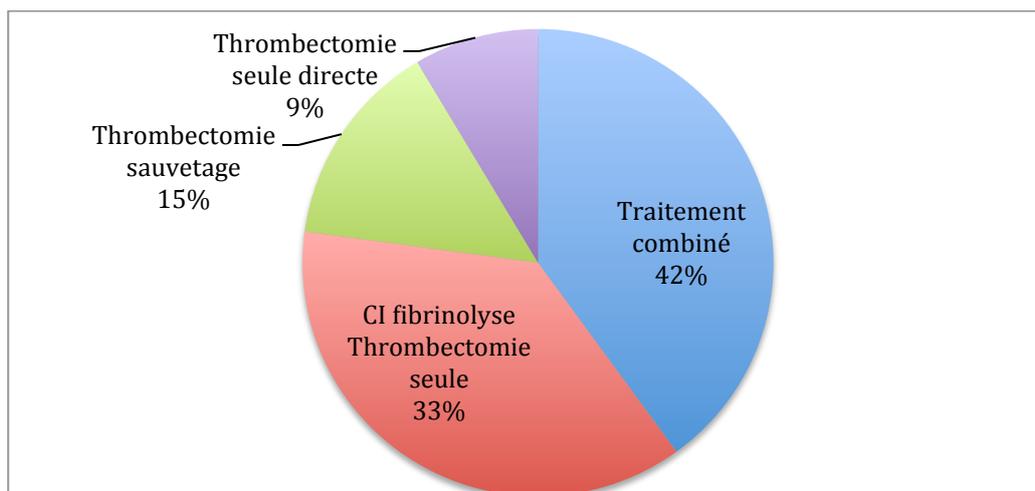
Site de l'occlusion	Nombre de patients
Occlusion du « T » carotidien	17 (51%)
Occlusion de la CI sus-bulbaire avec embole M1 ou M2	9 (27%)
Occlusion de M1 ou M2 seule	7 (21%)

4.2.4 Prise en charge thérapeutique initiale

4.2.4.1 Modalités thérapeutiques

Il existait plusieurs modalités thérapeutiques (graphique 4) :

- Traitement combiné : fibrinolyse IV et traitement endo-vasculaire dans 14 cas.
- Thrombectomie de sauvetage après échec de la fibrinolyse IV dans 5 cas.
- Thrombectomie seule en raison d'une contre-indication à la fibrinolyse IV dans 11 cas.
- Thrombectomie d'emblée dans 3 cas.



Graphique 4. Modalités de la prise en charge neurologique.

Les contre-indications à la fibrinolyse étaient : ischémie étendue en IRM, score NIHSS > 25, chirurgie < 3 mois, diabète déséquilibré, heure d'apparition du déficit non connue, traumatisme crânien < 3 mois, traitement anticoagulant par AVK, AVC récent < 3 mois).

4.2.4.2 Prise en charge endo-vasculaire

4.2.4.2.1 Modalités et matériels

Une angiographie préalable a été réalisée, permettant de confirmer le diagnostic d'occlusion artérielle, d'évaluer la collatéralité.

Les cathétérismes carotidiens étaient effectués avec un cathéter-guide 8F avec perfusion de Nimodipine. Le franchissement des occlusions artérielles était effectué systématiquement avec des micro-guides TRAXCESS 14[®]. Différents micro-cathéters ont été utilisés :

- REBAR 18, 27[®]
- TREVO PRO 18[®]
- HEADWAY 17[®]

Le choix du DT a été déterminé par l'opérateur au moment de l'intervention. Après déploiement dans le thrombus, le DT était retiré avec ou sans aspiration distale au sein d'un cathéter de re-perfusion PENUMBRA 5MAX[®].

Les dispositifs de thrombectomie de type SR utilisés étaient (cf annexe 6) :

- SOLITAIRE[®] (Covidien/ev3, USA) dans 24 cas (73%)
- ERIC[®] (Microvention/Terumo, USA) dans 5 cas (15%)
- TREVO[®] (Stryker, USA) dans 2 cas (6%)
- Séparateur 3D (Penumbra Inc, USA) dans un cas (3%).

Un dispositif de TM de type SR a été utilisé dans 32 cas (97%). Dans un cas (3%) une thrombo-aspiration seule par un cathéter de re-perfusion VASCO[®] (BALT, France) a été réalisée.

La TM a été associée à une thrombo-aspiration avec un cathéter d'aspiration distale PENUMBRA 5 MAX[®] dans 27 cas (81%). Dans 2 cas (6%) une thrombolyse in-situ a été effectuée.

Chez les patients traités par TM par SR (n=32), le nombre médian de passage au sein du segment M1 de l'artère Sylvienne était de 2,7 (de 1 à 7 passages).

Dans 3 cas (9%), une angioplastie de la carotide interne cervicale et dans 9 cas (27%) une pose de stent PROTEGE RX ont été réalisées en raison d'une plaque athéromateuse occlusive ou d'une dissection cervicale.

Un spasme a été constaté dans 3 cas (9%), dans 2 cas au niveau de M1 et dans 1 cas au niveau de M2.

4.2.4.2 Résultats post-thérapeutiques immédiats

Le résultat immédiat de la TM a été évalué en salle d'angiographie. En cas de persistance d'une occlusion et/ou d'un thrombus résiduel, un ou plusieurs passages supplémentaires étaient effectués. La re-perfusion du territoire était évaluée par le score TICI (25), évalué à 3 dans 51% (17 patients), 2B dans 42% (14 patients) et 2A dans 3% (1 patient) des cas. Dans 3 cas (9%), il existait un thrombus mural résiduel au niveau de M1 sur le contrôle final.

Une extravasation de produit de contraste au niveau des noyaux gris centraux était objectivée dans 36% des cas (12 patients). Dans 3 cas (9%), a été constaté une hémorragie sous-arachnoïdienne en regard de l'artère sylvienne traitée.

Il n'a pas été constaté de sténose au niveau des segments M1 et/ou M2 sur le contrôle final.

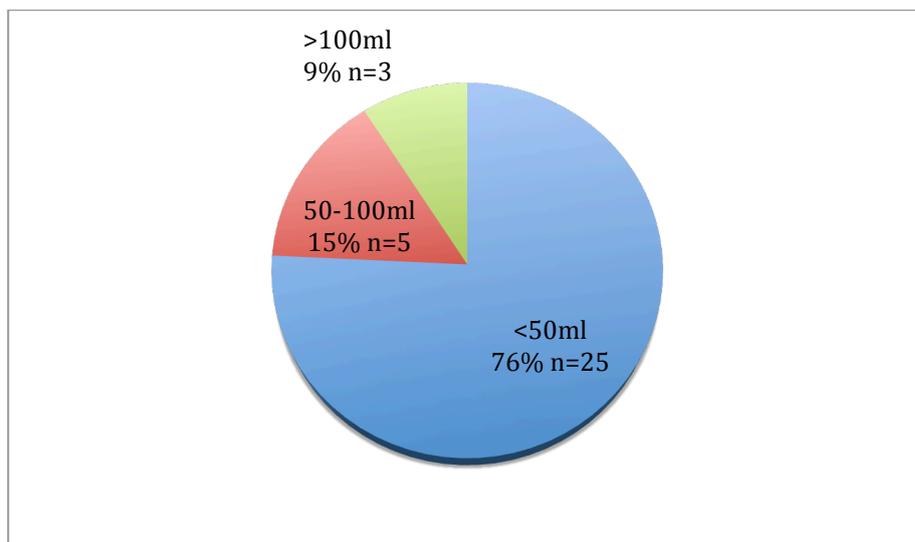
Le délai de recanalisation était en moyenne de 4h54 (de 2H20 à 7H00).

4.2.5 Contrôle précoce par imagerie

L'imagerie post-thérapeutique à J1 a été faite en scanner cérébral dans 85% des cas et en IRM dans 15% des cas.

Une transformation hémorragique au niveau du territoire ischémique a été constatée dans 45% des cas (15 patients), dont 9 patients avaient eu une fibrinolyse IV.

Le volume moyen d'ischémie calculé après traitement était en moyenne de 41ml (de 1 à 300ml) soit une majoration de 14ml de l'ischémie en moyenne (majoration de 160ml à régression de 25ml) (graphique 5).



Graphique 5. Volume d'ischémie final en imagerie précoce post-thérapeutique.

4.2.6 Evaluation clinique à la sortie du patient et traitement médicamenteux

Le score NIHSS à la sortie du patient était en moyenne de 8 (de 0 à 22). L'amélioration constatée du score était de 9 point en moyenne (de -19 points à une aggravation de +3 points).

Un traitement antiagrégant plaquettaire était administré à long terme en cas d'étiologie athérothrombotique ou de pose de stent carotidien. En cas d'étiologie cardio-embolique, une anticoagulation par héparine avec relais par AVK ou par XARELTO® a été effectuée.

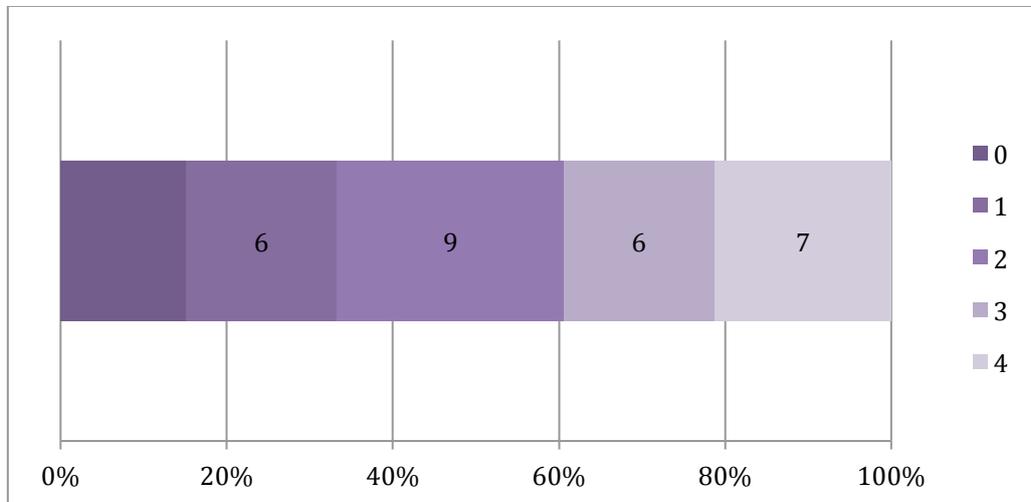
Ces données sont reportées dans le tableau n° 4.

