

**UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE MEDECINE**



ANNEE 2005

THESE N° 14811

**ATLAS IRM DES INFARCTUS ARTERIELS
CEREBRAUX A LA PHASE AIGUE**

**THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement le 07 octobre 2005 par

Pierre de BRUNANCHON

Né le 23 Octobre 1977 à Ambilly

EXAMINATEURS DE LA THESE

M. le Professeur Antoine MAUBON
M. le Professeur René CHAPOT
M. le Professeur Jean-Pierre ROUANET de VIGNE-LAVIT
M. le Professeur Jean-Michel VALLAT
M. le Docteur Francisco MONTORO-MACIAN

Président
Juge
Juge
Juge
Membre Invité

**UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE MEDECINE**

ANNEE 2005

THESE N° 148

**ATLAS IRM DES INFARCTUS ARTERIELS
CEREBRAUX A LA PHASE AIGUE**

THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement le 07 octobre 2005 par

Pierre de BRUNANCHON

Né le 23 Octobre 1977 à Ambilly

EXAMINATEURS DE LA THESE

M. le Professeur Antoine MAUBON
M. le Professeur René CHAPOT
M. le Professeur Jean-Pierre ROUANET de VIGNE-LAVIT
M. le Professeur Jean-Michel VALLAT
M. le Docteur Francisco MONTORO-MACIAN

Président
Juge
Juge
Juge
Membre Invité

**UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE MEDECINE**

DOYEN DE LA FACULTE:

Monsieur le Professeur VANDROUX Jean-Claude

ASSESSEURS:

Monsieur le Professeur LASKAR Marc
Monsieur le Professeur VALLEIX Denis
Monsieur le Professeur COGNE Michel

SECRETAIRE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS

ROCHE Doriane

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS:

* C.S = Chef de Service

ACHARD Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
ADENIS Jean-Paul * (C.S)	OPHTALMOLOGIE
ALAIN Jean-Luc	CHIRURGIE INFANTILE
ALDIGIER Jean-Claude (C.S)	NEPHROLOGIE
ARCHAMBEAUD-MOUVEROUX Françoise (C.S)	MEDECINE INTERNE
ARNAUD Jean-Paul (C.S)	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
AUBARD Yves (C.S)	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
BEDANE Christophe (C.S)	DERMATOLOGIE
BERTIN Philippe	THERAPEUTIQUE
BESSEDE Jean-Pierre	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE
BONNAUD François (C.S)	PNEUMOLOGIE
BONNETBLANC Jean-Marie	DERMATOLOGIE
BORDESSOULE Dominique (C.S)	HEMATOLOGIE ET TRANSFUSION
CHAPOT René	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
CHARISSOUX Jean-Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
CLAVERE Pierre (C.S)	RADIOTHERAPIE
CLEMENT Jean-Pierre (C.S)	PSYCHIATRIE ADULTES
COGNE Michel (C.S)	IMMUNOLOGIE
COLOMBEAU Pierre	UROLOGIE
CORNU Elisabeth	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-VASCULAIRE
COURATIER Philippe	NEUROLOGIE
CUBERTAFOND Pierre	CLINIQUE DE CHIRURGIE DIGESTIVE
DANTOINE Thierry	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT
DARDE Marie-Laure (C.S)	PARASITOLOGIE
DE LUMLEY WOODYEAR Lionel (C.S)	PEDIATRIE
DENIS François (C.S)	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE-HYGIENE
DESCOTTES Bernard (C.S)	ANATOMIE
DUDOGNON Pierre (C.S)	REEDUCATION FONCTIONNELLE
DUMAS Jean-Philippe (C.S)	CHIRURGIE UROLOGIQUE ET ANDROLOGIE
DUMONT Daniel (C.S)	MEDECINE DU TRAVAIL
FEISS Pierre (C.S)	ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE
FEUILLARD Jean (C.S)	HEMATOLOGIE
GAINANT Alain (C.S)	CHIRURGIE DIGESTIVE
GAROUX Roger (C.S)	PEDOPSYCHIATRIE
GASTINNE Hervé (C.S)	REANIMATION MEDICALE
JAUBERTEAU-MARCHAN Marie-Odile	IMMUNOLOGIE
LABROUSSE François (C.S)	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUE
LACROIX Philippe	MEDECINE VASCULAIRE
LASKAR Marc (C.S)	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO-VASCULAIRE
LE MEUR Yannick	NEPHROLOGIE
LEROUX-ROBERT Claude (surnombre)	NEPHROLOGIE
LIENHARDT-ROUSSIE Anne	PEDIATRIE
MABIT Christian	ANATOMIE-CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
MARQUET Pierre	PHARMACOLOGIE ET TOXICOLOGIE

MAUBON Antoine (C.S)
MELLONI Boris
MENIER Robert (surnombre)
MERLE Louis
MOREAU Jean-Jacques (C.S)
MOULIES Dominique (C.S)
NATHAN-DENIZOT Nathalie
PARAF François
PILLEGAND Bernard
PIVA Claude (C.S)
PREUX Pierre-Marie
RIGAUD Michel (C.S)
SALLE Jean-Yves
SAUTEREAU Denis (C.S)
SAUVAGE Jean-Pierre (C.S)
STURTZ Franck
TEISSIER-CLEMENT Marie-Pierre
TREVES Richard (C.S)
TUBIANA-MATHIEU Nicole (C.S)
VALLAT Jean-Michel (C.S)
VALLEIX Denis
VANDROUX Jean-Claude (C.S)
VERGNENEGRE Alain (C.S)
VIDAL Ellsabeth (C.S)
VIGNON Philippe
VIROT Patrice (C.S)
WEINBRECK Pierre (C.S)
YARDIN Catherine (C.S)

RADIOLOGIE
PNEUMOLOGIE
PHYSIOLOGIE
PHARMACOLOGIE
NEUROCHIRURGIE
CHIRURGIE INFANTILE
ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE
ANATOMIE PATHOLOGIQUE
HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE
MEDECINE LEGALE
INFORMATION MEDICALE ET EVALUATION
BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
MEDECINE PHYSIQUE ET READAPTATION
HEPATO-GASTRO-ENTEROLOGIE
OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE
BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES
RHUMATOLOGIE
CANCEROLOGIE
NEUROLOGIE
ANATOMIE
BIOPHYSIQUE ET TRAITEMENT DE L'IMAGE
EPIDEMIOLOGIE-ECONOMIE DE LA SANTE-PREVENTION
MEDECINE INTERNE
REANIMATION MEDICALE
CARDIOLOGIE
MALADIES INFECTIEUSES
HISTOLOGIE-CYTOLOGIE, CYTOGENETIQUE ET BIOLOGIE
CELLULAIRE ET DE LA REPRODUCTION

PROFESSEUR ASSOCIE A MI-TEMPS

BUCHON Daniel

MEDECINE GENERALE

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE

BUISSON Jean-Gabriel

MEDECINE GENERALE

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

ALAIN Sophie
ANTONINI Marie-Thérèse
BOUTEILLE Bernard
CHABLE Hélène
DAVIET Jean-Christophe
DRUET-CABANAC Michel
DURAND-FONTANIER Sylvaine
ESCLAIRE Françoise

Bactériologie – virologie – hygiène hospitalière
Explorations Fonctionnelles Physiologiques
Parasitologie - mycologie
Biochimie et génétique moléculaire, chimie des explorations fonctionnelles
Médecine physique et réadaptation
Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Anatomie
Laboratoire d'histologie-cytologie, cytogénétique et de
Biologie cellulaire et de la reproduction
laboratoire d'hématologie
Biochimie et génétique moléculaire, chimie des explorations fonctionnelles
Bactériologie – virologie – hygiène hospitalière
Anatomie et cytologie pathologiques
Bactériologie – virologie – hygiène hospitalière
Laboratoire d'histologie-cytologie, cytogénétique et de
Biologie cellulaire et de la reproduction
Rhumatologie

JULIA Annie
LAPLAUD Paul
MOUNIER Marcelle
PETIT Barbara
PLOY Marie-Cécile
RONDELAUD Daniel

VERGNE-SALLE Pascale

REMERCIEMENTS

A M. le Pr. MAUBON

Vous m'avez confié ce travail et avez accepté d'en être le Directeur et le Juge. Durant sa réalisation ainsi qu'au long des quatre années passées au sein de votre Service, vous m'avez accordé votre bienveillance et votre soutien. Acceptez ce témoignage de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A M. le Pr. VALLAT

Vous avez su susciter mon intérêt pour la Neurologie dès mon premier semestre d'internat. Vous avez aujourd'hui accepté de juger ce travail. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A M. le Pr. René CHAPOT

Vous avez accueilli ce travail avec toute votre bienveillance. Vous m'avez fait profiter de votre Savoir. Acceptez mes remerciements.

A M. le Pr. ROUANET de VIGNE-LAVIT

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de prendre part à ce Jury. Vous m'avez permis de partager votre Savoir et votre entrain. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A M. le Dr. MONTORO-MACIAN

Tu m'as soutenu dès mes premiers jours en tant qu'interne. Ce travail n'aurait pu être possible sans tout le dynamisme que tu as mis au profit de la prise en charge des patients victimes d'AVC. Accepte mes remerciements.

A tous ceux – Famille, Amis, Personnels des Hôpitaux de Limoges, de Nîmes et de Brive – qui m'ont conseillé, encouragé, et aidé dans ce travail, et qui m'ont témoigné leur amitié et leur soutien dans cette période par ailleurs douloureuse.

Atlas IRM des Infarctus Artériels Cérébraux à la Phase Aiguë



SOMMAIRE

INTRODUCTION	8
GENERALITES	8
LES EVOLUTIONS THERAPEUTIQUES ET DIAGNOSTIQUES RECENTES	9
NOUVELLES PERSPECTIVES THERAPEUTIQUES	9
EVOLUTION DES TECHNIQUES D'IMAGERIE	10
MATERIEL ET METHODE	12
ACQUISITION	12
SELECTION DES PATIENTS	12
IMPORTATION	13
TRAITEMENT	13
RAPPEL DE BASES PHYSIQUES SUR L'IMAGERIE DE DIFFUSION.....	14
DEFINITION PHYSIQUE.....	14
LOI DE FICK.....	14
IRM DE DIFFUSION	14
APPLICATION AUX ACCIDENTS VASCULAIRES CEREBRAUX ISCHEMIQUES.....	15
CONCLUSION.....	17
GENERALITES SUR L'ANATOMIE DES VAISSEAUX A DESTINEE ENCEPHALIQUE	18
LE SYSTEME CAROTIDIEN	19
LE SYSTEME VERTEBRO-BASILAIRE.....	21
LES VOIES DE SUPPLEANCE ARTERIELLES CAROTIDO-VERTEBRALES.....	22
LE POLYGONE DE WILLIS	22
GENERALITES	22
VARIATIONS DU POLYGONE DE WILLIS ET ISCHEMIE CEREBRALE	24
VARIATIONS DE LA PARTIE ANTERIEURE DU POLYGONE DE WILLIS	25
VARIATIONS DE LA PARTIE POSTERIEURE	26
ASPECTS OBSERVES EN ANGIO-IRM	27
ARTERE TRIGEMINEE	30
ANGIO-ARCHITECTURE DES TERRITOIRES ARTERIELS CEREBRAUX	31
LA CLASSIFICATION SIMPLIFIEE	31
LE SYSTEME SUPERFICIEL.....	31

LES ARTERES PERFORANTES.....	32
ANGIO-ARCHITECTURE DU CORTEX CEREBRAL.....	33
ANGIO-ARCHITECTURE DE LA SUBSTANCE BLANCHE.....	34
SCHEMA DES TERRITOIRES VASCULAIRES DES HEMISPHERES CEREBRAUX	35
TABLES DE BOGOUSLAVSKY	36
TABLES DE RINGELSTEIN	37
L'ARTERE CEREBRALE ANTERIEURE	38
GENERALITES.....	38
SCHEMA DES BRANCHES DE DIVISION DE L'ARTERE CEREBRALE ANTERIEURE	40
TERRITOIRES DE L'ARTERE CEREBRALE ANTERIEURE.....	41
Artère Frontale Interne Antérieure (ou Artère Fronto-Polaire).....	41
Artère récurrente de Heubner	42
Artère Calloso-Marginale.....	44
- Branche Frontale Interne Moyenne.....	44
- Branche Frontale Interne Postérieure.....	45
- Branche Para-Centrale	46
Artère Péri-calleuse.....	47
- Branche Pariétale Interne	48
L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE.....	49
GENERALITES.....	49
SCHEMA DES BRANCHES DE DIVISION DE L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE.....	52
ILLUSTRATION DU TERRITOIRE VASCULAIRE DE L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE	53
TERRITOIRES SUPERFICIELS DE L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE.....	55
Artère Pré-Frontale.....	55
Artère Pré-Centrale (ou Artère Pré-Rolandique).....	57
Artère Centrale (ou Artère Rolandique).....	61
Artères Pariétales Antérieure et Postérieure	62
Artère du Gyrus Angulaire (ou Artère du Pli Courbe).....	63
Artère Temporale Antérieure	64
Artère Temporale Postérieure.....	66
Artères Insulaires.....	68
L'ARTERE CHOROIDIENNE ANTERIEURE	70
GENERALITES.....	70
SCHEMA DE L'ORIGINE DE L'ARTERE CHOROIDIENNE ANTERIEURE.....	71
TERRITOIRE DE L'ARTERE CHOROIDIENNE ANTERIEURE.....	72
L'ARTERE CEREBRALE POSTERIEURE	74
GENERALITES.....	74
TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBRALE POSTERIEURE.....	76