Tableau 4 : Répartition des traitements médicamenteux

Traitement à la sortie	Nombre de patients
Antiagrégants	25 (76%)
Kardégic	25 (76%)
Plavix	5 (15%)
Statine	25 (76%)
Anticoagulant	7 (21%)
Anti-vitamine K	5(15%)
XARELTO®	2 (6%)

4.2.7 Suivi clinique à distance

Le score mRs à 3 mois et plus était en moyenne de 2 (de 0 à 4). Parmi les patients, 61% (20 patients) présentaient une évolution favorable avec un score mRs de 0 à 2 et 39% (13 patients) présentaient un handicap significatif avec un score mRs de 3 à 4 (graphique 6).



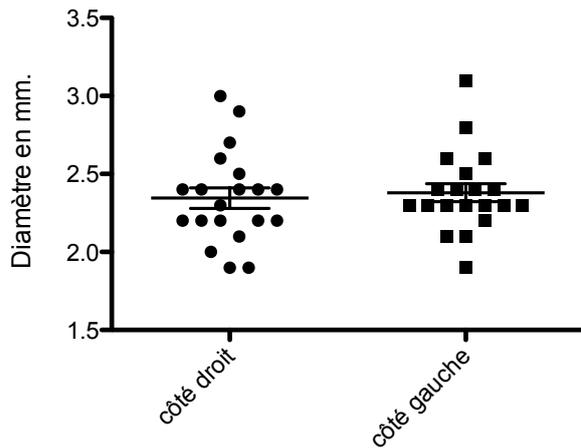
Graphique 6. Répartition des patients selon le score mRs à 3 mois (0 à 4). Les valeurs dans les barres du graphique indiquent le nombre de patients.

4.3 Dépistage d'anomalie de calibre artériel de novo

4.3.1 Analyse préalable validant l'hypothèse d'une symétrie des artères sylviennes à l'état normal

Dans notre série de 20 patients pris en charge pour des anévrysmes du polygone de Willis n'ayant pas saigné, les diamètres des segments M1 étaient en moyenne de 2,3mm à droite (1,9 à 3mm) et 2,35mm (1,9 à 3,1mm) à gauche. Il n'y avait pas de différence significative concernant ces mesures à droite versus à gauche (test de Student non significatif avec $t=0,59$ et $p=0,55$) selon la moyenne et la variance, ce qui nous a permis d'appliquer cette méthode dans notre étude (graphique 7).

Les mesures réalisées en angio-scanner apparaissaient reproductibles et semblables en comparaison à la technique de référence artériographique.



Graphique 7. Mesures des artères sylviennes en M1 à droite et à gauche chez les mêmes patients. Ces mesures apparaissent comparables.

4.3.2 Modalité de suivi par angio-scanner

Les angio-scanners ont été effectués à 8,6 mois soit 260 jours en moyenne après le traitement par TM (3 à 24 mois).

Un angio-scanner du polygone de Willis a été effectué dans 42% des cas et un angio-scanner des TSA dans 58% des cas, en rapport avec une dissection ou la pose d'un stent carotidien.

4.3.3 Relecture des angio-scanners

La concordance inter-observateur pour le diagnostic de sténose était de 91% avec un coefficient de Kappa $K = 0,82$ (accord très bon si $K > 0,81$). Il existait un désaccord dans 3 cas, pour lesquels une relecture commune de l'angio-scanner a permis d'obtenir le consensus.

4.3.4 Résultats de l'angio-scanner

L'angio-scanner à distance a permis de retrouver des anomalies chez 54% des patients (n=18):

- Une occlusion de l'artère sylvienne (3%),
- 3 occlusions de l'artère carotide interne (9%),
- 3 cas de sténoses focales au niveau de l'artère sylvienne (9%),
- 15 cas d'aspect grêle du réseau sylvien (45%),

- 2 sténoses sylviennes controlatérales (6%) témoignant d'une pathologie sténosante intracrânienne sous-jacente.

Sur les contrôles à distance des patients ayant présenté un spasme en peropératoire, un patient présentait une sténose focale, un patient un aspect grêle du réseau sylvien, et un patient n'avait aucune anomalie artérielle lors de l'angio-scanner.

4.3.4.1 Occlusion

Dans cette série, a été constaté un cas (3%) d'occlusion de la terminaison carotidienne étendue à l'artère sylvienne. Ce patient avait présenté initialement une occlusion du T carotidien avec une revascularisation TICI 2B mais un thrombus mural résiduel persistait au niveau de M1. La tolérance clinique était correcte, le score mRs était de 2.

Dans trois cas (9%), a été constaté une occlusion de l'ACI du côté traité, avec une perméabilité conservée de l'artère sylvienne et une bonne suppléance par le polygone de Willis. Le pronostic fonctionnel était favorable avec un score mRs \leq 2.

Ces patients avaient présenté initialement une occlusion de l'ACI sur plaque athéromateuse avec pose d'un stent pour un cas, une occlusion de l'ACI sur plaque athéromateuse non stentée dans un cas, avec occlusion précoce visible sur l'angio-scanner à J1 et une dissection de l'ACI non stentée.

4.3.4.2 Sténoses

Il a été constaté trois (9%) sténoses focales de novo au niveau de l'artère sylvienne chez les patients traités par SR, deux au niveau du segment M1 et une au niveau du segment M2.

Dans 15 cas (45%) a été constaté un aspect grêle ou une sténose longue l'artère sylvienne et de ses branches, non présent sur l'artériographie post-thrombectomie. Un cas présentait une sténose du siphon carotidien associée.

Dans deux cas (6%) a été constatée une sténose sylvienne controlatérale au niveau du segment M1, probablement d'origine athéromateuse et préexistante, visible sur les séquences TOF de l'IRM réalisée lors de la prise en charge à la phase aiguë.

Il n'a pas été mis en évidence de relation entre nombre de passage du DT (≥ 3) et l'apparition d'une sténose, quelle soit focale ou globale ($p=0,49$, [IC 0,4 ; 7,49]), la présence d'une extravasation de produit de contraste au niveau des noyaux gris centraux ($p=0,14$ [IC 0,83 ; 19,17]), la présence d'une hémorragie sous-arachnoïdienne ($p=0,23$, [IC 0,33 ; 147]), ou d'un spasme ($p=1$ [IC 0,14 ; 21]).

4.3.5 Sous-groupe : sténoses focales de novo et DT

Chez les 3 patients présentant une sténose focale, une était distale de M1, une à la portion moyenne de M1, et une au niveau de M2 (figures 1 à 3).

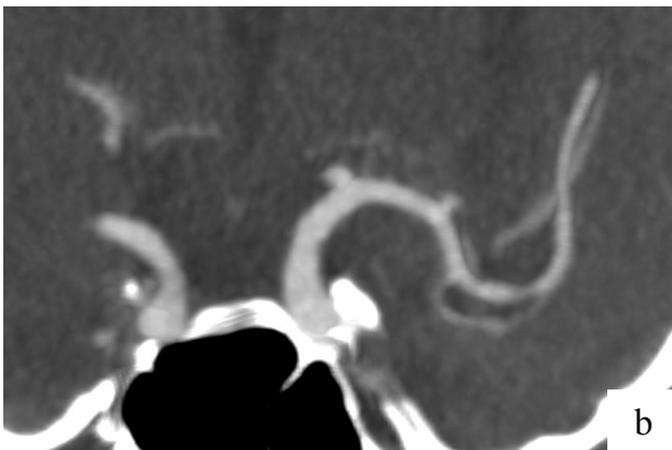
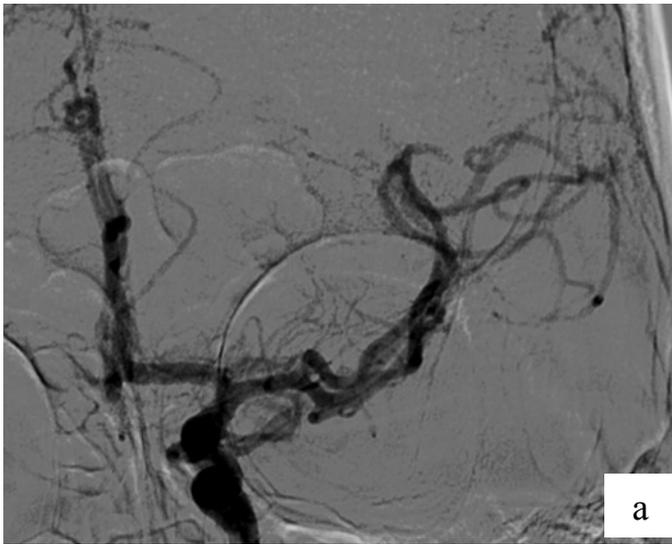


Figure 1. Cas n°1. Suivi à 12 mois par angio-scanner chez une patiente de 45 ans. Artériographie de contrôle (a) après 1 passage d'un stent Solitaire® : désobstruction complète sans sténose visible. Angio-scanner cérébral à 1 an (b) : sténose focale de M2. On note une angulation artérielle d'environ 70° à ce niveau. Le volume d'ischémie final était estimé à 4ml.