Artère Calcarine	77
Artère Pariéto-Occipitale.....	78
Artère Temporale Interne	79
Artère Péri-Calleuse Postérieure.....	81
ANGIO-ARCHITECTURE DES NOYAUX GRIS CENTRAUX.....	82
NOYAU CAUDE.....	82
NOYAU LENTICULAIRE	83
THALAMUS.....	85
ANATOMIE DU THALAMUS	85
TERRITOIRE PARAMEDIAN	87
TERRITOIRE TUBEROTHALAMIQUE	90
TERRITOIRE INFEROLATERAL	92
TERRITOIRE CHOROIDIEN POSTERIEUR.....	93
ANGIO-ARCHITECTURE DU TRONC CEREBRAL ET DU CERVELET	94
ARTERES DU TRONC CEREBRAL.....	94
ARTERES DU CERVELET	95
SCHEMA DES TERRITOIRES VASCULAIRES DE LA FOSSE POSTERIEURE	96
TABLES DE BOGOUSLAVSKY	96
TABLES DE TATU	99
ILLUSTRATION IRM DES TERRITOIRES DU TRONC CEREBRAL.....	106
GROUPE ANTERO-MEDIAL	106
GROUPE ANTERO-LATERAL	108
GROUPE LATERAL.....	110
GROUPE POSTERIEUR.....	112
ILLUSTRATION IRM DES TERRITOIRES VASCULAIRES DU CERVELET.....	114
TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBELLEUSE SUPERIEURE	114
TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBELLEUSE POSTERO-INFERIEURE (PICA)	118
TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBELLEUSE ANTERO-INFERIEURE (AICA)	121
LES TERRITOIRES JONCTIONNELS	122
SCHEMA DES TERRITOIRES JONCTIONNELS.....	123
ILLUSTRATION IRM DES TERRITOIRES JONCTIONNELS	124
ISCHEMIE JONCTIONNELLE ENTRE LES TERRITOIRES CEREBRAL ANTERIEUR ET POSTERIEUR.....	124
ISCHEMIE JONCTIONNELLE ENTRE LES TERRITOIRES CEREBRAL ANTERIEUR ET MOYEN ..	125
ISCHEMIE JONCTIONNELLE ENTRE LES TERRITOIRES CEREBRAL MOYEN ET POSTERIEUR	126
ISCHEMIE JONCTIONNELLE SOUS-CORTICALE (OU JONCTIONNELLE PROFONDE).....	127
CAS ORIGINAUX	128
DISSECTION CAROTIDIENNE	128
THROMBOSE D'UN ANEURISME ET DE SON ARTERE PORTEUSE.....	130
ISCHEMIE NEONATALE	131
HYPERSIGNAL ARTERIEL EN PONDERATION T2-FLAIR COMME SIGNE PRECOCE D'ISCHEMIE EN IRM.....	133
THROMBOLYSE INTRA-VEINEUSE	135

VASOSPASME ARTERIEL APRES RUPTURE D'UNE MALFORMATION ANEURISMALE.....	136
DISCUSSION.....	137
CONCLUSION.....	147
BIBLIOGRAPHIE	148

INTRODUCTION

GENERALITES

Malgré une diminution relative de la mortalité par accident vasculaire cérébral observée au cours de la décennie écoulée dans les pays industrialisés, le tribut à payer à cette pathologie demeure très lourd.

Sans compter les décès (environ 50.000 par an en France), les séquelles physiques et cognitives présentes chez environ la moitié des victimes d'accident vasculaire cérébral sont responsables d'handicaps majeurs. Ainsi, en France, les accidents vasculaires cérébraux sont la première cause de handicap physique ou intellectuel et la troisième cause de mortalité, après l'infarctus du myocarde et les cancers.

Si jusqu'à une période récente, le fatalisme et la résignation ont prévalu devant cette pathologie sans traitement curateur et dont l'évolution spontanée s'avérait malheureusement souvent sévère, les progrès récents, tant dans le domaine de l'imagerie médicale que de la thérapeutique ouvrent de nouvelles perspectives de prise en charge pour ces patients.

La mise en place de structures hospitalières de soins intensifs dédiées à la prise en charge de ces patients à la phase aiguë témoigne de la révolution qui est en train de s'opérer dans ce domaine de la médecine.

Dans les années à venir, l'IRM encéphalique deviendra certainement aussi cruciale et urgente pour la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux que l'est l'électrocardiogramme pour celle de l'infarctus du myocarde.

Ainsi, l'ère où le seul rôle de l'imagerie était de trancher entre une pathologie ischémique ou hémorragique est aujourd'hui révolue.

Au-delà de l'intérêt académique, l'identification des territoires vasculaires cérébraux s'avère indispensable au diagnostic précis d'accident vasculaire cérébral, mais

permet également d'en apprécier le profil évolutif, ainsi que de guider le thérapeute tant à la phase aiguë que dans le cadre de la prévention secondaire.

L'efficacité de cette prise en charge est un enjeu majeur de santé publique.

Depuis les travaux pionniers de Duret¹ sur la vascularisation cérébrale et ceux de Beevor² sur la cartographie artérielle cérébrale, plusieurs atlas des territoires artériels cérébraux ont été publiés.

L'objet de ce travail est de rapporter sous forme d'atlas classé par territoire vasculaire les cas d'accidents ischémiques cérébraux que nous avons été amenés à explorer en IRM au CHU de Limoges de janvier 2001 à juin 2005.

LES EVOLUTIONS THERAPEUTIQUES ET DIAGNOSTIQUES RECENTES

NOUVELLES PERSPECTIVES THERAPEUTIQUES

Jusqu'à une période récente, les praticiens ne disposaient que de deux options thérapeutiques : l'aspirine dont l'efficacité est réelle bien que modérée, et l'héparine, dont l'efficacité n'a pas encore été formellement démontrée au niveau cérébral, et dont l'utilisation s'accompagne d'un risque élevé d'hémorragie cérébrale.

Depuis 2003, les fibrinolytiques ont reçu l'autorisation de mise sur le marché pour leur utilisation dans les accidents vasculaires cérébraux ischémiques.

Après les études NINDS³ et ECASS⁴, la revue de la Cochrane Collaboration⁵ a analysé 17 essais randomisés et montré que l'administration intra-veineuse de rtPA (recombinant tissue plasminogen activator) évitait, pour 1000 patients traités dans les six heures, 57 décès ou dépendance neurologique, 140 si l'administration avait lieu dans les trois heures.

Les complications hémorragiques, si les critères d'inclusion des patients sont respectés, ne semblent pas dépasser 4%⁶.

EVOLUTION DES TECHNIQUES D'IMAGERIE

Si le diagnostic de l'infarctus du myocarde est assuré en urgence par l'électrocardiogramme et les enzymes cardiaques, celui d'accident ischémique cérébral ne reposait jusqu'alors que sur la présence d'une clinique évocatrice et d'un scanner négatif.

Désormais en urgence, l'imagerie médicale doit répondre à trois questions essentielles :

- Quelle est la nature de l'accident : ischémique ou hémorragique?
- Quelles sont la localisation, l'étendue et l'intensité de la souffrance ischémique?
- Quel est le mécanisme de l'ischémie?

Dès lors, le seul scanner cérébral s'est avéré insuffisant en urgence, d'où la nécessité de mettre en œuvre d'autres moyens d'imagerie, c'est l'avènement de l'«IRM multimodale».

Grâce notamment aux séquences de diffusion, d'écho de gradient, d'angiographie par résonance magnétique, et parfois de perfusion, l'IRM permet d'identifier en urgence:

- Les lésions ischémiques dès l'installation des symptômes⁷
- Les perturbations hémodynamiques
- Les occlusions artérielles
- Les hémorragies cérébrales

Ainsi, l'IRM occupe une place capitale dans la prise en charge à la phase aiguë des accidents vasculaires cérébraux, en confirmant le diagnostic d'ischémie cérébrale, mais également en permettant d'orienter le diagnostic étiologique.

Chez l'homme, à la phase initiale de l'ischémie cérébrale, alors que les séquences IRM conventionnelles (T1 et T2) sont négatives, un hypersignal peut être détecté en

IRM de diffusion dans les premières minutes après le début des symptômes.

L'IRM de diffusion permet ainsi de confirmer l'existence d'un ramollissement ischémique, d'en affirmer son caractère récent, mais aussi de préciser la localisation et parfois le mécanisme.

Une bonne connaissance des divers territoires vasculaires cérébraux apparaît capitale dans la prise en charge de ces patients à la phase aiguë.

MATERIEL ET METHODE

ACQUISITION

IRM réalisées entre janvier 2001 et juin 2005 sur une IRM Philips Gyroscan Intera 1,5 Tⁱ.

Séquences pratiquées de façon systématique: sagittale en T1, axiale en T2 TSE, T2 Flairⁱⁱ, imagerie de diffusionⁱⁱⁱ, angio-IRM centrée sur le polygone de Willis.

Séquences de réalisation non systématique : Axiale en T2 écho de gradient, angio-IRM des troncs supra-aortiques

Les cartographies ADC éditées en cas d'hypersignal en imagerie de diffusion ne sont pas reproduites dans ce travail.

SELECTION DES PATIENTS

Lecture rétrospective de l'ensemble des comptes-rendus des IRM encéphaliques réalisées sur la période concernée.

Sélection des patients pour lesquels le compte-rendu fait état d'un AVC ischémique, puis relecture des dossiers cliniques des patients sélectionnés.

Ne furent alors conservés que les accidents vasculaires cérébraux récents de type artériel. Les infarctus veineux et les lésions séquellaires sont donc exclus.

Classement des patients par analogie avec les tables de cartographie choisies.

ⁱ Gradients Power – Amplitude : 33 mT/m – Temps de montée : 140 T/m/s

ⁱⁱ Coupes de 5mm espacées de 1mm. Matrice de 256. TR=6000. TE=110.

ⁱⁱⁱ Coupes de 5mm espacées de 1mm. Matrice de 256. TR=4832ms. TE=81. b0. b1000.

Seuls les examens présentant un caractère iconographique intéressant sont conservés. Enfin de façon à éviter les redondances, pour chaque territoire vasculaire, seuls quelques patients sont sélectionnés.

Nous avons ainsi procédé à la relecture des comptes-rendus de plus de 8.500 IRM encéphaliques réalisées de janvier 2001 à juin 2005. Sur l'ensemble de ces examens, 921 ont mis en évidence un accident vasculaire cérébral artériel récent.

L'ensemble de ces examens ont alors été relus. Sont rapportés dans ce travail 110 de ces examens présentant un intérêt iconographique.

IMPORTATION

Les examens sélectionnés furent importés au format JPEG et/ou DICOM.

TRAITEMENT

Anonymisation, recadrage, ajustements de la luminosité et du contraste par Ulead PhotoImpact 8 SE ®.

RAPPEL DE BASES PHYSIQUES SUR L'IMAGERIE DE DIFFUSION

DEFINITION PHYSIQUE

La diffusion est la quantité de matériel traversant une section pour aller d'un endroit où ce matériel est en haute concentration vers un endroit où il est en plus faible concentration.

LOI DE FICK

$$J = - D \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

J : diffusion
D : coefficient de diffusion
C : concentration
X : distance

Le coefficient de diffusion (exprimé en m²/s) est une constante dépendante du milieu. En effet, la diffusion est fonction des caractéristiques physiques du milieu où se trouve le matériel étudié.

IRM DE DIFFUSION

Concernant l'IRM de diffusion, le matériel étudié est la molécule d'eau. L'eau libre effectue des mouvements browniens qui sont libres et aléatoires. Dans le corps, l'eau ne se déplace pas librement. Ses mouvements, non browniens, sont limités dans l'espace par les membranes et sont gênés par la présence de diverses molécules (protéines). Par ailleurs, ils sont parfois soumis à des phénomènes de transport actif.

La séquence de diffusion (DWI = Diffusion Weighted Imaging) donne des informations sur les mouvements de l'eau.

Le signal DWI mesuré dépend donc :

De la répartition de l'eau dans les compartiments :

- Eau intra-cellulaire
- Eau extra-cellulaire
- Eau libre (par exemple le LCR)

De certaines propriétés du milieu :

- Densité cellulaire
- Densité protéique

De la quantité d'eau (effet T2)

Le coefficient de diffusion apparent (ADC = Apparent Diffusion Coefficient) est calculé. C'est un paramètre indépendant de la quantité d'eau.

La cellule est un milieu de faible volume, dont le contenu est très visqueux, particulièrement riche en nombreuses protéines. L'eau s'y déplace donc beaucoup moins librement que dans le milieu extra-cellulaire.

Dans l'œdème cytotoxique deux mécanismes interviennent :

- La proportion d'eau dans les milieux intra et extra-cellulaires est modifiée, au profit du milieu intra-cellulaire, responsable d'une diminution des mouvements libres de l'eau.
- La quantité d'eau totale est augmentée dans le tissu étudié (définition de l'œdème). Cette augmentation globale de la quantité d'eau entraîne un hypersignal T2.

APPLICATION AUX ACCIDENTS VASCULAIRES CEREBRAUX ISCHEMIQUES

Un accident ischémique constitué récent se caractérise par un œdème cytotoxique. La zone pathologique sera donc le siège d'une restriction de diffusion, c'est-à-dire d'un hypersignal en imagerie de diffusion avec un ADC diminué. Ces anomalies de signal sont systématisées à un territoire artériel. La sensibilité de la diffusion est supérieure à celle des autres séquences, notamment la séquence FLAIR dans les six premières heures.

L'hypersignal en imagerie de diffusion apparaît dans les premières minutes suivant la survenue de l'infarctus cérébral. Son intensité maximale est obtenue au bout d'un délai variable allant de quelques heures à trois jours (avec une moyenne de 36 heures). Dans les jours qui suivent, il existe une augmentation progressive de la quantité d'eau extra-cellulaire, à la fois sous l'effet de l'œdème vasogénique et de la lyse cellulaire. D'une façon générale, il n'existe plus d'hypersignal en imagerie de diffusion au bout d'un délai allant de sept à dix jours, avec toutefois d'importantes variations inter-individuelles.

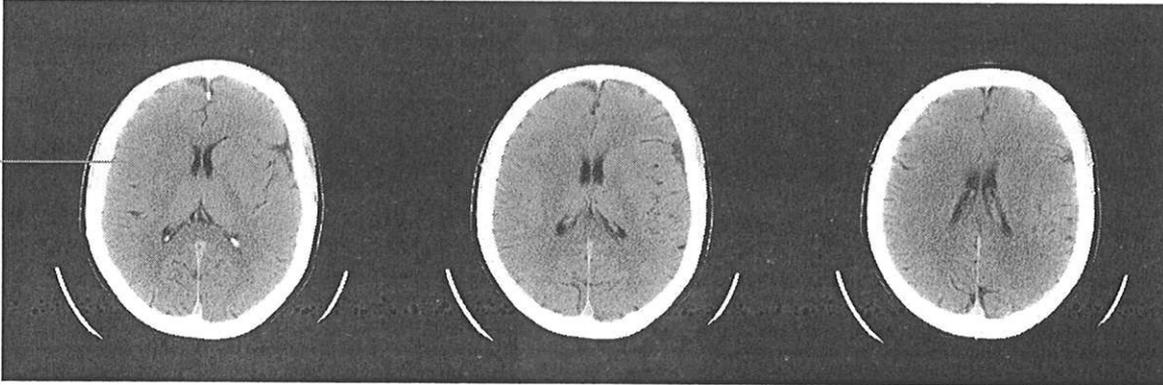
L'hypersignal en pondération T2 Flair n'apparaît généralement que plusieurs heures après la survenue de l'ischémie. De même, hormis les signes précoces d'ischémie, le scanner cérébral sans injection n'identifie que peu d'infarctus cérébraux avant la huitième heure.^{8,9,10,11}

L'imagerie de diffusion est donc le moyen le plus sensible de façon précoce pour détecter un accident vasculaire cérébral.

Délai	Diffusion	Flair	Scanner
Dès les premières minutes	Hypersignal	Normal	Normal
A partir de 1 heure	Hypersignal	Normal	Normal *
A partir de la sixième heure	Hypersignal	Hypersignal	Hypodensité

*: hormis en présence de signes précoces d'ischémie

Ci-après le cas d'un patient admis en urgence pour l'instauration aiguë d'une hémiparésie gauche complète. Le scanner réalisé environ trois heures après l'instauration du déficit met en évidence une ischémie sylvienne profonde droite.



Scanner cérébral retrouvant un effacement des noyaux gris centraux à droite, correspondant à un signe précoce d'ischémie sylvienne profonde droite.

Sur ce seul examen, les limites exactes du territoire ischémié sont difficilement appréciables.

Chez le même patient, l'imagerie de diffusion de l'IRM réalisée au décours immédiat du scanner permet de déterminer avec certitude l'étendue de l'ischémie cérébrale.



Ischémie lenticulo-caudée droite.

CONCLUSION

L'imagerie de diffusion est la modalité d'imagerie qui permet le plus précocement la confirmation diagnostique d'accident ischémique cérébral. Elle s'est imposée comme le « gold standard » de l'imagerie vasculaire cérébrale à la phase aiguë.

GENERALITES SUR L'ANATOMIE DES VAISSEAUX A DESTINEE ENCEPHALIQUE

On appelle trépied artériel du cerveau les trois troncs artériels responsables exclusivement de la vascularisation cérébrale qui sont les deux carotides internes et le tronc basilaire (lui-même formé par l'anastomose des deux artères vertébrales).

Ces quatre artères majeures montent dans le cou.

Traversant la base du crâne, elles pénètrent dans la boîte crânienne et donnent leurs branches terminales près de la face inférieure du cerveau.

Les branches terminales des artères carotides internes sont :

- l'artère cérébrale antérieure
- l'artère cérébrale moyenne (ou artère sylvienne)
- l'artère communicante postérieure
- l'artère choroïdienne antérieure

Les branches terminales du tronc basilaire sont les artères cérébrales postérieures.

LE SYSTEME CAROTIDIEN



L'artère carotide commune est issue directement de l'aorte à droite et du tronc artériel brachio-céphalique à gauche. Elle a un trajet ascendant et chemine dans la gouttière carotidienne en dedans de la veine jugulaire et du muscle sterno-cléido-mastoïdien. Elle ne donne pas de branche collatérale. Elle se divise à la hauteur de la quatrième vertèbre cervicale en carotide interne et externe.

L'artère carotide interne (ACI) est divisée en 4 segments principaux¹² :

1. Cervical
2. Pétreux
3. Caverneux
4. Supra-clinoïdien

Dans son trajet extra crânien elle rejoint l'espace maxillo-pharyngien, en avant et en dedans de la veine jugulaire interne. Elle pénètre dans le rocher par le canal carotidien ou elle a dans un premier segment un trajet vertical et dans un second un trajet horizontal (contourne la caisse du tympan). Elle quitte le rocher par le trou déchiré antérieur et gagne la loge caverneuse. Son trajet intra-caverneux correspond au siphon. On décrit cinq segments au siphon : vertical, horizontal, vertical, horizontal puis vertical. Elle perfore la dure-mère et pénètre dans les espaces sous-arachnoïdiens en arrière des apophyses clinoides antérieures.

iv

^{iv} Reconstruction en mode MIP centrée sur l'artère carotide droite d'une séquence d'angio-IRM en contraste de phase après injection de produit de contraste para-magnétique.

MIP : Maximum Intensity Projection. Cet algorithme fusionne plusieurs coupes et en sélectionne préférentiellement les pixels d'intensité élevée, le tout permettant d'obtenir un véritable volume angiographique.

L'artère carotide interne ne donne pas de branche collatérale au niveau de son segment cervical. Dans son segment pétreux, elle donne l'artère carotido-tympanique. Dans son segment intra-caverneux, elle donne l'artère méningo-hypophysaire. Dans son segment supra-clinoïdien, l'artère ophtalmique qui suit le trajet du nerf optique. Cette artère s'anastomose avec des branches de la carotide externe (artères faciale et méningée moyenne) et donc peut constituer une suppléance à l'occlusion de la carotide interne (il existe alors une inversion du sens de circulation physiologique). Elle donne également naissance à des perforantes¹³ vascularisant le genou de la capsule interne, la partie adjacente du globus pallidus et la partie postérieure de la capsule interne.

L'artère carotide interne donne quatre branches dans son segment supra-clinoïdien :

- A sa face postérieure, l'artère communicante postérieure qui réunit par son trajet antéro-postérieur la carotide interne avec l'artère cérébrale postérieure homolatérale. Cette branche participe au polygone de Willis.
- A sa face postérieure, l'artère choroïdienne antérieure, qui naît à quelques millimètres au dessus de l'émergence de l'artère communicante postérieure.
- L'artère cérébrale moyenne (ou artère sylvienne)
- L'artère cérébrale antérieure

LE SYSTEME VERTEBRO-BASILAIRE

v



Les artères vertébrales naissent des artères sous-clavières au niveau des creux sus-claviculaires.

On leur décrit classiquement quatre segments (V1, V2, V3 et V4).

Elles ont initialement un court trajet dans les creux sus-claviculaires (V1), puis rejoignent les canaux transversaires vertébraux à hauteur de la sixième vertèbre cervicale et y cheminent verticalement (V2). Elles se dégagent des canaux transversaires au niveau de la troisième vertèbre cervicale et contournent en arrière les masses latérales de l'atlas en décrivant une boucle (V3). Elles perforent la dure-mère pour rejoindre les espaces sous-arachnoïdiens de la fosse postérieure au niveau du trou occipital (ou foramen magnum). Dans leur trajet intra-crânien (V4), elles contournent les faces latérales du bulbe et s'anastomosent pour former le tronc basilaire au niveau du sillon bulbo-protubérantiel antérieur.

Elles ont pour collatérale l'artère cérébelleuse postéro-inférieure (PICA) peu avant leur anastomose. Cette artère est responsable de la vascularisation du territoire postérieur du bulbe ainsi que du vermis inférieur et de la partie inférieure des hémisphères cérébelleux.

Le tronc basilaire a un trajet ascendant vertical à la face antérieure de la protubérance dans le sillon basilaire. Au niveau du pédoncule, il donne les deux artères cérébrales postérieures. Il donne les collatérales suivantes dans son trajet :

- l'artère cérébelleuse antéro-inférieure (AICA)
- l'artère cérébelleuse supérieure
- les artères cérébrales postérieures

^v Reconstruction MIP centrée sur l'artère vertébrale droite d'une angio-IRM des vaisseaux du cou en contraste de phase après injection de produit de contraste para-magnétique.

LES VOIES DE SUPPLEANCE ARTERIELLES CAROTIDO-VERTEBRALES

Entre les artères carotides internes et vertébrales, et les nombreuses collatérales de la carotide externe, s'établit un premier système anastomotique pauvre. Les branches de l'artère vertébrale s'unissent dans la nuque à l'artère occipitale, qui est une branche de la carotide externe.

Ce système est rarement efficace pour rétablir l'afflux sanguin lors de l'oblitération du segment cervical de l'artère vertébrale.

LE POLYGONE DE WILLIS

GENERALITES

Le polygone de Willis est le second système anastomotique. Du point de vue fonctionnel il s'agit de loin du plus important.

Il réunit les circulations antérieures et postérieures homo et controlatérales. Il dessine à la base du cerveau un cercle artériel hexagonal anastomosant dans sa portion antérieure le système carotidien droit et gauche avec l'artère communicante antérieure. Il anastomose dans sa portion postérieure le système carotidien et vertébro-basilaire avec l'artère communicante postérieure.

En avant, il est constitué du segment pré-communiquant de l'artère cérébrale antérieure et de la communicante antérieure.

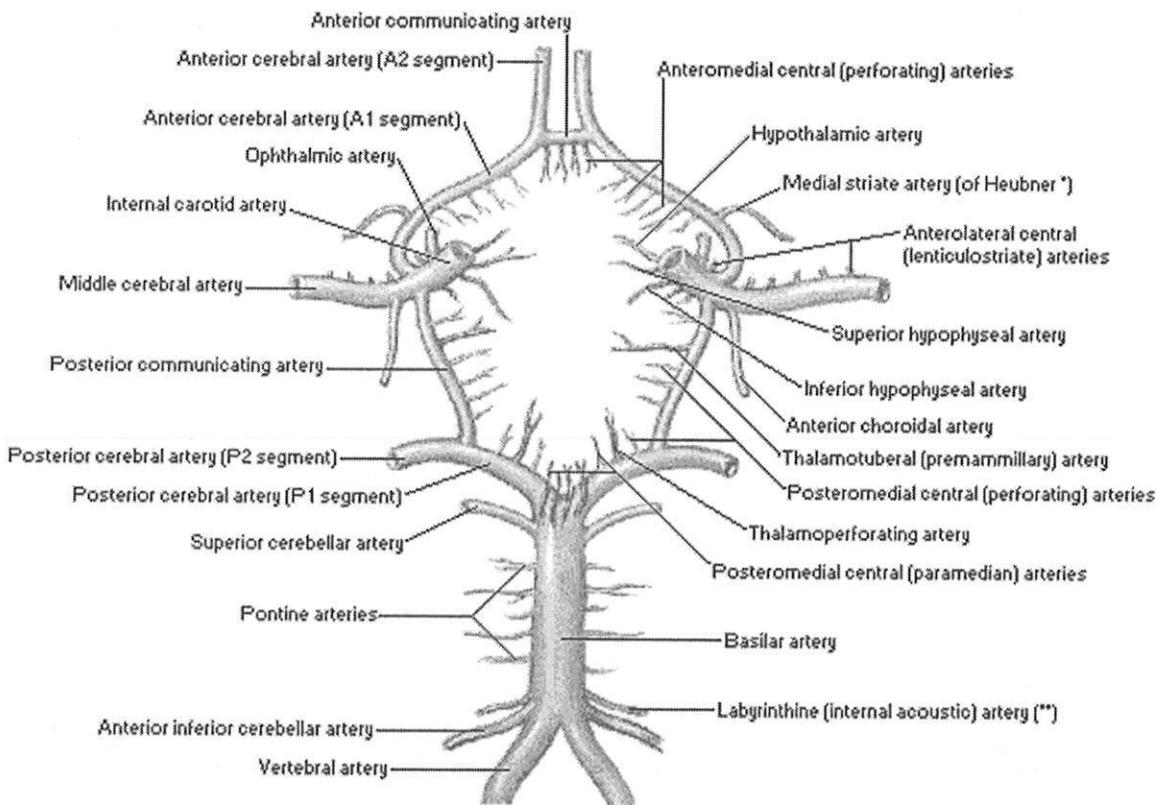
En arrière, il est constitué des artères communicantes postérieures et du segment pré-communiquant des artères cérébrales postérieures.

Ce système anastomotique d'assez gros calibre permet des suppléances en cas de thrombose circulatoire par athérome progressif des gros troncs.

Cependant, la prévalence des polygones de Willis complets (représentant la meilleure capacité de suppléance) est relativement faible (environ 50% des sujets).

Ainsi, de façon commune, un ou plusieurs segments peuvent être atrophiés voire inexistant.