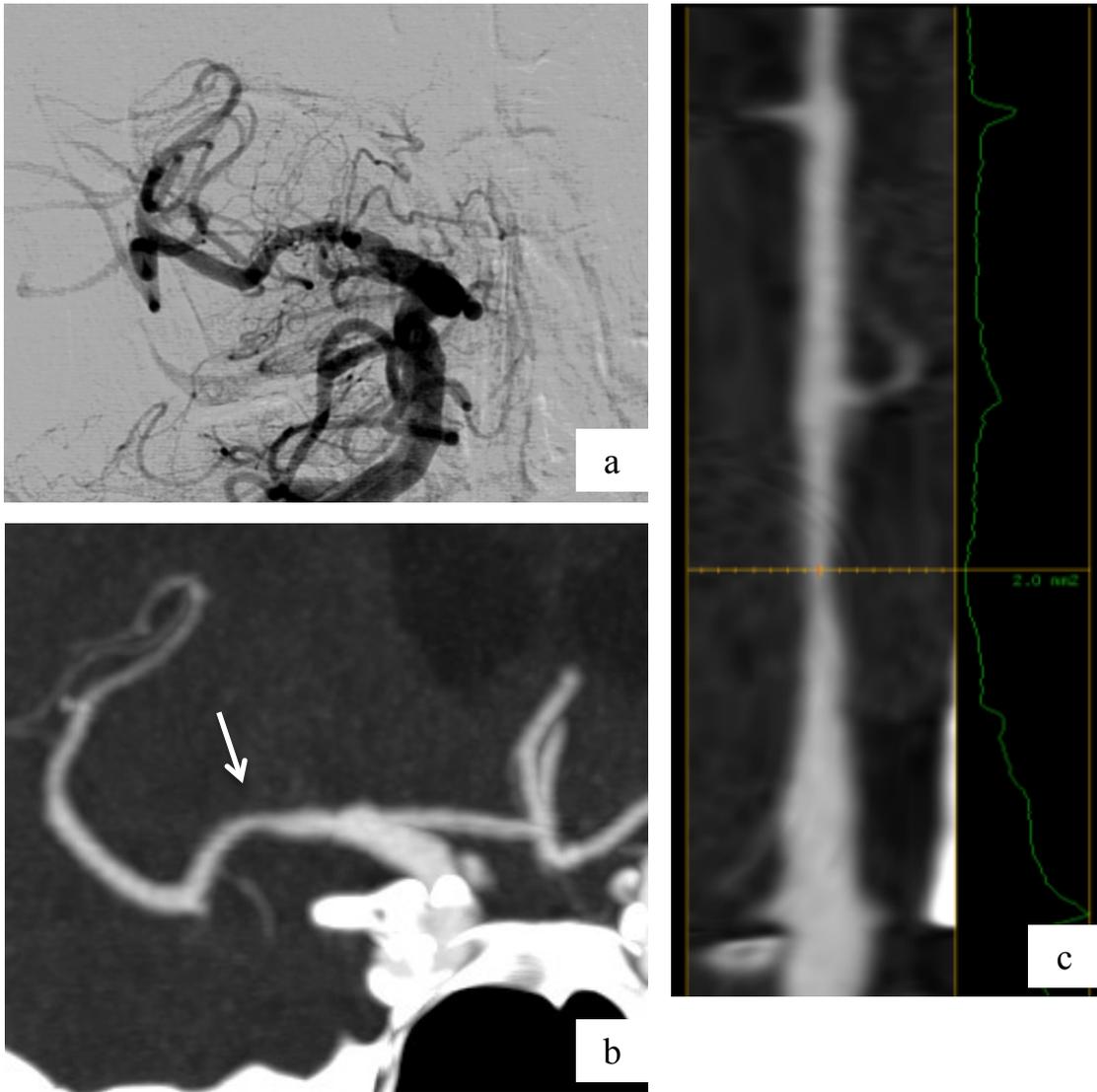


Figure 2. Cas n°2. Suivi par angio-scanner cérébral à 3 mois chez un patient de 78 ans. Artériographie (a) après TM montrant une revascularisation complète TICI 3 sans sténose visible. Angio-scanner cérébral en reconstruction MIP (b) et « lumen » (c) montrant une sténose focale de M1. Le volume d'ischémie final était estimé à 5ml.

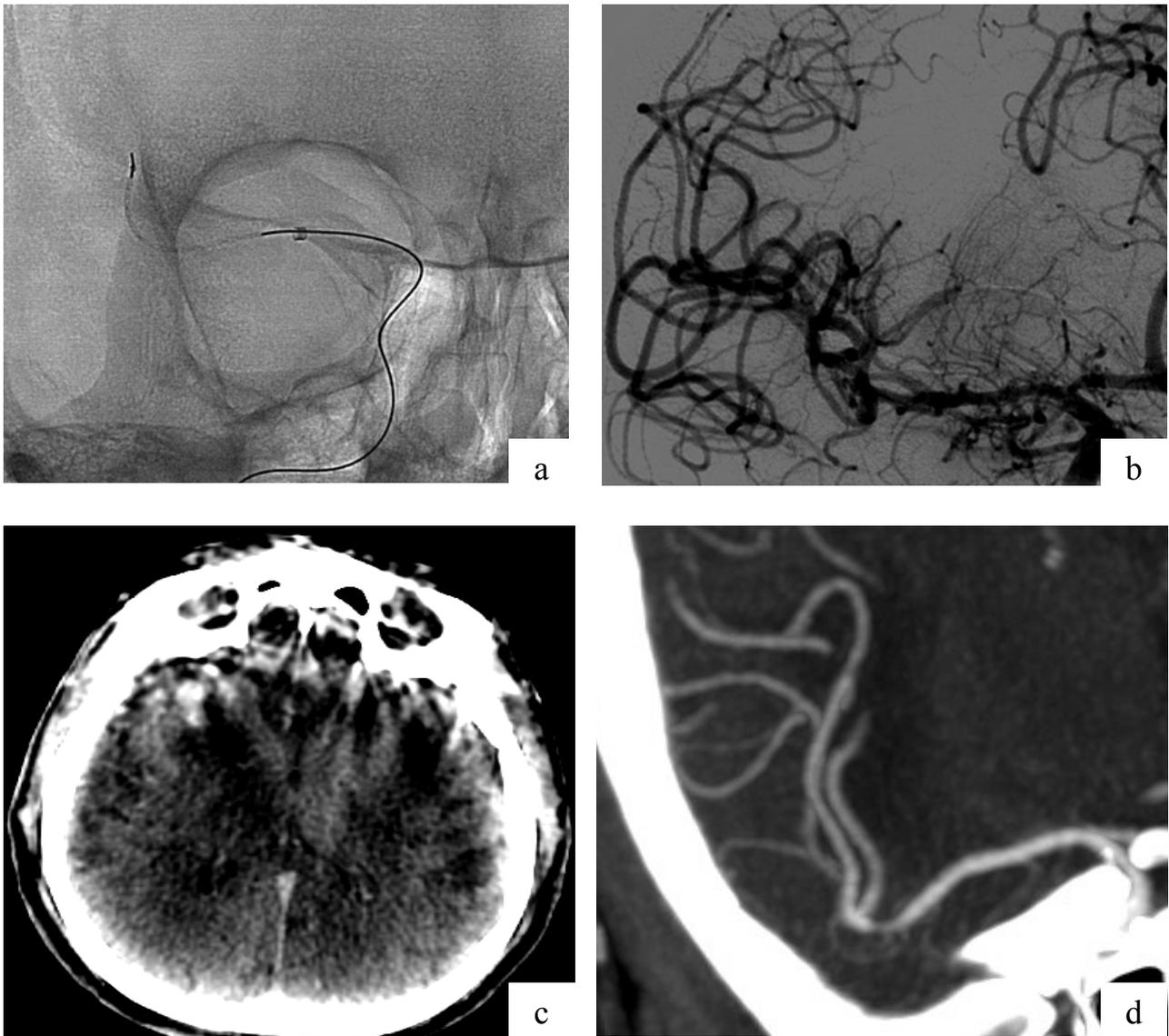


Figure 3. Cas n° 3. Suivi par angio-scanner à 6 mois chez un patient de 67 ans. SR ERIC® en place au niveau du segment M2 droit (a). A noter une nette angulation artérielle à ce niveau, mesurée 90°. Le contrôle artériographique après 2 passages du DT (b) montre une revascularisation complète sans sténose visible. Le contrôle par X-perCT (c) réalisé en salle d'angiographie retrouvait une hémorragie méningée en regard du segment traité. Angio-scanner cérébral (d) en reconstruction MIP montrant une sténose focale de M1 distale évaluée à 50%. Le volume d'ischémie final était estimé à 34ml.

Le nombre médian de passages du DT était de 3 (allant de 1 à 4) chez les patients ayant présenté une sténose focale.

Un de ces patients a présenté un spasme au niveau du segment M1 de l'artère sylvienne. Il s'agissait du cas n° 1 ayant présenté une sténose du segment M2.

Il a été constaté dans un cas une hémorragie sous-arachnoïdienne (cas n° 3) lors du contrôle par X-perCT (figure N° 9).

Il n'a pas été mis en évidence de relation entre le nombre de passages du DT et l'apparition d'une sténose focale ($p=1$, [IC 0,11 ; 17,41]), l'étiologie selon la classification TOAST ou la présence d'un spasme ($p=0,25$, [IC 0,42 ; 114,8]).

D'un point de vue clinique, il ne semblait pas exister de relation entre la présence d'une sténose focale et le score mRs à 3 mois puisque celui-ci était inférieur à 2 dans tous les cas (à 1 dans deux cas et 0 dans un cas).

Les données angiographiques de ces patients sont résumées dans le tableau n° 5.

Tableau 5: résumé des observations présentant une sténose focale de novo.

	Etiologie	Occlusion	Nombre passage du DT	DT	Modalité de traitement	Score TICI	Délai Recanalisation	Degré de sténose
Cas n° 1	Dissection ACI	Occlusion ACI et embole M1	1	Solitaire® 4x20mm	TM de sauvetage après fib. IV*	TICI 3	6H00	30%
Cas n° 2	Embolique sur ACFA	T carotidien	4	Solitaire® 4x20mm	Traitement combiné	TICI 3	6H30	32%
Cas n° 3	Athérombose	T carotidien	2	Eric® 4x20mm	TM de sauvetage après fib. IV	TICI 3	5H00	50%

* : fib. IV : fibrinolyse IV.

4.3.6 Sous-groupe : sténoses longues de novo

Un aspect grêle ou sténose longue de novo a été constaté chez 15 patients (45%), c'est à dire une diminution globale du calibre de l'artère sylvienne traitée au niveau de son segment M1 et de ses branches (Figure 4). Toutes les sténoses longues ont été identifiées en détection visuelle par les deux lecteurs avec une bonne concordance inter observateurs, et ont été confirmées par segmentation automatique, avec des réductions de calibre supérieures à 20%.

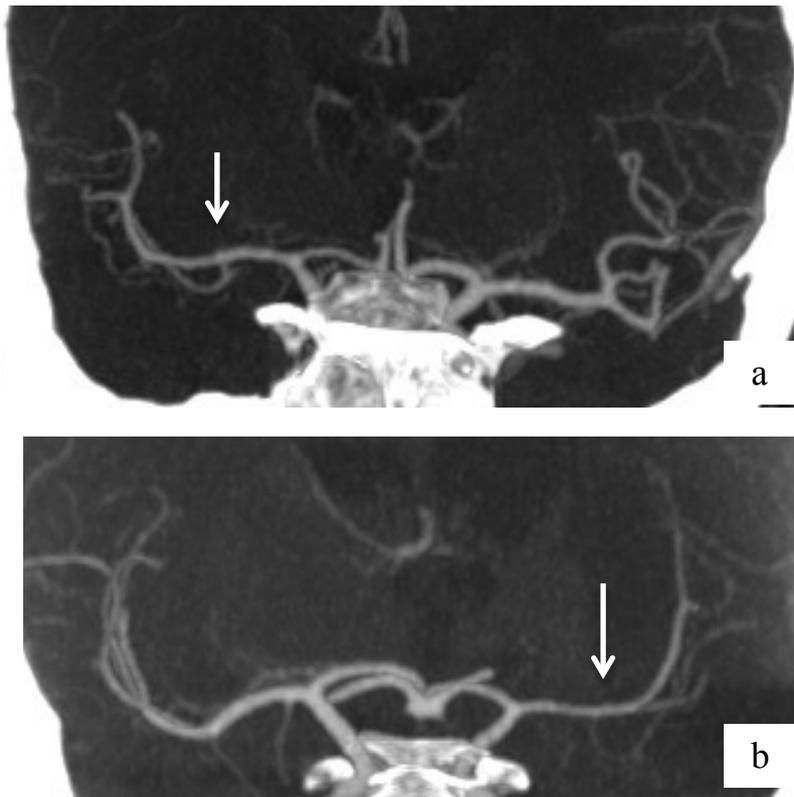


Figure 4. Exemple d'une sténose longue de M1 et de ses branches. Suivi à 3 mois par angio-scanner chez un patient de 60 pris en charge pour une occlusion du T carotidien traité par 2 passages d'un SR Solitaire® avec revascularisation TIC1 2B. Le volume ischémique final était évalué à 166ml. (a) Angio-scanner retrouvant une sténose globale de M1 droite, évaluée à 20% comparativement au côté contro-latéral. (b) Exemple plus extrême chez un patient de 47 ayant présenté un AVC malin estimé à 305ml avec nécessité d'une crâniectomie. La revascularisation était estimée TIC1 2A après 5 passages d'un séparateur 3D®.

Les données de ces patients sont reportées dans le tableau n°6.

Tableau 6: Angio-scanners montrant des sténoses longue de novo.

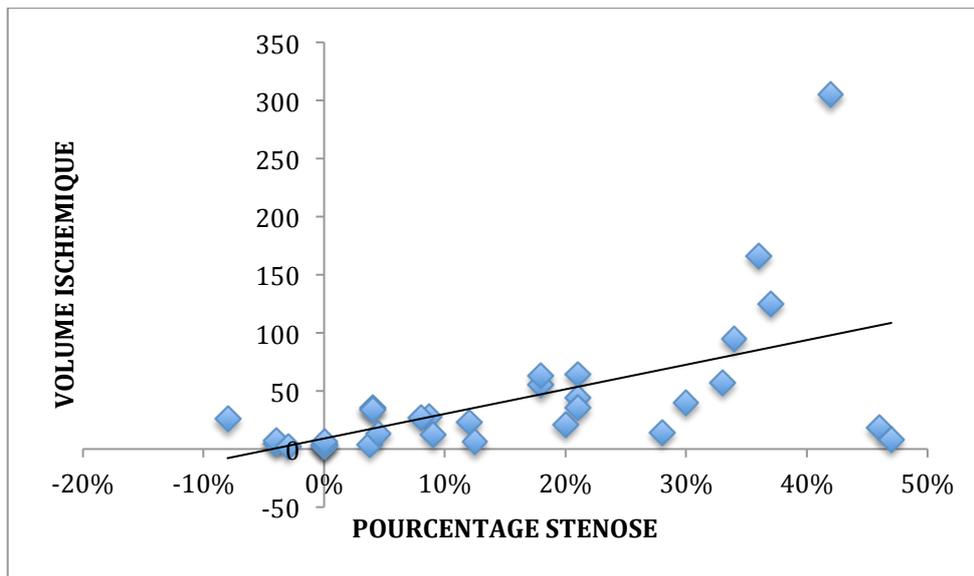
	Sténose longue ou aspect grêle de M1
Nombre de patients	15
Score NIHSS médian	19(16-26)
Nombre médian de passage du DT	3 (1-5)
Spasme	n=2
Fibrinolyse	n=6
Volume final d'ischémie	75ml (8-305ml)
Volume ischémie initial (5 patients ont eu un scanner initial)	48ml (7-145ml)
Délai moyen de recanalisation	5h (3h30 à 7h00, un cas horaire indéterminé)

Il n'existait pas de lien significatif entre la présence d'une sténose longue et :

- Le nombre de passages du DT ($p=0,47$ [IC 0,12 ; 2,1]). Celui-ci était proche du nombre médian de passages dans l'ensemble de notre population (3 en moyenne versus 2,7).
- Le traitement fibrinolytique ou non ($p=0,72$ [IC 0,14 ; 2,45]).
- La prise en charge tardive au delà de 6h ($p=0,44$ [IC 0,47 ; 11,45]).
- La présence d'un spasme sylvien ($p=1$ [IC 0,046 ; 7,0]).
- Selon les étiologies de la classification TOAST.

La présence d'une sténose longue de novo était plus fréquente en cas de volume ischémique final élevé.

Il a été possible de mettre en évidence une relation entre le degré de sténose et le volume d'ischémie final avec un coefficient de corrélation $R^2=0,3$ et $p=0,001$ ([IC 0,92 ; 3,27]), si l'on étudie l'ensemble des patients, hormis celui présentant une occlusion sylvienne (graphique 8).



Graphique 8. Relation entre degré de sténose (pourcentage) et volume ischémique. A été comparé le diamètre du segment M1 de l'artère sylvienne traitée par rapport au segment M1 controlatéral. La différence était exprimée en pourcentage. Si le diamètre du segment M1 traité était supérieur au diamètre controlatéral, cette différence était exprimée en pourcentage négatif.

Chez ces patients avec sténose longue, il a été constaté une majoration du volume d'ischémie en moyenne de 27ml (versus 14ml en moyenne dans l'ensemble de notre population). Toutefois, 5 de ces patients avaient bénéficié d'un scanner à la phase initiale, le volume ischémique précis pré-thérapeutique ne pouvait donc pas être calculé.

Deux cas discordants ont été identifiés, chez qui existait une sténose irrégulière de l'arborescence sylvienne, alors qu'ils avaient un faible volume ischémique (18ml et 8ml).

Les ischémies avaient une topographie profonde et l'évolution clinique était péjorative (score mRs à 4 dans les deux cas). Le score NIHSS initial était de 17 et 25 et à la sortie à 19 et 22.

Une TM avec aspiration par un dispositif Penumbra® ont été effectués dans chaque cas (figures 5 et 6).



Figure 5. Suivi à 6 mois par angio-scanner montrant une sténose irrégulière de segment M1 et un aspect grêle de ses branches M2-M4. Patiente de 71 ans ayant été traitée par 4 passages d'un SR SOLITAIRE®. Artériographie (a) après TM objectivant une revascularisation complète TICI 3 sans sténose visible. Angio-scanner cérébral à M6 (b) : sténose irrégulière de M1 évaluée à 50% et perte de l'artère angulaire. L'étiologie était une ACFA traitée par anticoagulant avec retard de 3 mois après la TM.

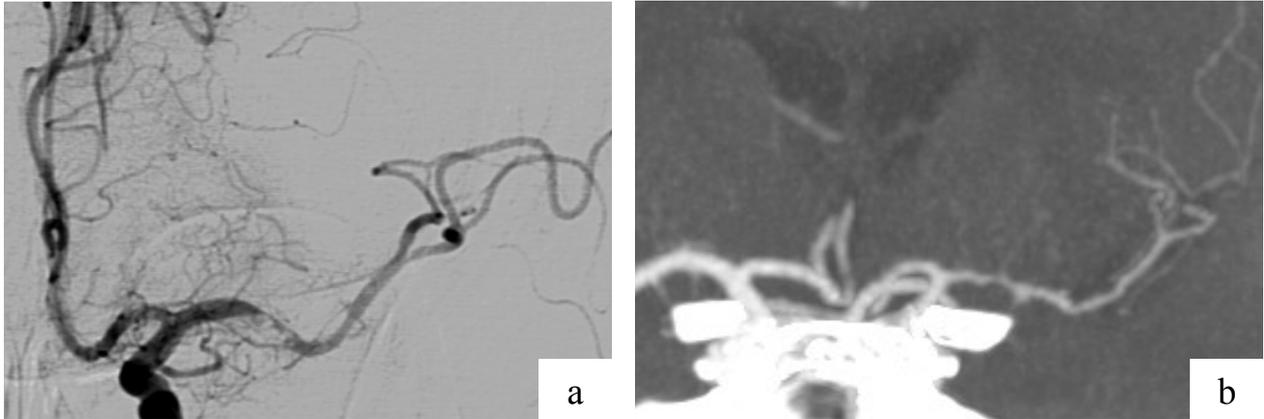
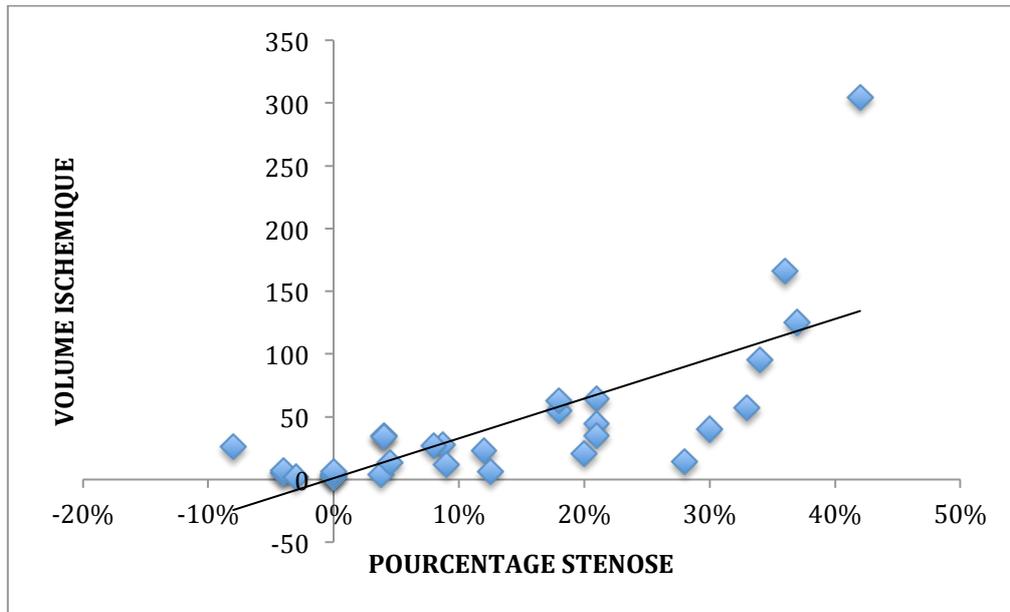


Figure 6. Suivi à 6 mois par angio-scanner montrant une sténose irrégulière de M1. Patient de 57 ans ayant été traité par 3 passages d'un SR TREVO®. Artériographie après thrombectomie (a) objectivant un thrombus mural résiduel au niveau de M1 gauche avec une revascularisation en distalité satisfaisante. Un angio-scanner effectué à J1 retrouvait une ré-occlusion de M1. Angio-scanner cérébral à M6. (b) : sténose irrégulière de M1 gauche avec aspect grêle de M2, avec vraisemblable compensation par les anastomoses cortico-piales.