Vue inférieure du polygone de Willis



** most commonly a branch of anterior inferior cerebellar artery
 * most commonly arises distal to anterior communication artery

Schéma d'après J Notter

VARIATIONS DU POLYGONE DE WILLIS ET ISCHEMIE CEREBRALE

Les variations du polygone de Willis sont responsables de contraintes hémodynamiques et d'une diminution des possibilités de suppléance qui concourent à un rôle fragilisant vis-à-vis de l'ischémie cérébrale.

Les travaux de Fetterman¹⁴, Kameyama¹⁵ et Alpers¹⁶ vont en ce sens, ce dernier ayant comparé une série de 194 cerveaux présentant un ramollissement ischémique à 350 cerveaux témoins, indemnes de pathologie vasculaire. Il note un polygone de Willis normal dans 33% des cas contre 52% dans sa série témoin.

Ainsi, le risque d'accident vasculaire cérébral ischémique en cas d'occlusion carotidienne est significativement augmenté lorsque l'artère communicante postérieure homolatérale n'est pas fonctionnelle. Ce risque est probablement augmenté lorsque l'artère communicante antérieure n'est pas fonctionnelle^{17,18}.

VARIATIONS DE LA PARTIE ANTERIEURE DU POLYGONE DE WILLIS

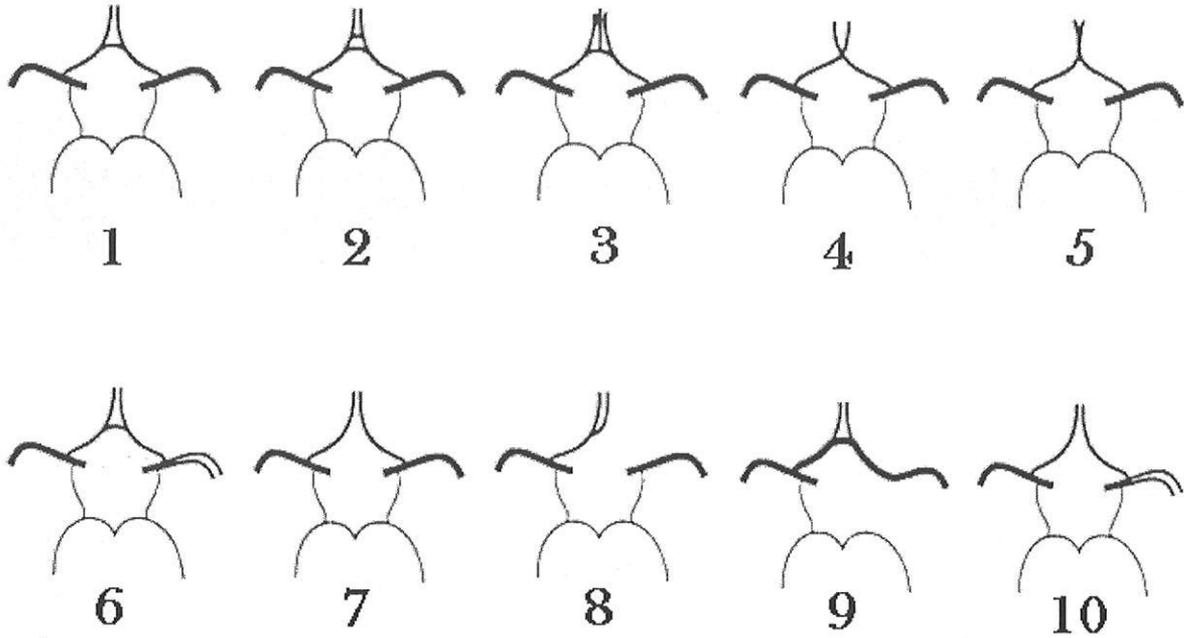


Schéma d'après JA LOTTERIE

- | | |
|---|---|
| 1. Normal | 6. Artère cérébrale moyenne bifide à son origine |
| 2. Deux artères communicantes antérieures | 7. Hypoplasie de l'artère communicante antérieure |
| 3. Artère cérébrale antérieure médiane du corps calleux | 8. Hypoplasie du segment pré-communicant d'une artère cérébrale antérieure |
| 4. Artère cérébrale antérieure unique sur une courte distance | 9. Hypoplasie d'une artère carotide interne |
| 5. Artère cérébrale antérieure unique sur une longue distance | 10. Hypoplasie de l'artère communicante antérieure, artère cérébrale moyenne bifide à son origine |

VARIATIONS DE LA PARTIE POSTERIEURE

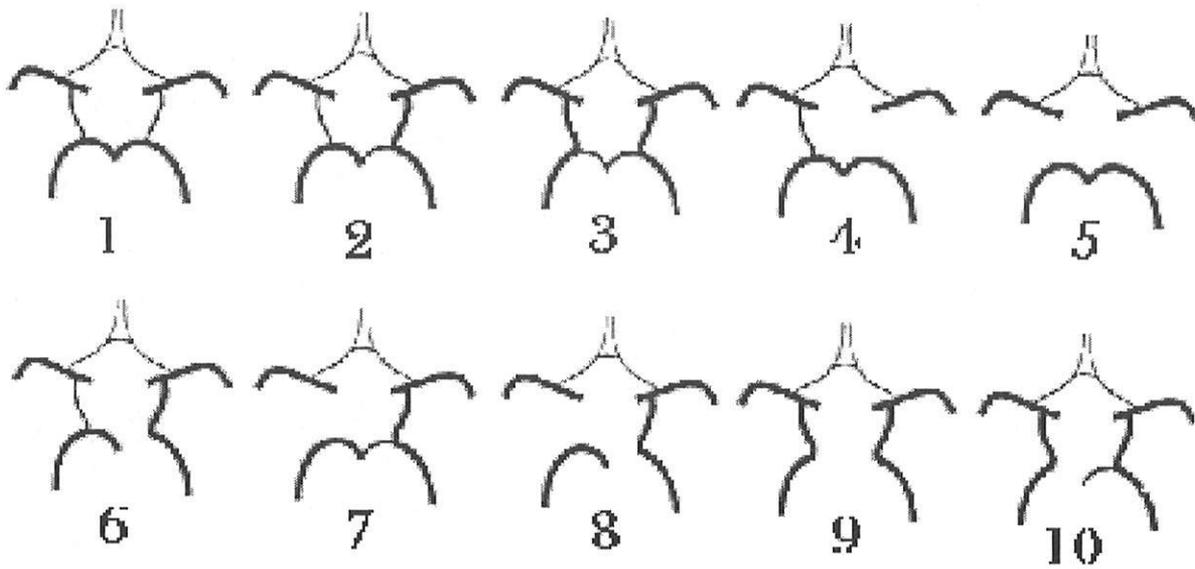
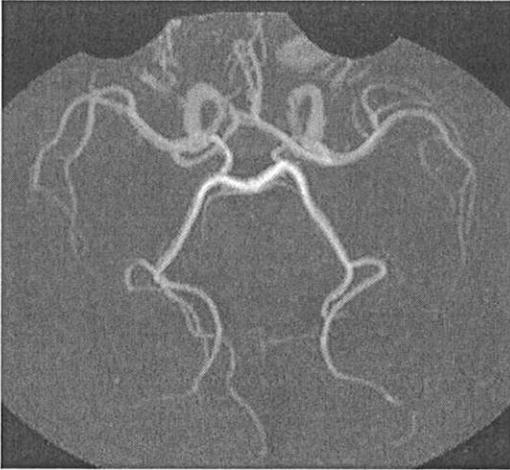


Schéma d'après JA LOTTERIE

- | | |
|---|---|
| <p>1. Normal</p> <p>2. Circulation postérieure unilatérale de type fœtal (prise en charge de l'artère cérébrale postérieure par l'artère carotide interne)</p> <p>3. Circulation postérieure de type foetal bilatérale (prise en charge des artères cérébrales postérieures par les artères carotides internes)</p> <p>4. Une artère communicante postérieure hypoplasique</p> <p>5. Deux artères communicantes postérieures hypoplasiques avec isolement de la circulation antérieure et postérieure</p> | <p>6. Circulation postérieure unilatérale de type fœtal (prise en charge de l'artère cérébrale postérieure par l'artère carotide interne), segment pré-communiquant de l'artère cérébrale postérieure homolatérale hypoplasique</p> <p>7. Circulation postérieure unilatérale de type fœtal (prise en charge de l'artère cérébrale postérieure par l'artère carotide interne), hypoplasie de l'a communicante postérieure controlatérale</p> <p>8. Circulation postérieure unilatérale de type fœtal (prise en charge de l'artère cérébrale postérieure par l'artère carotide interne), hypoplasie de l'a communicante postérieure controlatérale, et segment pré-communiquant de l'artère cérébrale postérieure homolatérale hypoplasique</p> <p>9. Circulation postérieure bilatérale de type fœtal (prise en charge des artères cérébrales postérieures par les artères carotides internes), segments pré-communiquants des artères cérébrales postérieures hypoplasiques</p> <p>10. Circulation postérieure bilatérale de type fœtal (prise en charge des a. cérébrales postérieures par les a. carotides internes), segment pré-communiquant d'une artère cérébrale postérieure hypoplasique</p> |
|---|---|

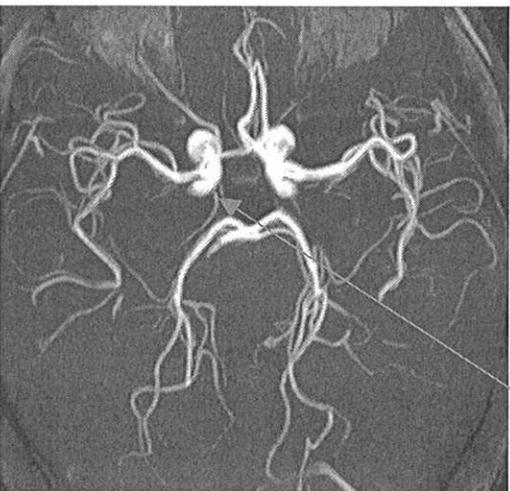
ASPECTS OBSERVES EN ANGIO-IRM



Forme complète du polygone de Willis.

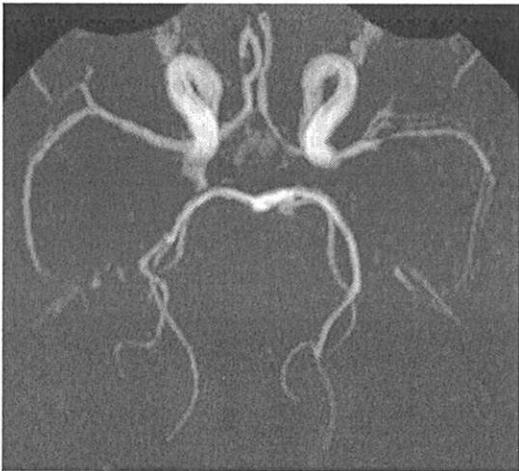


Hypoplasie des deux artères communicantes postérieures



Hypoplasie des artères communicantes postérieures

Artère choroïdienne antérieure



Hypoplasie des artères communicantes postérieures
et de l'artère communicante antérieure



Hypoplasie du segment pré-communicant de
l'artère cérébrale antérieure gauche



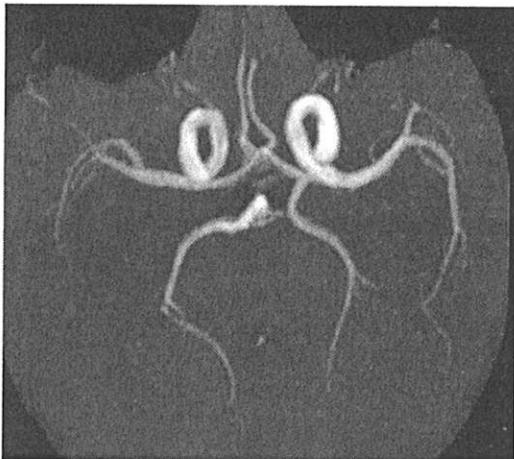
Circulation de type foetal unilatéral à droite



Circulation bilatérale de type fœtal



Circulation de type fœtal à droite avec artère communicante postérieure gauche hypoplasique



Circulation de type fœtal à gauche avec artère communicante postérieure droite hypoplasique

ARTERE TRIGEMINEE

L'artère trigémisée est une artère anastomotique carotido-basilaire inhabituelle¹⁹. Selon les auteurs, la fréquence de cette anomalie est variable avec une moyenne de 0,2%. Elle est le plus souvent de découverte fortuite. Elle doit son nom à ses rapports étroits avec le nerf trijumeau. Exceptionnellement bilatérale, elle naît de la face postérieure de la carotide interne intra-caverneuse, son trajet courbe postérieur chemine par la pointe du rocher par s'anastomoser avec le tronc basilaire, le plus souvent au niveau de son tiers supérieur.

L'artère trigémisée constitue un apport d'origine carotidienne au système basilaire, elle se trouve donc en concurrence avec les deux autres sources d'apports, les artères communicantes postérieures et vertébrales. Ainsi, il existe un rapport inversement proportionnel entre le calibre de l'artère trigémisée, et celui de l'artère communicante postérieure²⁰.

Dans l'observation suivante est découverte de façon fortuite une artère trigémisée gauche avec une artère vertébrale gauche et des artères communicantes postérieures non visibles.