Si l'on effectue une régression linéaire excluant ces deux cas discordants, on obtient une plus forte corrélation entre volume ischémique et sténose (graphique 9) avec un $R^2= 0,52$ et $p=0,0001$ ([IC 1,99 ; 4,33]).



Graphique 9. Relation entre degré de sténose et volume ischémique en excluant les deux observations discordantes.

Le volume d'ischémie était faiblement corrélé (test de Pearson avec $p=0,34$) à une évolution clinique péjorative avec score mRs élevé ($p=0,048$ [IC 0,0026 ; 0,61]).

Le patient traité par cathéter de re-perfusion VASCO® seul présentait un aspect grêle de l'artère sylvienne sur l'angio-scanner tardif, avec un volume ischémique de 63ml (Figure 7).

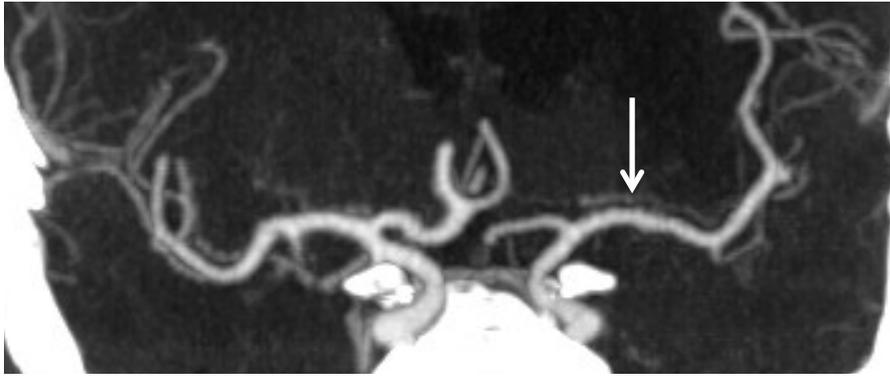


Figure 7. Cas du patient traité par Vasco-aspi. Angio-scanner cérébral à M10. Discrète asymétrie de calibre de l'artère sylvienne aux dépens du côté traité (gauche) évaluée à 20%.

5 Discussion

Cette étude nous a permis de confirmer que des anomalies de calibre artériel après thrombectomie sont fréquentes. Le suivi par angio-scanner nous a permis de mettre en évidence trois types d'anomalies de calibre artérielles :

- des sténoses artérielles focales de novo (9% des patients, 3 cas)
- un aspect grêle de M1 (45% des patients, 15 cas)
- une occlusion sylvienne (3%, un cas) et occlusion carotidienne (9%, 3 cas).

Il apparaît que ces anomalies ont des origines probablement diverses.

Selon nous, les anomalies de calibre clairement et directement imputables au geste de revascularisation étaient des sténoses focales (n=3) et une sténose irrégulière longue (n=1), soit 12% de notre population.

Nous allons revenir tout d'abord sur la littérature disponible relatant des conséquences artérielles immédiates et retardées de la thrombectomie mécanique, avant d'aborder les différents types d'anomalies de calibre artériel que nous avons identifiés (sténoses courtes, longues, occlusions artérielles), ainsi que leurs éventuelles origines physio pathogéniques.

5.1 Relation entre sténose et thrombectomie : revue de la littérature

5.1.1 Etudes des lésions immédiates, modèles animaux

Les conséquences aiguës de la TM sur la paroi artérielle ont été évaluées sur des modèles animaux en phase préclinique avec analyse histologique.

Dans une étude de Nogueira et al. (26), trois vaisseaux de porc avec 16 thrombi de synthèse ont été traités par un DT, le Trevo[®], avec un ou deux passages, puis une analyse histologique immédiate après la TM a été effectuée. Celle-ci montrait d'importants remaniements de

l'intima, à type de perte endothéliale avec dépôts fibrino-plaquettaires, sans lésion de la média ni dissection.

Une étude de 2013 réalisée par Gory et al. (14) a évalué les effets de différents DT (systèmes Merci[®], Solitaire[®], Penumbra[®]) sur vingt artères fémorales superficielles de porc. Un thrombus in vitro a été mis en place pendant une heure. Une TM a été réalisée puis les animaux étaient sacrifiés une heure après, en vue d'une analyse histologique. Cette étude a montré des dommages aigus pariétaux pour tous les DT, à type de perte intimale associé à un œdème de la média et une fracture de la limitante élastique interne, plus fréquentes en cas d'emploi de dispositif d'aspiration.

Une étude réalisée par Park et al. de 2013 (15), a évalué les effets du système Solitaire[®] sur l'endothélium sur un modèle d'occlusion de cinq artères maxillaires internes canines, recanalisées avec succès. L'analyse histologique a montré dans deux cas une dénudation de l'endothélium associée à des lésions de la limitante élastique interne.

5.1.2 Etude des remaniements artériels, à la phase précoce, post mortem

Une étude autopsique de Yin. et al en 2010 (27) rapporte 5 patients décédés peu après une thrombectomie de l'artère sylvienne par dispositif Merci[®] et Penumbra[®]. L'analyse de l'artère sylvienne traitée a révélé des lésions athéro-sclérotiques et thromboemboliques, et dans un cas une dissection sub-intimale.

5.1.3 Etudes des remaniements artériels, à la phase tardive, modèle animal

Dans une étude animale de Jahan et al. (11), trois passages d'un Solitaire® 4x20mm ont été effectués sur quatre artères rénales porcines, avec une angiographie et analyse histologique à trois mois. Il n'existait pas d'anomalie en angiographie. L'histologie retrouvait une hyperplasie intimale avec un rétrécissement de la lumière de 1 à 5%, sans autre lésion.

5.1.4 Etude des remaniements artériels, de sujets, à la phase tardive, imagerie

Il existe peu de littérature chez l'homme ayant évalué les effets à long terme de la TM. Deux études ont retrouvé des anomalies au niveau des artères intracrâniennes :

Une étude rétrospective effectuée par Kurre et al. en 2012 (12) a évalué à long terme les potentiels dommages artériels de la TM. Dans ce travail, 116 patients ont eu un contrôle par angiographie à 3 mois et plus après une prise en charge par TM pour un AVC ischémique à la phase aiguë avec succès de la recanalisation. Différents DT étaient étudiés (Solitaire®, pRESET®, BONnet®, CRC®, pCR®, Revive®, Trevo®, Capture®, Alligator®).

Une occlusion et quatre sténoses de novo, (3,4% des patients) dont trois en circulation antérieure (une M1 et deux M2) et une en circulation postérieure (V4) ont été retrouvées.

Il n'existait pas de corrélation entre sténose et nombre de passages du DT. Un vasospasme était plus fréquent chez les patients ayant une sténose de novo ou une ré-occlusion. Ces sténoses étaient attribuées par les auteurs à des traumatismes endothéliaux ou à des microdissections liés aux passages du DT, entraînant une hyperplasie intimale. Toutes ces lésions étaient asymptomatiques.

Une étude prospective de Eugène et al. (13) a évalué sur une série de 39 patients suivis par angio-IRM les conséquences à long terme (en moyenne 19 mois) de la TM par solitaire®. Il a été mis en évidence des anomalies artérielles pouvant être dues à la TM chez 13% des patients :

quatre cas de sténose intracrânienne et une dilatation, toutes ces lésions étaient asymptomatiques, sans facteur prédictif identifié. Une sténose sur le contrôle angiographique retrouvait une sténose de M1, attribuée à un vasospasme.

5.2 Sténoses focales et longues

Nous avons défini la présence d'une sténose focale comme une disparité de calibre artériel segmentaire, courte, et une sténose « longue » comme un rétrécissement global du calibre artériel du réseau sylvien.

5.2.1 Sténoses focales : quelle étiologie ?

5.2.1.1 Dans notre série

Notre étude a mis en évidence un faible nombre de sténoses de novo (3 cas), toutes étaient asymptomatiques. Il n'a pas été mis en évidence de relation entre l'apparition d'une sténose focale et le nombre de passage du DT. Ces résultats concordent avec ceux de la littérature (12)(13). Cependant ces résultats apparaissent contre-intuitifs, dans la mesure où il est très probable que des lésions traumatiques artérielles s'accumulent à chaque passage de DT.

Dans le cas n°3 de sténose focale, avait été noté une hémorragie méningée en regard au décours de la procédure, témoignant d'un probable dissection artérielle, la cicatrisation pouvant aboutir au développement d'une sténose séquellaire. De plus, il existait à ce niveau une importante angulation artérielle (artère angulaire) ayant pu majorer les forces d'interaction entre la paroi vasculaire et le DT.

Il existait également dans le cas n°1 une importante courbure artérielle au niveau de M2, ce qui a pu favoriser les interactions entre le DT et la paroi vasculaire et, in fine, favoriser des lésions endothéliales responsables d'une sténose.

Ces patients avaient des étiologies d'AVC connues mais différentes (cardio-embolique, dissection, athéro-thrombose), ne permettant pas de mettre en lumière un lien entre ces terrains et le développement de sténoses.