Deux reconstructions MIP montrant un exemple d'artère trigémisée gauche

ANGIO-ARCHITECTURE DES TERRITOIRES ARTERIELS CEREBRAUX

LA CLASSIFICATION SIMPLIFIEE

La vascularisation artérielle cérébrale est divisée en deux systèmes :

- Le système lepto-méningé (également appelé superficiel, ou pial). Il correspond aux branches terminales des artères cérébrales antérieure, moyenne et postérieure, formant un réseau anastomotique à la surface des hémisphères cérébraux, ainsi qu'aux branches terminales des artères méningées.
- Les artères perforantes : provenant directement du polygone de Willis ou de la portion toute proximale de ses efférents, ces artères perforantes assurent la vascularisation des noyaux gris centraux et du diencéphale.

LE SYSTEME SUPERFICIEL

Ses branches irriguent la surface de chaque hémisphère.

Les artères cérébrales antérieures et postérieures pénètrent dans la fissure médiane du cerveau, appliquées contre la face médiale des hémisphères. Leurs branches terminales montent verticalement contre cette face, contournent le sommet de chaque hémisphère, et irriguent le tiers supérieur de la face latérale de l'hémisphère. Par référence somatotopique (homonculus de Penfield), ces régions correspondent à la projection motrice du membre inférieur et du tronc.

Les artères cérébrales moyennes présentent d'abord un premier segment horizontal contre la face inférieure du lobe frontal, puis gagnent la face latérale de l'hémisphère par un trajet sinueux, placé dans le fond de la fosse latérale. Leurs branches terminales ascendantes irriguent le tiers moyen de la face latérale de l'hémisphère. Par référence somatotopique (homonculus de Penfield), ces régions correspondent à

la projection motrice du membre supérieur et de la face (un infarctus cérébral à ce niveau est responsable d'une hémiparésie brachio-faciale).

Les branches terminales descendantes irriguent le tiers inférieur de la face latérale de l'hémisphère (lobe temporal).

LES ARTERES PERFORANTES

- Les artères lenticulo-striées : Elles proviennent, pour la plupart, du premier segment sous-frontal de l'artère cérébrale moyenne. D'autres proviennent de la portion initiale de l'artère cérébrale antérieure. Elles pénètrent dans le cerveau en traversant sa face inférieure et assurent l'irrigation des noyaux gris centraux et de la capsule interne.
- L'artère choroïdienne antérieure et les branches choroïdiennes postérieures : Elles proviennent des artères cérébrales correspondantes. Elles pénètrent dans le cerveau pour se distribuer aux parois des ventricules et aux plexus choroïdes.

ANGIO-ARCHITECTURE DU CORTEX CEREBRAL

Suivant qu'il s'agit de l'archi-, du paléo- ou du néocortex, il existe différents types d'angio-architecture artérielle du cortex cérébral.

L'archicortex est représenté par les formations de l'hippocampe. Son angio-architecture est simple et composée de branches de même taille, disposées en éventail. Elles sont issues principalement des artères choroïdienne antérieure et cérébrale postérieure au niveau du sillon de l'hippocampe.

Le paléocortex est principalement représenté par le noyau amygdalien, qui est irrigué par des branches des artères cérébrale moyenne et choroïdienne antérieure. Son angio-architecture ressemble à celle des noyaux gris centraux : les branches se divisent de façon dichotomique, en rameaux de plus en plus fins.

Le néocortex correspond à la plus grande partie de l'écorce cérébrale et sa vascularisation artérielle dépend des trois grandes artères cérébrales. Du réseau artériel cortico-pie-mérien naissent des branches perpendiculaires, de taille distincte. Les artères corticales courtes, moyennes et longues se terminent dans les différentes couches neuronales du cortex. Les artères médullaires courtes s'étendent jusqu'à la limite du cortex et de la substance blanche, formée par les fibres arquées. Les artères médullaires longues se dirigent vers la paroi ventriculaire. Toutes ces branches se divisent en forme de T en deux terminales et ne s'anastomosent jamais. Les artères corticales sont nettement plus nombreuses que les artères médullaires.

Cette vascularisation de type terminal, c'est-à-dire sans anastomose fonctionnelle avec les artères voisines, implique qu'en cas d'occlusion artérielle ou artériolaire, il n'y a donc pas, en principe, de suppléance possible, et le territoire ischémié est le siège d'une nécrose par ischémie. Ce n'est que dans des dispositions artérielles favorables qui sont rares, qu'il peut exister des anastomoses fonctionnelles permettant une circulation collatérale de suppléance partielle.

ANGIO-ARCHITECTURE DE LA SUBSTANCE BLANCHE

Elle est composée du système artériel périphérique ventriculopète et d'un système artériel central ventriculofuge. Le réseau ventriculopète est formé d'une part par les artères médullaires courtes, qui se terminent dans les fibres arquées, et d'autre part par les artères médullaires longues.

Ces dernières se coudent brusquement à leur sortie de l'écorce et convergent vers la paroi des ventricules latéraux. Elles sont généralement rectilignes et se terminent à quelques millimètres de la paroi ventriculaire.

Le réseau central ventriculofuge est composé dans les lobes frontal et pariétal, par les artères striées latérales, et dans les lobes temporal et occipital par les artères choroïdiennes antérieure et postérieure.

Les branches externes des artères striées latérales traversent la tête et le corps du noyau caudé et se recourbent latéralement à l'angle externe du ventricule latéral pour se terminer en trois ou quatre branches fines, disposées en éventail dans la substance blanche péri-ventriculaire.

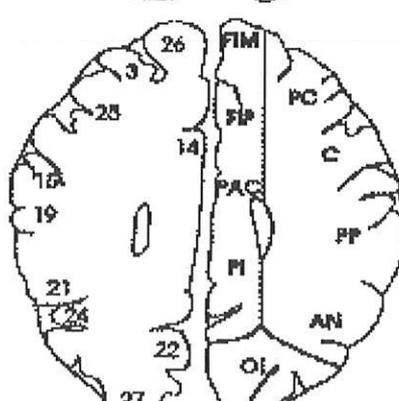
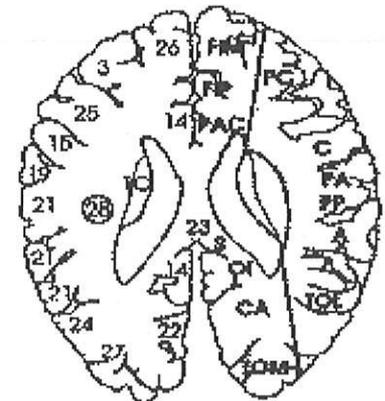
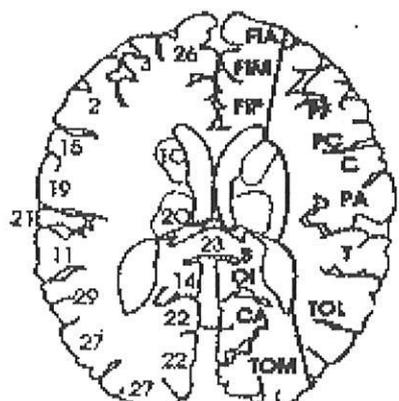
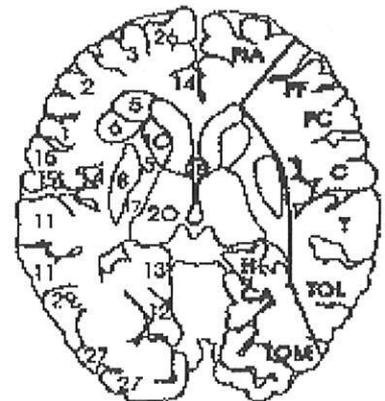
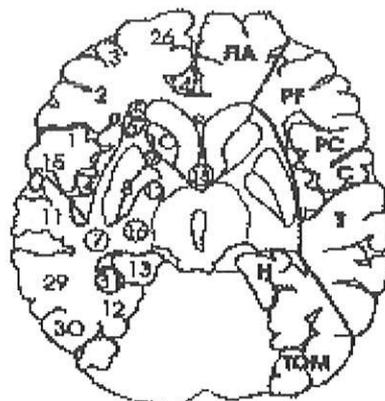
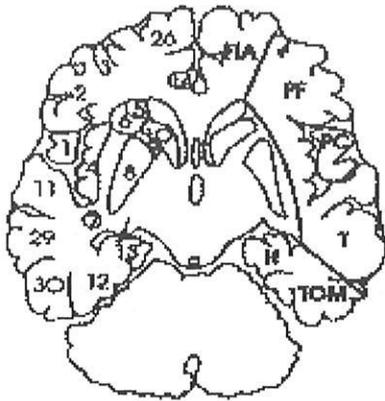
Entre les réseaux artériels, ventriculopète et ventriculofuge, il existe un territoire de « derniers près » dans la substance blanche à quelques millimètres de la paroi des ventricules latéraux.

SCHEMA DES TERRITOIRES VASCULAIRES DES HEMISPHERES CEREBRAUX

Parmi les nombreux atlas publiés dans la littérature au sujet des territoires vasculaires cérébraux à l'étage sus-tentorial, la plupart ne délimitent les trois principaux territoires vasculaires (antérieur moyen et postérieur), sans détailler les territoires présumés des branches de division de ces vaisseaux.

Ci-après sont reproduits deux atlas parmi les plus détaillés établis par Bogousslavsky et Ringelstein.

TABLES DE BOGOUSLAVSKY



Artère cérébrale moyenne

- PF : artère pré-frontale
- PC : artère pré-centrale
- C : artère centrale
- PA : artère pariétale antérieure
- PP : artère pariétale postérieure
- T : artères temporales
- TOL : artère temporo-occipitale latérale
- A : artère du gyrus angulaire

Artère cérébrale antérieure :

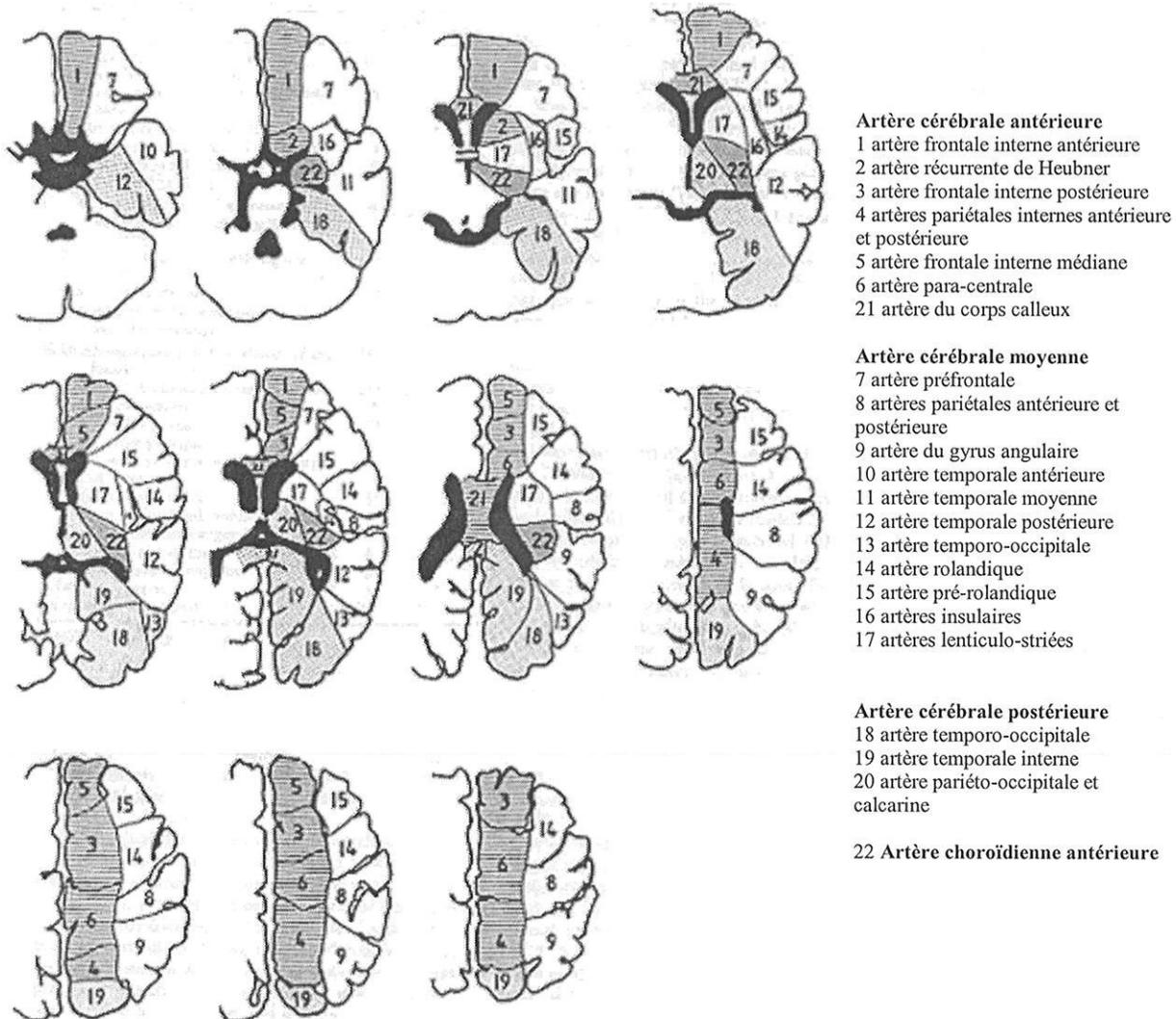
- FIA : artère frontale interne antérieure
- FIM : artère frontale interne moyenne
- FIP : artère frontale interne postérieure
- PAC : artère para-centrale
- PI : artère pariétale interne

Artère cérébrale postérieure :

- H : artère hippocampique
- TOM : artère temporo-occipitale médiale
- S : artère spléniale
- OI : artère occipitale interne
- CA : artère calcarine

TABLES DE RINGELSTEIN

En 1989, Ringelstein et al.²¹ publient un schéma synthétique des territoires vasculaires cérébraux représentés sur des coupes axiales de scanner, résumant les divers articles alors publiés à ce sujet^{22,23,24,25}.



Les territoires vasculaires cérébraux selon Ringelstein

D'après Computed Tomographic Patterns of Proven Embolic Brain Infarction – Ringelstein EB – Koschorke S, Holling A – Ann Neurol. 1989;26:759-765

L'ARTERE CEREBRALE ANTERIEURE

GENERALITES

On décrit deux segments²⁶ à l'artère cérébrale antérieure. Le segment pré-communicant (A1) où elle a un trajet horizontal à la face inférieure du cerveau. A l'entrée du sillon inter-hémisphérique, elle s'anastomose avec l'artère cérébrale antérieure controlatérale par l'intermédiaire de l'artère communicante antérieure qui participe au polygone de Willis.

L'artère communicante antérieure donne naissance à des artères perforantes^{27, 28} relativement constantes et séparées en trois groupes (artères hypothalamique, sous-calleuse et médio-calleuse). Son territoire vasculaire comporte la partie antérieure de l'hypothalamus, le septum pellucidum, une partie de la commissure antérieure et du fornix, le gyrus para-terminal, et de façon variable, la région sous-calleuse, la partie antérieure du corps calleux, et le gyrus cingulaire.

Dans son segment post-communicant (A2), l'artère cérébrale antérieure a un trajet vertical dans le sillon inter-hémisphérique et atteint le bec du corps calleux. Son trajet suit le bord supérieur du corps calleux où elle constitue l'artère péri-calleuse. Elle se termine en s'anastomosant avec l'artère péri-calleuse postérieure.

Le plus souvent depuis son segment A2 (78% des cas selon Permutter), elle donne l'artère récurrente de Heubner qui est responsable de la vascularisation de la tête du noyau caudé, ainsi que de la partie antérieure du genou de la capsule interne. Son territoire cortical inconstant s'étend du bulbe olfactif et au cortex frontal.

Dans son trajet A2, elle abandonne des collatérales corticales:

- Artère frontale interne antérieure (ou artère fronto-polaire)
- Artère récurrente de Heubner
- Artère calloso-marginale qui abandonne des branches frontales internes moyennes et postérieures ainsi qu'une branche destinée au lobule paracentral.

- Artère péri-calleuse qui abandonne des branches pariétales internes supérieures et inférieures

Les artères corticales s'anastomosent entre elles, avec les branches corticales de l'artère cérébrale moyenne (anastomoses piales cortico-pie-mériennes). Elles sont responsables de la vascularisation de la face interne du lobe frontal (pôle frontal compris) et des 2/3 antérieurs de la face interne du lobe pariétal. Les branches profondes ont une vascularisation de type terminal.

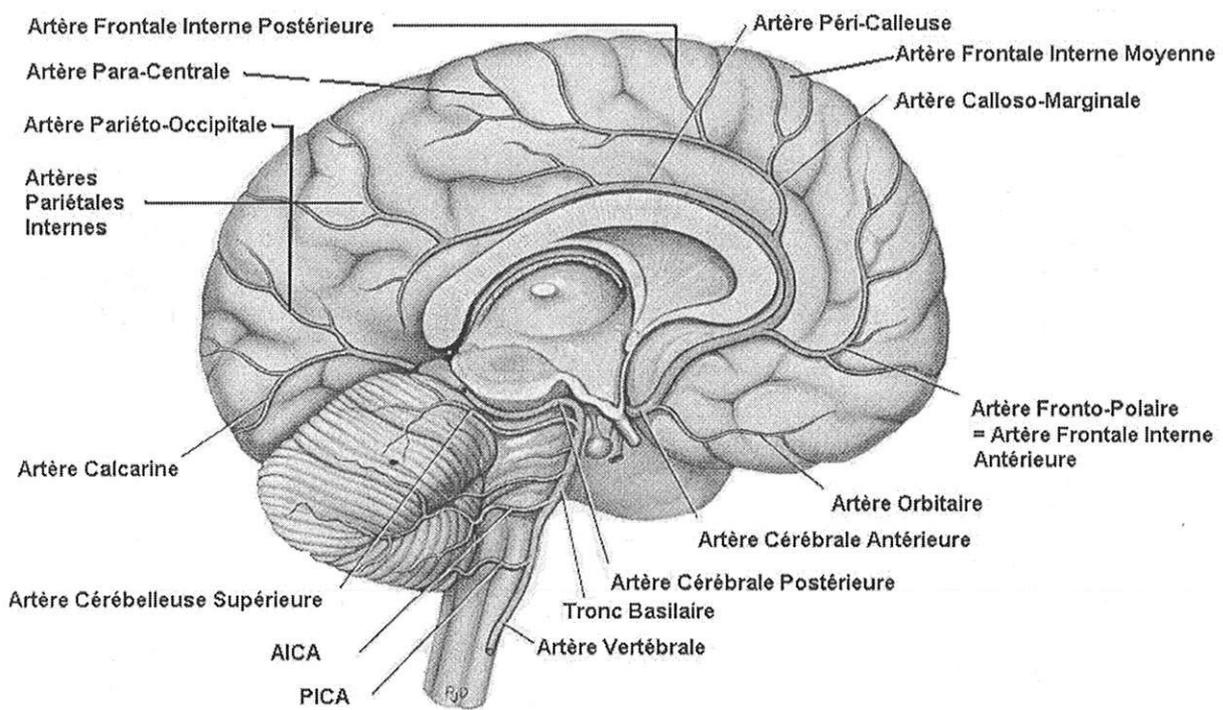
Les branches profondes de l'artère cérébrale antérieure²⁹ sont divisées en deux groupes : il existe d'une part des branches profondes qualifiées de directes, qui prennent naissance au niveau du segment A1, et d'autre part l'artère récurrente de Heubner qui prend le plus souvent naissance au niveau du segment A2.

Ces artères assurent la vascularisation des parties antérieure et inférieure de la tête du noyau caudé, et du bras antérieur de la capsule interne, mais également les parties adjacentes du putamen et du globus pallidus, les gyrus sous-calleux, et rectus, ainsi que la partie médiane de la commissure antérieure.

Le segment distal de l'artère cérébrale antérieure appelé artère péri-calleuse donne naissance aux branches corticales et calleuses. Les branches calleuses vascularisent le rostrum, le genou ainsi que le splenium du corps calleux. A leur partie postérieure, elles sont anastomosées avec les branches de l'artère péri-calleuse postérieure issue de l'artère cérébrale postérieure.

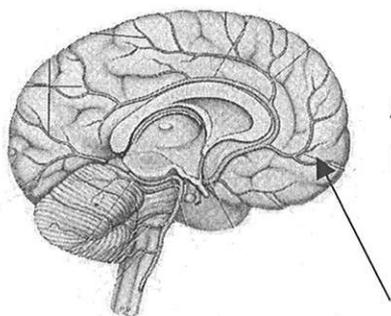
Dans la configuration la plus fréquente les aires corticales vascularisées par l'artère cérébrale antérieure sont la surface médiale de l'hémisphère s'étendant latéralement au sillon frontal supérieur, le sillon pariéto-occipital en étant la limite postérieure.

SCHEMA DES BRANCHES DE DIVISION DE L'ARTERE CEREBRALE ANTERIEURE



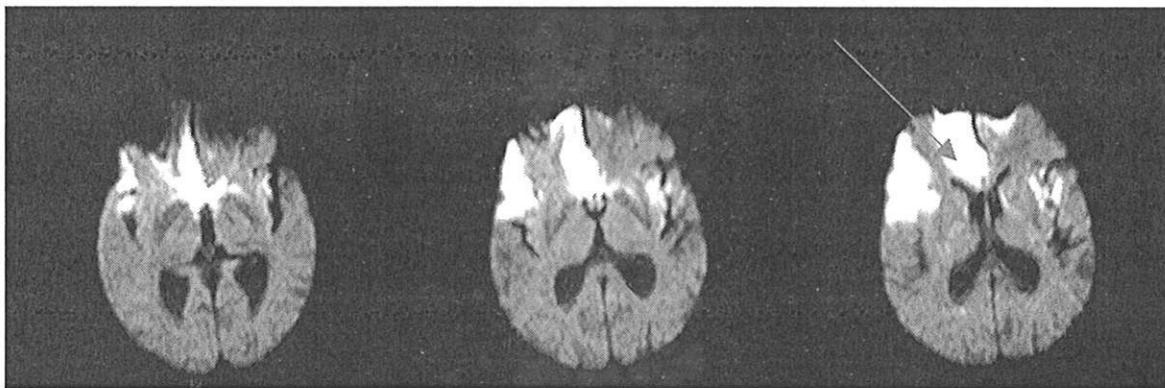
(Schéma d'après Carpenter)

TERRITOIRES DE L'ARTERE CEREBRALE ANTERIEURE



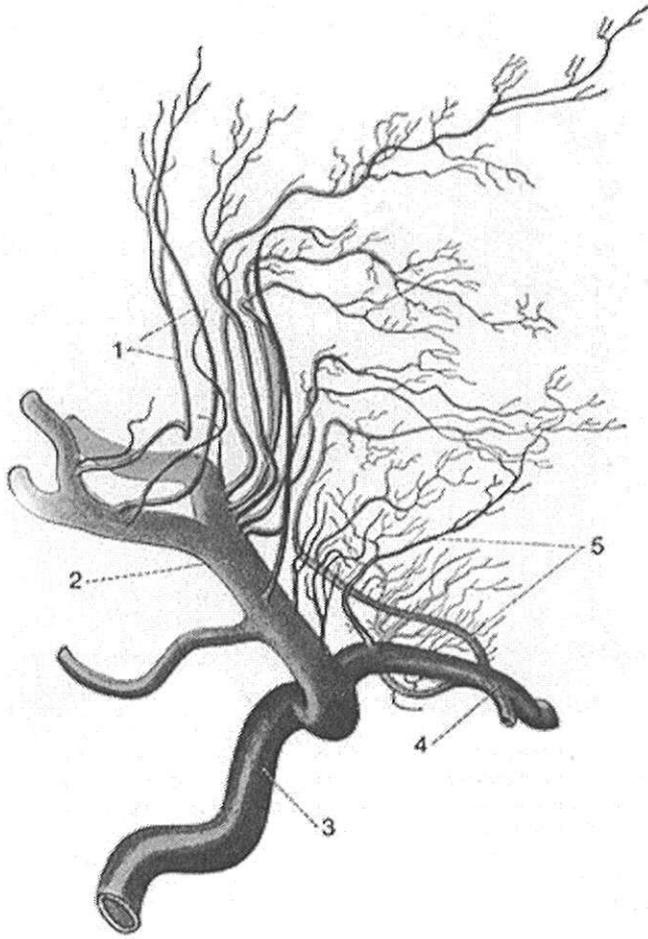
Artère Frontale Interne Antérieure (ou Artère Fronto-Polaire)

Son territoire est essentiellement la face inférieure du pôle antérieur du lobe frontal.



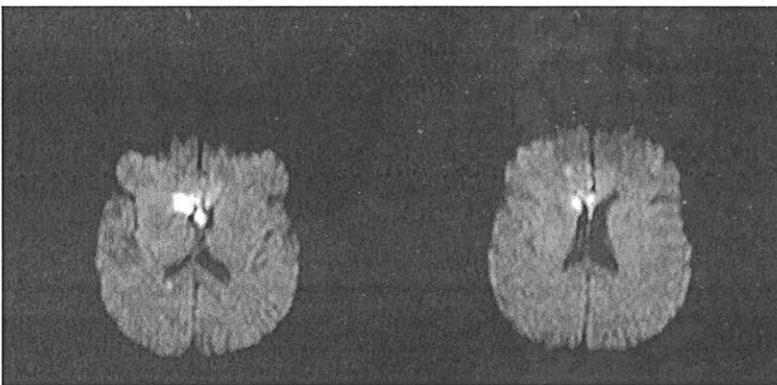
Infarctus étendu intéressant à la fois le territoire de l'artère frontale interne antérieure droite (flèche), mais également le territoire temporal antérieur droit et dans une moindre mesure la région insulaire gauche.

Artère récurrente de Heubner



- 1 Artères Insulaires
- 2 Artère cérébrale Moyenne
- 3 Artère Carotide Interne
- 4 Artère Cérébrale Antérieure
- 5 Artère récurrente de Heubner

(Schéma d'après Ferner)

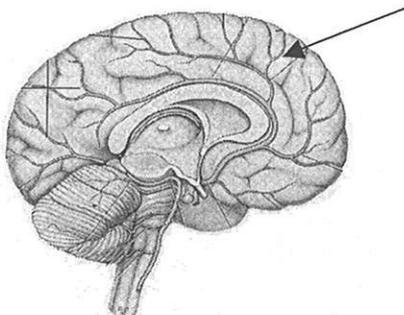


Atteinte associant la tête du noyau caudé et le cortex frontal inférieur dans la région du bulbe olfactif. A noter un discret hypersignal du corps calleux traduisant une atteinte associée de l'artère pericalleuse.