5.2.1.2 Hypothèses physio pathogéniques

Par analogie avec les connaissances acquises sur les re-sténoses après angioplastie à ballonnet (28), la principale hypothèse physio-pathogénique réside en un remodelage constrictif chronique, (accumulation de matrice extracellulaire, succédant à une première phase de prolifération des cellules musculaires lisses issues de la média (29).

Il est peu probable que ces sténoses soient dues à une hyperplasie intimale, celle-ci étant théoriquement engendrée par une réaction à un corps étranger (prolifération intimale d'origine inflammatoire liée à l'implantation d'un stent).

5.2.2 Aspect grêle ou sténose longue de l'artère sylvienne et de ses branches

Notre étude a retrouvé en angio-scanner un aspect grêle ou sténose longue de l'artère sylvienne et de ses branches chez 45% des patients. Nous n'avons pas mis en évidence de relation entre le nombre de passage du DT et l'apparition d'une sténose longue.

Par contre, ces aspects grêles du réseau sylvien pourraient être en rapport avec des lésions séquellaires liées à une ischémie étendue. En effet, il semble exister une relation linéaire entre le diamètre résiduel de l'artère sylvienne et le volume de l'ischémie finale (dans notre population le volume moyen d'ischémie était de 41ml, variant de 1 à 300ml).

Les phénomènes de remodelage artériels sont connus, et il semble logique que le calibre artériel s'adapte aux besoins (réduits en cas de séquelle ischémique étendue). Cette notion intuitive n'a pas été corroborée ni quantifiée dans la littérature traitant de l'ischémie cérébrale. Une seule étude (28) relate de l'aspect angiographique après ischémie cérébrale sur une série de 14 patients, retrouvant un rétrécissement du calibre des artères dans 6 cas, mais sans mention du volume ischémie.

D'autres part, les patients présentant une sténose longue avaient un mauvais pronostic (score mRS élevé), que l'on aurait volontiers tendance à expliquer par un volume lésionnel important, même si le lien dans la littérature entre volume et pronostic reste sujet à controverses (30).

Dans deux cas l'angio-scanner à distance retrouvait une artère sylvienne grêle et irrégulière avec un aspect grêle de ses branches M2-M4, contrastant avec un faible volume d'ischémie. Il s'agissait dans les deux cas d'un AVC ischémique profond.

Dans ces cas, l'aspect grêle du réseau sylvien ne semble pas être expliqué par un volume ischémique élevé : ces sténoses étaient serrées avec un volume ischémique faible, ce qui, dans cette étude, réduit à notre avis la corrélation entre volume ischémique et degré de sténose.

Dans le premier cas, la revascularisation était complète, et nous n'avons pas trouvé d'autre explication que des lésions pariétales causées par le DT.

Dans le deuxième cas, la désobstruction était incomplète, avec une re-thrombose constatée à J1. Cette sténose pourrait être en rapport avec la pérennisation des anastomoses cortico-piales, qui auraient limité les besoins en termes de calibre et de recanalisation artérielle.

L'évolution clinique a été péjorative avec un score mRs à 4 dans les deux cas.

5.3 Vasospasme et sténose sylvienne

Dans notre étude, les vasospasmes sylviens étaient fréquents (3 cas, 9%). Deux patients, ayant une sténose focale de M2 et une sténose longue de M1, avaient présenté un vasospasme en peropératoire. Cependant le vasospasme ne semblait pas expliquer la survenue d'une sténose, en effet ceux-ci étaient de topographie différente.

Il faut ajouter que les vasospasmes dans notre étude étaient moins fréquents que dans l'étude de Kurre et al.(12) qui avait mis en évidence un vasospasme dans 26% des cas lors de la procédure de TM, ce vasospasme était plus fréquent en cas de sténose.

La différence entre ces deux études pourrait être volontiers expliquée par l'emploi systématique de perfusion de nimodipine en prévention du vasospasme dans notre centre.

Nos données se rapprochent de celles de Eugène et al.(13) ; cette étude avait retrouvé un cas de vasospasme responsable d'une sténose visualisée sur l'artériographie peropératoire, la fréquence moindre des vasospasmes était également attribuée à l'emploi systématique de nimodipine.

Cependant, la présence d'un vasospasme est difficile à évaluer en peropératoire, du fait de l'occlusion qui prive de diamètre de référence.

5.4 Autres anomalies : occlusion et sténoses controlatérales

5.4.1 Occlusion

Cette étude a retrouvé un cas (3%) de ré-occlusion de l'artère sylvienne traitée, celle-ci était bien tolérée sur le plan clinique, probablement du fait d'une mise en charge des anastomoses cortico-piales. Il s'agissait d'une thrombectomie incomplète avec re-thrombose constatée le lendemain.

Par ailleurs a été mis en évidence 3 cas de ré-occlusion de l'ACI, à priori sans lien avec la TM (occlusion sur stent, athéro-thrombose et dissection).

5.4.2 Sténoses

Il a été retrouvé dans 6% des cas une sténose préexistante au niveau du segment M1 de l'artère sylvienne non traitée, ces lésions étaient stables et asymptomatiques (absence d'évènements intercurrents), probablement en rapport avec des lésions athéromateuses intracrâniennes.

5.5 Intérêt du suivi à long terme par imagerie

Le suivi des patients victimes d'un AVC est basé sur la clinique (31) avec consultation en neurologie, recommandée à 3 mois puis tous les 6 mois à 1 an après la sortie du patient, ainsi que celles de médecine physique et de réadaptation. Il n'y a pas d'examens complémentaires, notamment d'imagerie vasculaire ou parenchymateuse cérébrale recommandé de manière systématique chez un patient ayant été victime d'un AVC.

La prise en charge des patients victimes d'AVC est devenue beaucoup plus agressive avec le développement de la prise en charge endo-vasculaire des AVC, et l'organisation systématique d'une consultation de neuroradiologie interventionnelle, assortie d'un angio-scanner paraît tout à fait opportune.

Dans notre étude, 12% des patients ont présenté des anomalies de calibre artériel ne s'expliquant pas par la seule réduction de calibre adaptative à l'étendue d'ischémie. Hormis un cas de sténose longue dont l'évolution neurologique a été très péjorative, ces remaniements artériels n'ont pas eu de conséquences neurologiques évidentes.

Avec la durée de notre suivi (8,6 mois) il est peu vraisemblable que ces sténoses aient encore un potentiel évolutif, mais il paraît important d'effectuer un suivi d'imagerie à long terme afin de s'en assurer.

5.6 Apports originaux de notre étude

Nous avons utilisé comme diamètre artériel de référence pré-thrombectomie, le diamètre M1 controlatéral avant toute bifurcation, considéré comme diamètre a priori normal. Cette hypothèse a été vérifiée de façon préliminaire sur un échantillon de patients (cf chapitre 4.3.1), et nous a permis de rendre compte des modifications globales de calibre de l'arborescence artérielle après ischémie.

De façon incidente nous avons découvert qu'il n'y avait pas de données quantitatives publiées sur le remodelage artériel adaptatif post ischémique. Notre travail apporte un élément de réponse sur cet aspect original de l'imagerie post ischémique, qu'il faudra toutefois compléter en incluant plus de patients. Nous avons pu ainsi distinguer des patients ayant un remodelage artériel anormal, et discuter dans ces cas du rôle potentiel de la thrombectomie.

5.7 Impact de notre étude sur la technique de thrombectomie

Dans deux cas nous avons constaté à 24 heures une thrombose artérielle post opératoire, ayant abouti dans un cas à une occlusion sylvienne bien tolérée et dans un autre cas à une sténose longue mal tolérée. Ces ré-occlusions sont survenues lors d'un traitement incomplet avec persistance d'un thrombus mural en fin de procédure. Il est probable que ces thrombus muraux associés aux lésions endothéliales induites par la TM favorisent l'extension du thrombus, et sa pérennisation.

Dès lors que la multiplication des passages de DT ne semble pas avoir de conséquences péjoratives, nous recommanderions volontiers une attitude plus agressive sur ces thrombus muraux résiduels de M1, et nous proposerions volontiers de réaliser un ou deux passages supplémentaires de DT jusqu'à obtention d'une recanalisation artérielle complète.

5.8 Limites de l'étude

Les limites de l'étude sont d'ordres méthodologiques et conceptuelles. Il s'agit d'une étude rétrospective, comportant certains biais.

Dans notre population, il existe un biais de sélection, en effet nous avons une surreprésentation de patients ayant une pathologie carotidienne (occlusion sur sténose athéromateuse ou dissection) du fait d'un suivi plus étroit et plus prolongé en raison de la pose fréquente d'un stent carotidien.

Nous avons inclus des DT différents par leurs conceptions et leurs forces radiales, pour lesquels les contraintes exercées et les lésions des parois artérielles sont probablement différentes. Par ailleurs, le faible effectif de l'étude limite la validité de l'étude et en particulier de part la faible prévalence des sténoses focales dans notre cohorte.

La méthode appliquée pour l'évaluation des vaisseaux était l'angio-scanner, dont la résolution spatiale est limitée (0,625 mm) compte tenu du diamètre des vaisseaux étudiés.

Cette technique a l'avantage cependant d'être peu invasive et de ne pas dépendre du flux, au contraire des séquences d'angio-IRM TOF, qui majorent le degré des sténoses artérielles (32).

Il n'a pas été possible de déterminer si l'extension de l'ischémie était corrélée aux sténoses par manque de données sur le volume initial de l'ischémie (18% des patients ont été pris en charge avec un scanner, dont on connaît les limites pour l'évaluation précise de l'étendue de l'ischémie à la phase aiguë).

Le dernier écueil important est celui du vrai diamètre pré-thérapeutique de l'artère sylvienne, qui ne pourra jamais être évalué, celui-ci n'étant accessible qu'après désocclusion. Privés de cette mesure nous avons utilisé comme référence le diamètre de M1 du côté controlatéral, ce qui constitue la grande originalité de notre étude par rapport aux deux disponibles dans la littérature (12)(13) traitant de ce sujet.

On pourrait discuter l'intérêt d'effectuer une étude prospective sur une large cohorte, de façon à évaluer à distance les conséquences artérielles de la TM avec une puissance statistique supérieure.