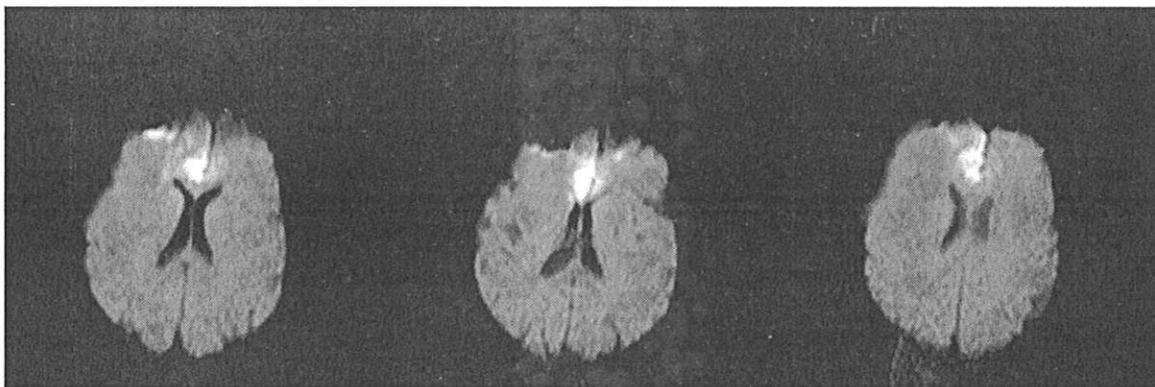
Ischémie dans le territoire de l'artère récurrente de Heubner à droite localisée à la tête du noyau caudé.

Artère Calloso-Marginale

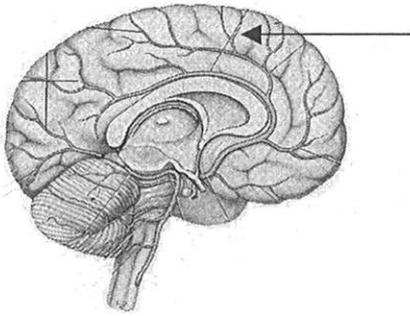


- Branche Frontale Interne Moyenne

Son territoire est essentiellement celui du gyrus frontal interne médial

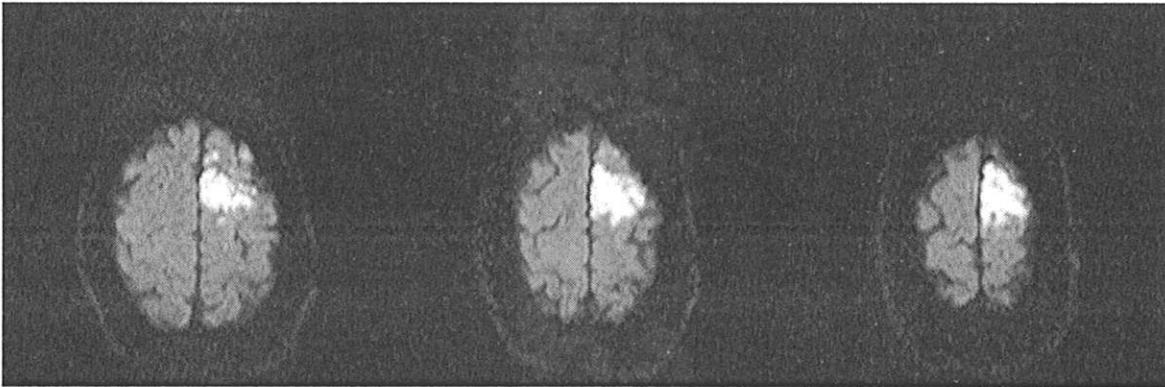


Ischémie dans le territoire de l'artère frontale interne médiane droite

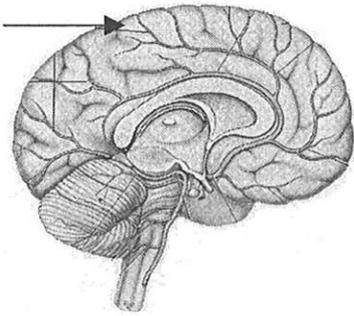


- Branche Frontale Interne Postérieure

Son territoire s'étend depuis la corne frontale du ventricule latéral, en arrière sur le versant interne du lobe frontal jusqu'en regard de la circonvolution frontale inférieure.

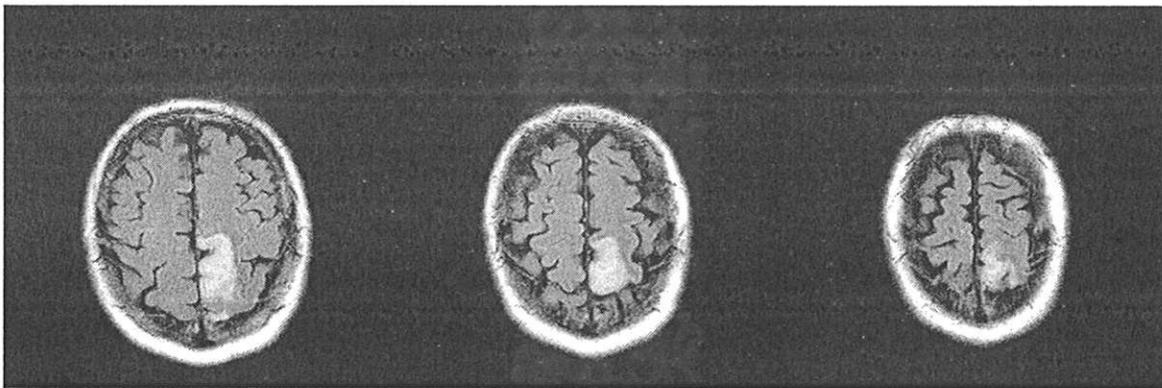


Ischémie dans le territoire de l'artère frontale interne postérieure gauche

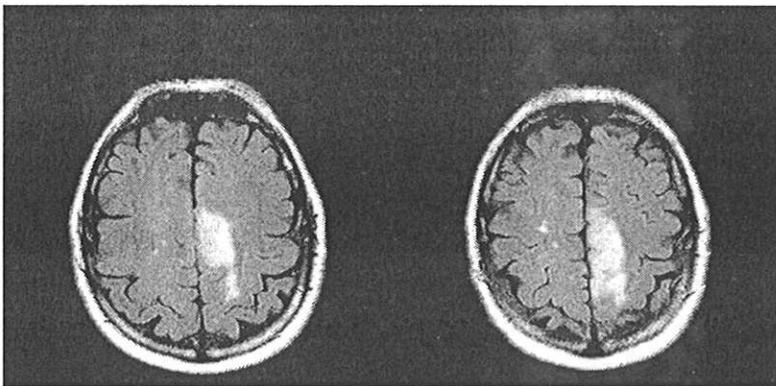


- Branche Para-Centrale

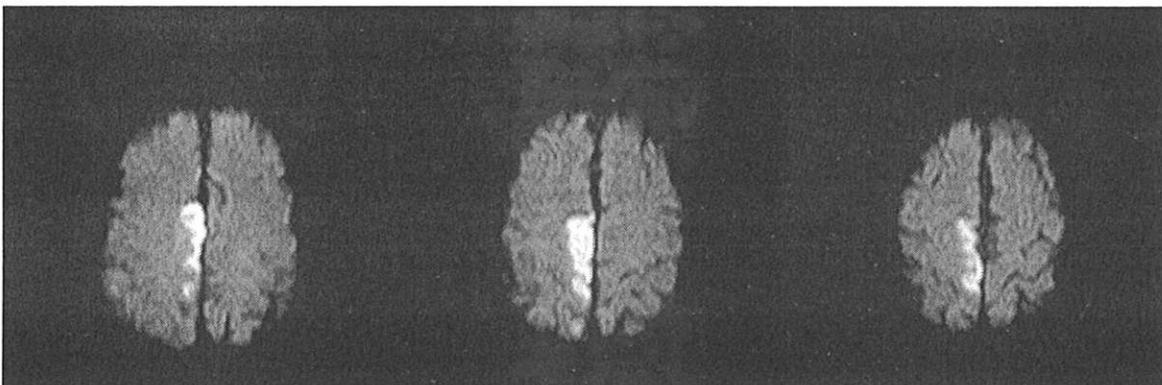
Son territoire vasculaire est essentiellement constitué par le lobule para-central.



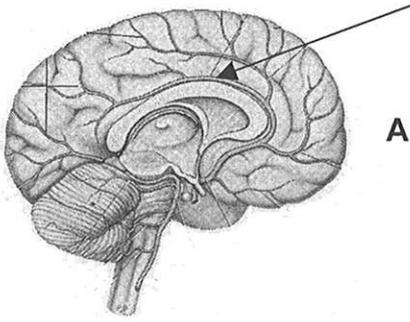
Ischémie dans le territoire de l'artère para-centrale gauche



Ischémie dans le même territoire touchant le lobule para-central gauche

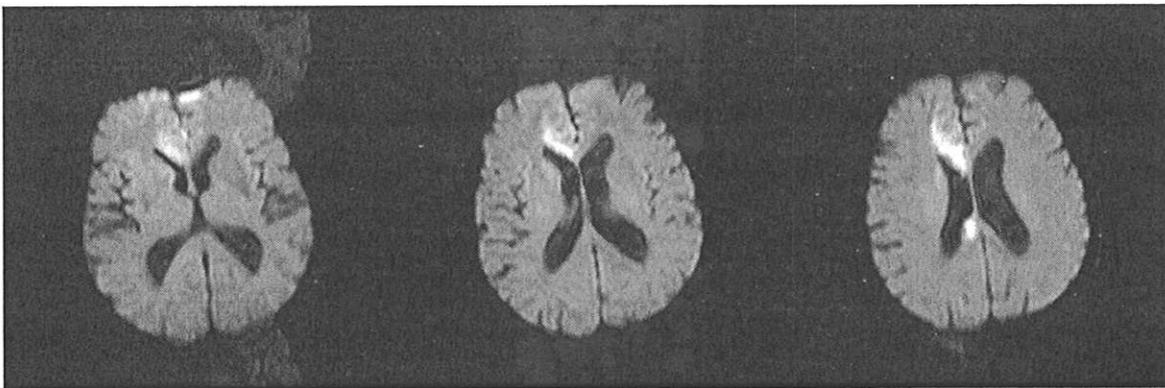


Ischémie dans le territoire de l'artère para-centrale droite

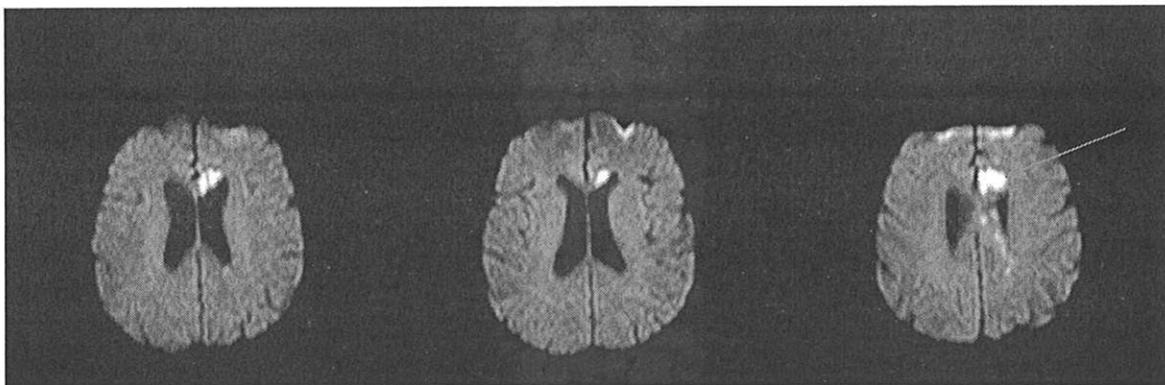


Artère Péri-calleuse

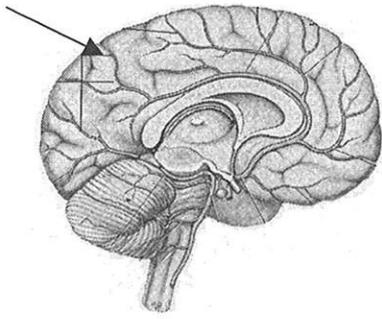
L'artère cérébrale antérieure se termine en artère péri-calleuse, qui cheminant au contact du corps calleux assure sa vascularisation par des branches perforantes. Dans sa partie distale, elle s'anastomose avec des branches péri-calleuses postérieures issues de l'artère cérébrale postérieure.



Ischémie étendue du corps calleux

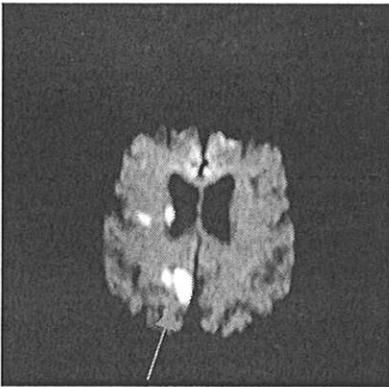


Ischémie du genou du corps calleux et du gyrus cingulaire gauche (flèche)



- Branche Pariétale Interne

Branche de l'artère péri-calleuse, il s'agit du territoire le plus distal de l'artère cérébrale antérieure en regard du gyrus post-central, au niveau du versant interne du lobe pariétal.