6 Conclusion

La TM pratiquée à la phase aiguë d'un AVC ischémique est une méthode efficace et bien tolérée dans la grande majorité des cas. L'apparition retardée d'une sténose focale est une complication angiographique peu fréquente, ne semblant pas modifier le pronostic neurologique.

Nous n'avons pas élucidé dans ce travail de cause précise, mais l'on peut penser que les dispositions anatomiques avec de fortes angulations artérielles favoriseraient la constitution de ces sténoses. Dans tous les cas notre travail tend à confirmer l'absence de rapport avec le nombre de passages de DT.

Des sténoses longues ne s'expliquant pas par la seule étendue de l'ischémie ont été identifiées dans ce travail. Celles-ci semblent de mauvais pronostic, pourraient être liées à des re-thromboses post-opératoires. Elles pourraient être dans certains cas prévenues par une attitude plus agressive sur les thrombus muraux résiduels situés en M1.

Nous proposerions volontiers de pérenniser l'organisation d'une consultation neuroradiologique associée à un angio-scanner systématique à 3 mois des TM, afin de dépister les sténoses retardées. Les patients porteurs de telles anomalies devront être suivis à plus long terme, afin de ne pas méconnaître une évolutivité lésionnelle retardée péjorative.

7 Références

1. Haute Autorité de Santé. Accident vasculaire cérébral: prise en charge précoce (alerte, phase préhospitalière, phase hospitalière initiale, indications de la thrombolyse). 2009. [Internet]. [cité aout 2014]. Available from: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-07/avc_prise_en_charge_precoce_-_recommandations.pdf
2. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. The National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group. *N Engl J Med*. 1995 Dec 14;333(24):1581-7.
3. European Stroke Organisation (ESO) Executive Committee, ESO Writing Committee. Guidelines for management of ischaemic stroke and transient ischaemic attack 2008. *Cerebrovasc Dis Basel Switz*. 2008;25(5):457-507.
4. Hacke W, Kaste M, Bluhmki E, Brozman M, Dávalos A, Guidetti D, et al. Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke. *N Engl J Med*. 2008 Sep 25;359(13):1317-29.
5. Rha J-H, Saver JL. The impact of recanalization on ischemic stroke outcome: a meta-analysis. *Stroke J Cereb Circ*. 2007 Mar;38(3):967-73.
6. Smith WS, Sung G, Saver J, Budzik R, Duckwiler G, Liebeskind DS, et al. Mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: final results of the Multi MERCI trial. *Stroke J Cereb Circ*. 2008 Apr;39(4):1205-12.
7. Penumbra Pivotal Stroke Trial Investigators. The penumbra pivotal stroke trial: safety and effectiveness of a new generation of mechanical devices for clot removal in intracranial large vessel occlusive disease. *Stroke J Cereb Circ*. 2009 Aug;40(8):2761-8.
8. Pérez MA, Miloslavski E, Fischer S, Bänzner H, Henkes H. Intracranial thrombectomy using the Solitaire stent: a historical vignette. *J Neurointerventional Surg*. 2012 Nov;4(6):e32.
9. Saver JL, Jahan R, Levy EI, Jovin TG, Baxter B, Nogueira RG, et al. Solitaire flow restoration device versus the Merci Retriever in patients with acute ischaemic stroke (SWIFT): a randomised, parallel-group, non-inferiority trial. *Lancet*. 2012 Oct 6;380(9849):1241-9.
10. Qureshi AI, Abd-Allah F, Aleu A, Connors JJ, Hanel RA, Hassan AE, et al. Endovascular treatment for acute ischemic stroke patients: implications and interpretation of IMS III, MR RESCUE, and SYNTHESIS EXPANSION trials: A report from the Working Group of International Congress of Interventional Neurology. *J Vasc Interv Neurol*. 2014 May;7(1):56-75.
11. Jahan R. Solitaire flow-restoration device for treatment of acute ischemic stroke: safety and recanalization efficacy study in a swine vessel occlusion model. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2010 Nov;31(10):1938-43.
12. Kurre W, Pérez MA, Horvath D, Schmid E, Bänzner H, Henkes H. Does mechanical thrombectomy in acute embolic stroke have long-term side effects on intracranial vessels? An angiographic follow-up study. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2013 Jun;36(3):629-36.

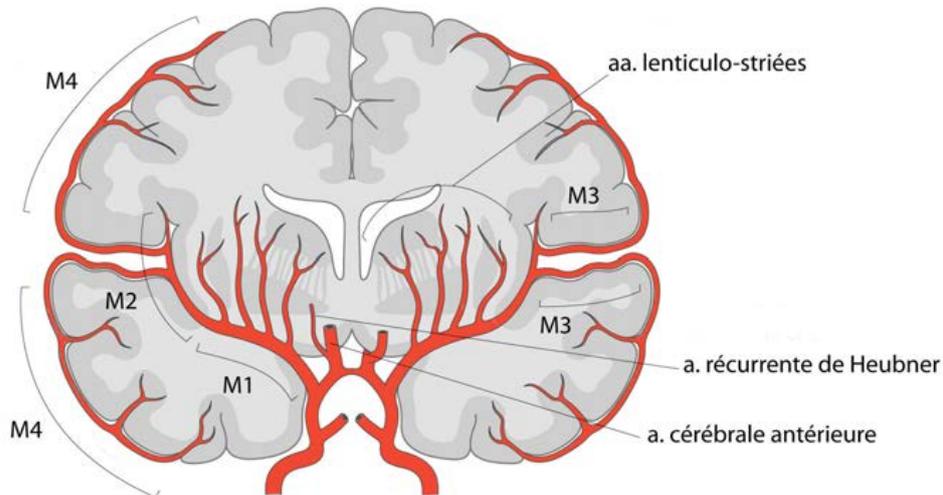
13. Eugène F, Gauvrit J-Y, Ferré J-C, Gentric J-C, Besseghir A, Ronzière T, et al. One-Year MR Angiographic and Clinical Follow-Up after Intracranial Mechanical Thrombectomy Using a Stent Retriever Device. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014 Aug 14.
14. Gory B, Bresson D, Kessler I, Perrin ML, Guillaudeau A, Durand K, et al. Histopathologic evaluation of arterial wall response to 5 neurovascular mechanical thrombectomy devices in a swine model. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2013 Dec;34(11):2192-8.
15. Park S, Hwang SM, Song JS, Suh DC, Lee DH. Evaluation of the Solitaire system in a canine arterial thromboembolic occlusion model: is it safe for the endothelium? *Interv Neuroradiol J Peritherapeutic Neuroradiol Surg Proced Relat Neurosci*. 2013 Dec;19(4):417-24.
16. Kiss J, Andany A, Boivin G, Kiss-Bodolay D, Marchi N, Sommaruga S. Vascularisation du système nerveux. *Neuroclub*; 2012.
17. Nouh A, Remke J, Ruland S. Ischemic posterior circulation stroke: a review of anatomy, clinical presentations, diagnosis, and current management. *Front Neurol*. 2014;5:30.
18. Brott T, Adams HP, Olinger CP, Marler JR, Barsan WG, Biller J, et al. Measurements of acute cerebral infarction: a clinical examination scale. *Stroke J Cereb Circ*. 1989 Jul;20(7):864-70.
19. Generalized efficacy of t-PA for acute stroke. Subgroup analysis of the NINDS t-PA Stroke Trial. *Stroke J Cereb Circ*. 1997 Nov;28(11):2119-25.
20. Van der Worp HB, Claus SP, Bär PR, Ramos LM, Algra A, van Gijn J, et al. Reproducibility of measurements of cerebral infarct volume on CT scans. *Stroke J Cereb Circ*. 2001 Feb;32(2):424-30.
21. Dallaudière B, Salut C, Bouillet P, Pouquet M, Boncoeur-Martel MP, Maubon A. Volumetrie comparee des accidents vasculaires cerebraux ischémiques en IRM sur les sequences diffusion. *J Radiol*. 2008;89(10):1576.
22. Yoo AJ, Chaudhry ZA, Nogueira RG, Lev MH, Schaefer PW, Schwamm LH, et al. Infarct volume is a pivotal biomarker after intra-arterial stroke therapy. *Stroke J Cereb Circ*. 2012 May;43(5):1323-30.
23. Van Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, Schouten HJ, van Gijn J. Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients. *Stroke J Cereb Circ*. 1988 May;19(5):604-7.
24. Adams HP Jr, Bendixen BH, Kappelle LJ, Biller J, Love BB, Gordon DL, et al. Classification of subtype of acute ischemic stroke. Definitions for use in a multicenter clinical trial. TOAST. Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment. *Stroke J Cereb Circ*. 1993 Jan;24(1):35-41.
25. Tomsick T, Broderick J, Carrozella J, Khatri P, Hill M, Palesch Y, et al. Revascularization results in the Interventional Management of Stroke II trial. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008 Mar;29(3):582-7.
26. Nogueira RG, Levy EI, Gounis M, Siddiqui AH. The Trevo device: preclinical data of a novel stroke thrombectomy device in two different animal models of arterial thrombo-occlusive disease. *J Neurointerventional Surg*. 2012 Jul;4(4):295-300.

27. Yin NS, Benavides S, Starkman S, Liebeskind DS, Saver JA, Salamon N, et al. Autopsy findings after intracranial thrombectomy for acute ischemic stroke: a clinicopathologic study of 5 patients. *Stroke J Cereb Circ.* 2010 May;41(5):938-47.
28. Lafont A, Guzman LA, Whitlow PL, Goormastic M, Cornhill JF, Chisolm GM. Restenosis after experimental angioplasty. Intimal, medial, and adventitial changes associated with constrictive remodeling. *Circ Res.* 1995 Jun;76(6):996-1002.
29. Duckers HJ, Nabel HG, Serruys PW. Arterial Remodeling. *Essentials of Restenosis: For the Interventional Cardiologist (Contemporary cardiology)*. Humana Press. 2007. p. 213-26.
30. Hand PJ, Wardlaw JM, Rivers CS, Armitage PA, Bastin ME, Lindley RI, et al. MR diffusion-weighted imaging and outcome prediction after ischemic stroke. *Neurology.* 2006 Apr 25;66(8):1159-63.
31. Haute Autorité de Santé. Accident vasculaire cérébral [Internet]. Guide - Affection de longue durée; 2007. Internet]. [cité aout 2014]. Available from: http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/07-042_traceur_guide-adl-avc.pdf
32. Platzek I, Sieron D, Wiggermann P, Laniado M. Carotid Artery Stenosis: Comparison of 3D Time-of-Flight MR Angiography and Contrast-Enhanced MR Angiography at 3T. *Radiol Res Pract.* 2014;2014:508715.

8 Annexes

1. Anatomie de l'artère Sylvienne et de ses branches.

- Segment M1 basal à face inférieure du lobe frontal
- Segment M2 insulaire, dans la scissure de Sylvius
- Segment M3 à la face inférieure des opercules, dans la scissure de Sylvius
- Segment M4 cortical ou superficiel



2. Score TICl (Thrombolysis In Cerebral Infarction)

Valeur en fonction de l'aspect angiographique :

0 = Pas de perfusion

1 = Perfusion minimale

2A = Perfusion partielle < 50% du territoire de l'artère occluse

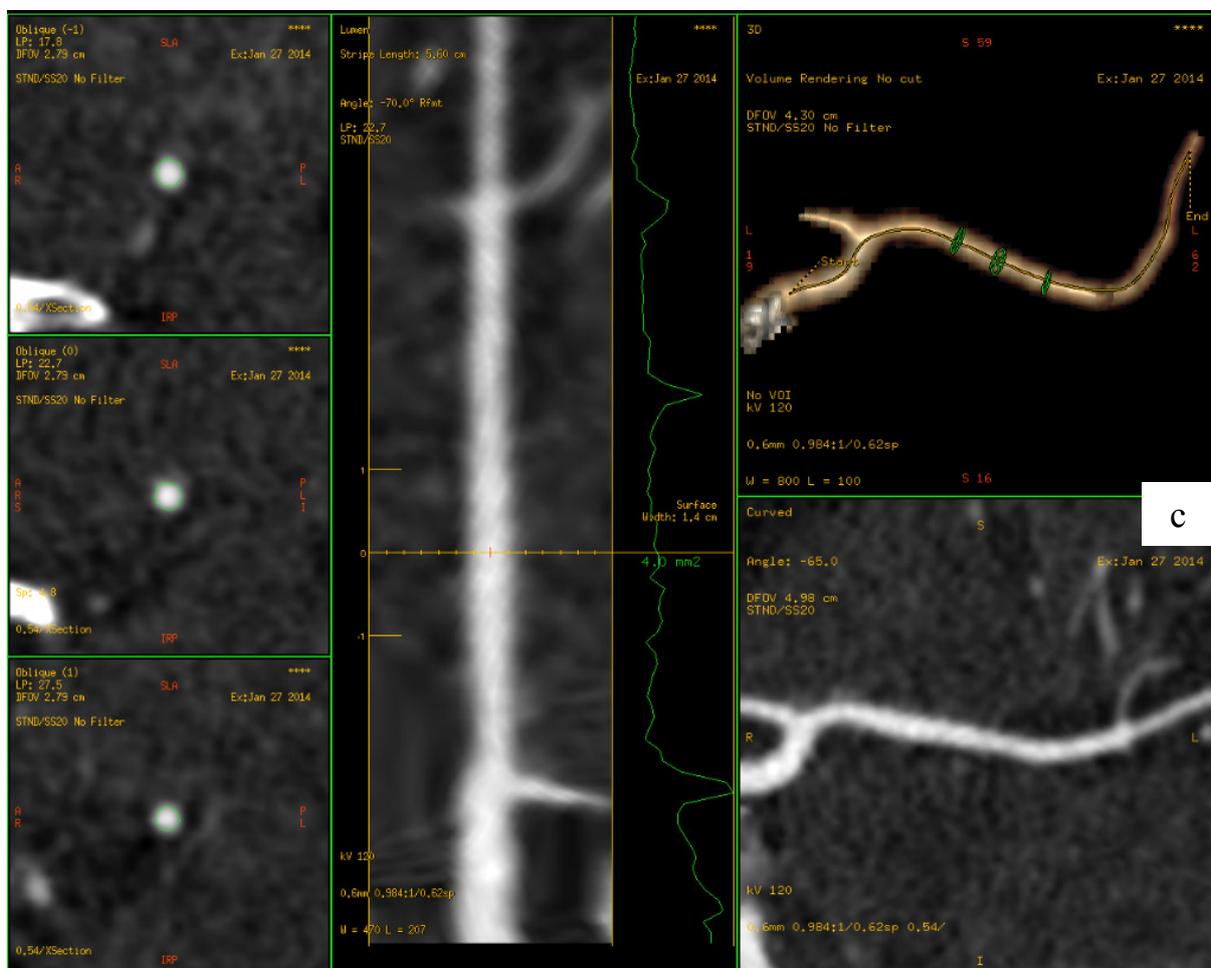
2B = Perfusion partielle \geq 50% du territoire de l'artère occluse

3 = Perfusion complète de l'ensemble des branches artérielles

3. Protocole réalisé lors de l'angio-scanner à distance

	Délai	Localisation	Produit de contraste	Débit	Collimation	Temps rotation	Pitch	kV	mA	Acquisition
Crâne sans IV	0	Sinus maxillaires-voûte crânienne	0	0	32*0,625	0,8s	0,531	100	100-300	1,25/0,625
Angio Willis	SP en C2	C2 jusqu'à la voûte	50ml Omnipaque 350	4ml/s	64*0,625	0,4s	0,984	120	100-475	0,625/0,312
Angio TSA	SP Ao asc	Crosse aorte jusqu'à la voûte	60ml Omnipaque 350	4,5ml/s	64*0,625	0,4s	0,984	120	150-550	0,625/0,312

4. Exemple de reconstruction d'une artère Sylvienne sur console AW Workstation 4.4 GE healthcare®.

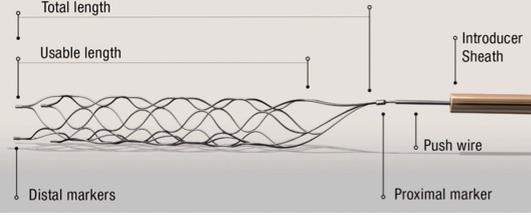
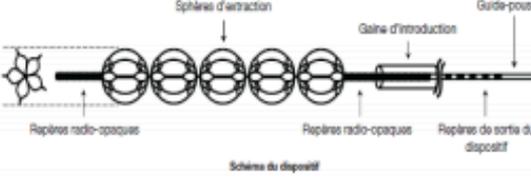
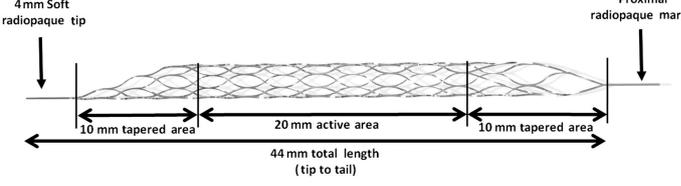


Angio-scanner cérébral avec reconstruction du segment M1 de l'artère Sylvienne. a) « Cross section » axiale du vaisseau. b) Reconstruction en mode « lumen » du vaisseau. c) Reconstruction en 3D Volume Rendering (VR). d) Reconstruction en mode curviligne.

5. Evaluation neurologique : score de Rankin modifié (mRs)

Score	Handicap
0	Asymptomatique
1	Symptômes minimales, restriction de certaines activités de la vie courante, mais patient autonome.
2	Handicap mineur, restriction de certaines activités de la vie courante, ne permettant pas une autonomie totale.
3	Handicap modéré, restriction significative des activités de la vie quotidienne, ne permettant pas une autonomie totale, marche possible sans assistance.
4	Handicap modérément sévère, restriction de l'autonomie, marche et gestes quotidiens impossibles sans aide
5	Handicap sévère, alitement permanent, incontinent, nécessitant des soins de nursing permanent
6	Décès

6. Dispositifs de thrombectomie utilisés

Stent RETRIEVER	Nom commercial	Diamètre déployé
	Solitaire FR® (Covidien/ev3, USA)	4-6mm
	Stent Eric® (Microvention/Te rumo, USA)	3-6mm
	Trevo® Provue (Stryker, USA)	4mm
	Séparateur 3D® Penumbra Inc System® (Penumbra Europe)	4,5mm
Systèmes d'aspiration	Nom commercial	Caractéristiques
	Système d'aspiration Penumbra®	Aspiration seule
	Vasco+35aspi® (Balt Extrusion, France)	Aspiration seule Diamètre externe : 5F, interne 3,1F (1,02mm)

Titre de Thèse : Conséquences à long terme des thrombectomies sylviennes : évaluation en angio-scanner.

RESUME

Objectif.- Evaluer les conséquences vasculaires retardées suite à l'emploi de DT au niveau de l'artère sylvienne au décours de la prise en charge des AVC à la phase aiguë.

Patients et méthodes.- Etude rétrospective à partir de patients traités par thrombectomie mécanique, ayant présenté une occlusion sylvienne, avec ou sans occlusion carotidienne, traités par thrombectomie mécanique (TM), sans implantation d'un stent sylvien permanent et ayant bénéficiés d'un angio-scanner à 3 mois et plus. Une double relecture des angio-scanners a été réalisée, à la recherche de remaniements vasculaires post thérapeutiques. Le procédé opératoire, l'architecture vasculaire, le terrain des patients ont été analysés à la recherche de facteurs favorisants.

Résultats.- Cette étude a intéressé 33 patients. La recanalisation de l'artère sylvienne a été obtenue après 2,7 passages du DT en moyenne (1-7). L'angio-scanner réalisé à distance après un délai moyen de 8,6 mois révélait une occlusion du segment M1 de l'artère Sylvienne traitée (3%), trois occlusions de l'artère carotide interne (ACI) du côté traité (9%), trois sténoses focales de novo (9%), 15 diminutions globales du calibre du segment M1 de la Sylvienne traitée (45%) et deux sténoses controlatérales préexistantes (6%). Il n'a pas été mis en évidence de relation entre sténose et nombre de passages du DT.

Conclusion.- Des sténoses focales de novo et occlusions apparaissent dans une faible proportion de patients traités par thrombectomie mécanique. Il n'a pas été établi de facteur favorisant aux remaniements artériels, notamment de rapport entre nombre de passages du DT et sténoses artérielles. Celles-ci étaient asymptomatiques. Des réductions de calibre trop prononcées de l'artère sylvienne ont été identifiées, et semblent de plus mauvais pronostic.

MOTS-CLES

Thrombectomie mécanique

Sténose

Occlusion

AVC