Ischémie dans le territoire de l'artère pariétale interne droite (flèche)

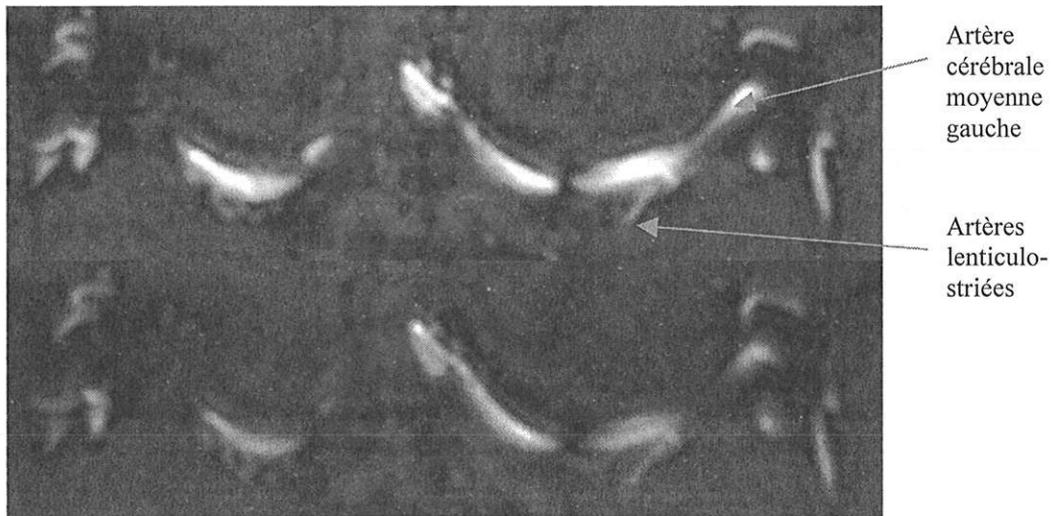
L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE

GENERALITES

C'est la plus volumineuse et la plus complexe des artères cérébrales. Elle naît de la terminaison carotidienne, en poursuivant de façon harmonieuse la carotide interne.

L'artère cérébrale moyenne décrit grossièrement une courbe à concavité postéro-médiane. On distingue selon la classification de Fischer^{30,31}

- Un segment basal ou sphénoïdal (M1) qui s'étend de l'origine à l'entrée dans la vallée sylvienne au niveau du limen insulae. Dans ce segment, l'artère cérébrale moyenne se dirige latéralement sous l'espace perforé antérieur et donne ses branches à destination centrale (branches profondes lenticulo-striées internes et externes³²). Ces branches assurent la vascularisation de la partie supérieure de la tête et du corps du noyau caudé, la partie latérale du globus pallidus, le putamen, la moitié postérieure de la capsule interne et la moitié latérale de la commissure antérieure.



Origine des artères lenticulo-striées

(Coupes axiales natives d'une angio-IRM passant par le segment M1 des artères cérébrales moyennes et montrant l'origine des artères lenticulo-striées)

- Un segment insulaire (M2) : l'artère cérébrale moyenne fait alors un angle de près de 90° pour pénétrer dans la vallée sylvienne qu'elle parcourt

d'avant en arrière, appliquée contre la partie inférieure de l'insula. Ce segment M2 est le siège normal de naissance des branches corticales.

- Les segments M3 operculaire et M4 cortical correspondent au trajet de ces différentes branches.

Au niveau de son segment insulaire, l'artère cérébrale moyenne se divise en deux troncs, ascendant et descendant dans 70% des cas (elle est tripode dans 30% des cas).

Le tronc ascendant donne les branches corticales suivantes:

- Artère pré-frontale
- Artère pré-centrale (ou artère pré-rolandique)
- Artère centrale (ou artère rolandique)
- Artères pariétales antérieure et postérieure
- Artère du pli courbe (ou artère du gyrus angulaire)
- Artère insulaire

Le tronc descendant donne les branches corticales suivantes:

- Artère temporale antérieure
- Artère temporale postérieure (ou artère temporo-occipitale latérale)

L'artère terminale de la cérébrale moyenne est constituée par l'artère du gyrus angulaire.

Les artères lenticulo-striées ont un mode de vascularisation terminal et ne s'anastomosent pas. Il n'existe donc pas de suppléance au niveau des branches profondes. Les branches internes sont responsables de la vascularisation du pallidum externe alors que les branches externes vascularisent le putamen, le bras antérieur de la capsule interne (parfois le genou de la capsule interne), et le noyau caudé.

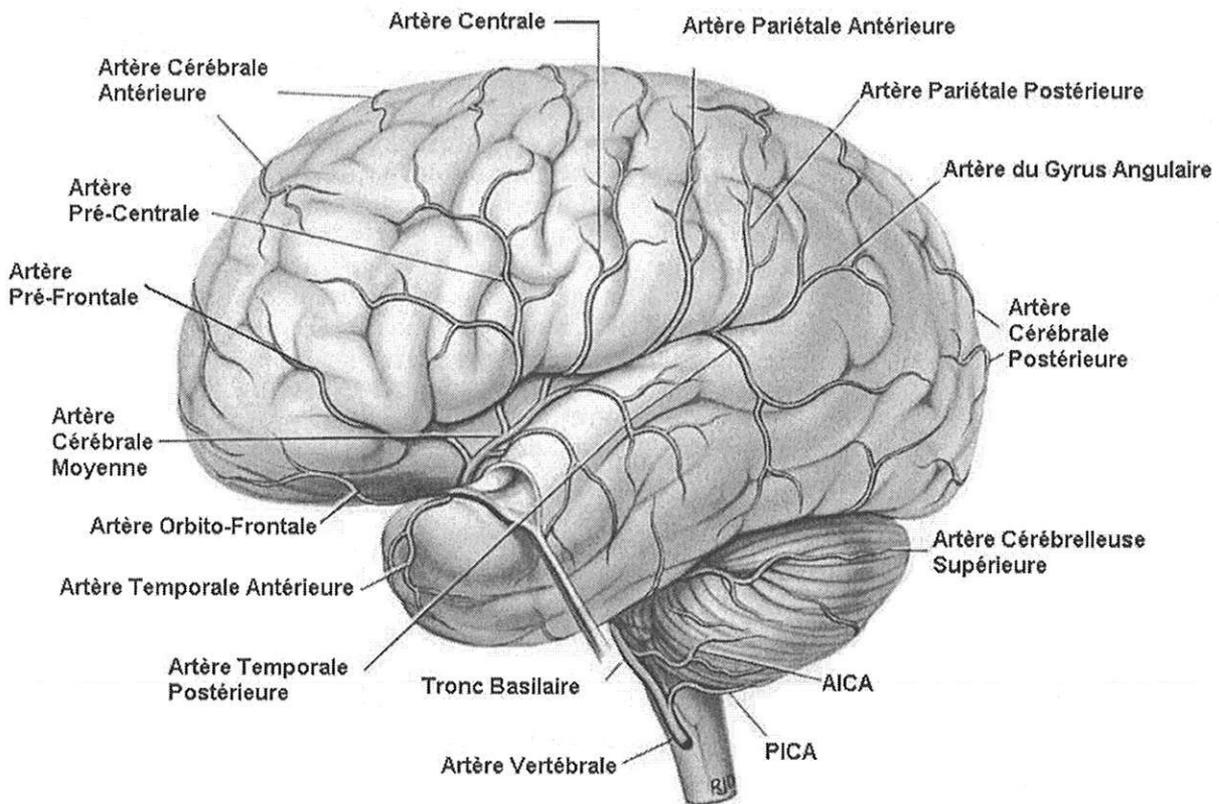
Les artères corticales s'anastomosent entre elles et avec les branches corticales des artères cérébrales antérieure et postérieure (anastomoses piales cortico-pie-

mériennes). Elles sont responsables de la vascularisation des 4/5^{èmes} externes du cortex cérébral et du centre semi-ovale par leurs branches médullaires profondes.

En effet, les branches lepto-méningées de l'artère cérébrale moyenne prennent naissance au niveau de la vallée sylvienne, et forment le segment M4. Leur territoire vasculaire le plus fréquent, est délimité au niveau de la surface latérale de l'hémisphère, par le sillon frontal supérieur, le sillon intra-pariétal et le gyrus temporal inférieur. Sur la face inférieure de l'hémisphère, le territoire vasculaire est habituellement délimité par le gyrus orbital latéral.

Selon les variations interindividuelles, le territoire vasculaire sera au maximum étendu à l'ensemble de la surface latérale de l'hémisphère, atteignant la fissure inter-hémisphérique, et sera au minimum confiné entre les sillons temporal supérieur et frontal inférieur.

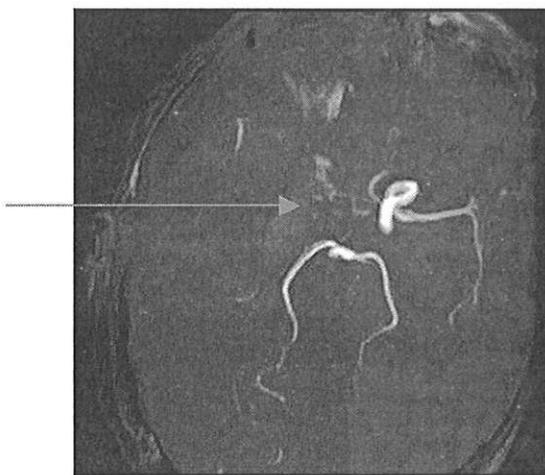
SCHEMA DES BRANCHES DE DIVISION DE L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE



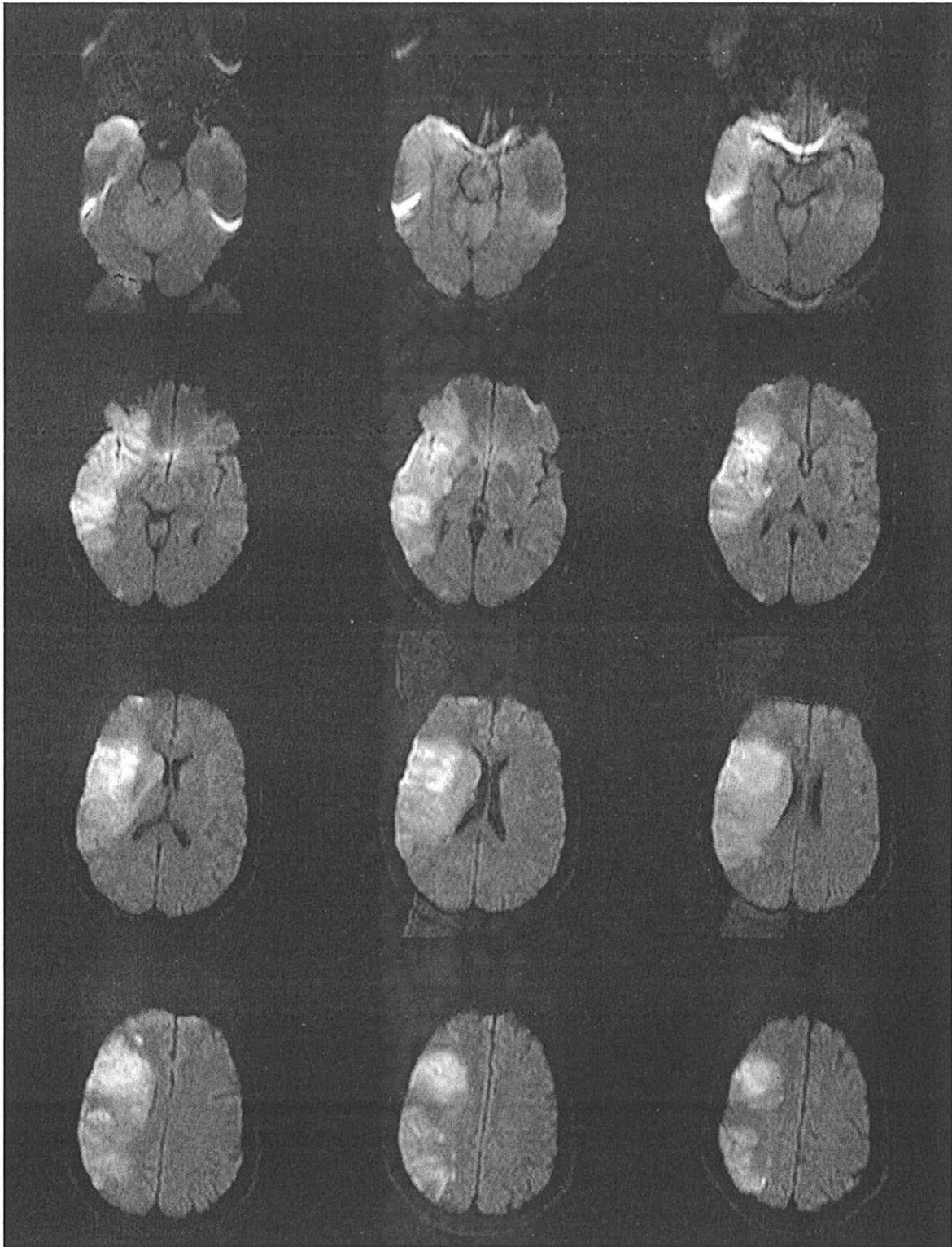
(Schéma d'après Carpenter)

ILLUSTRATION DU TERRITOIRE VASCULAIRE DE L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE

Thrombose de l'artère carotide interne droite responsable d'un AVC intéressant la totalité du territoire sylvien (superficiel et profond)

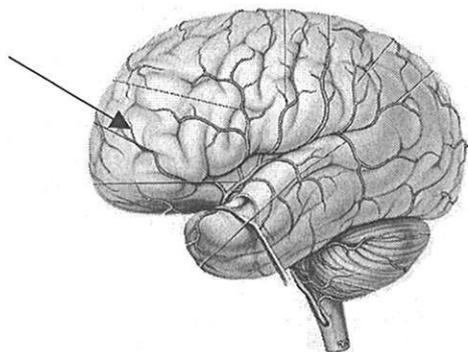


Reconstructions en MIP d'une séquence d'angio-IRM en temps de vol sur le polygone de Willis et en contraste de phase sur les troncs supra-aortiques montrant une thrombose de l'artère carotide interne droite (flèches).



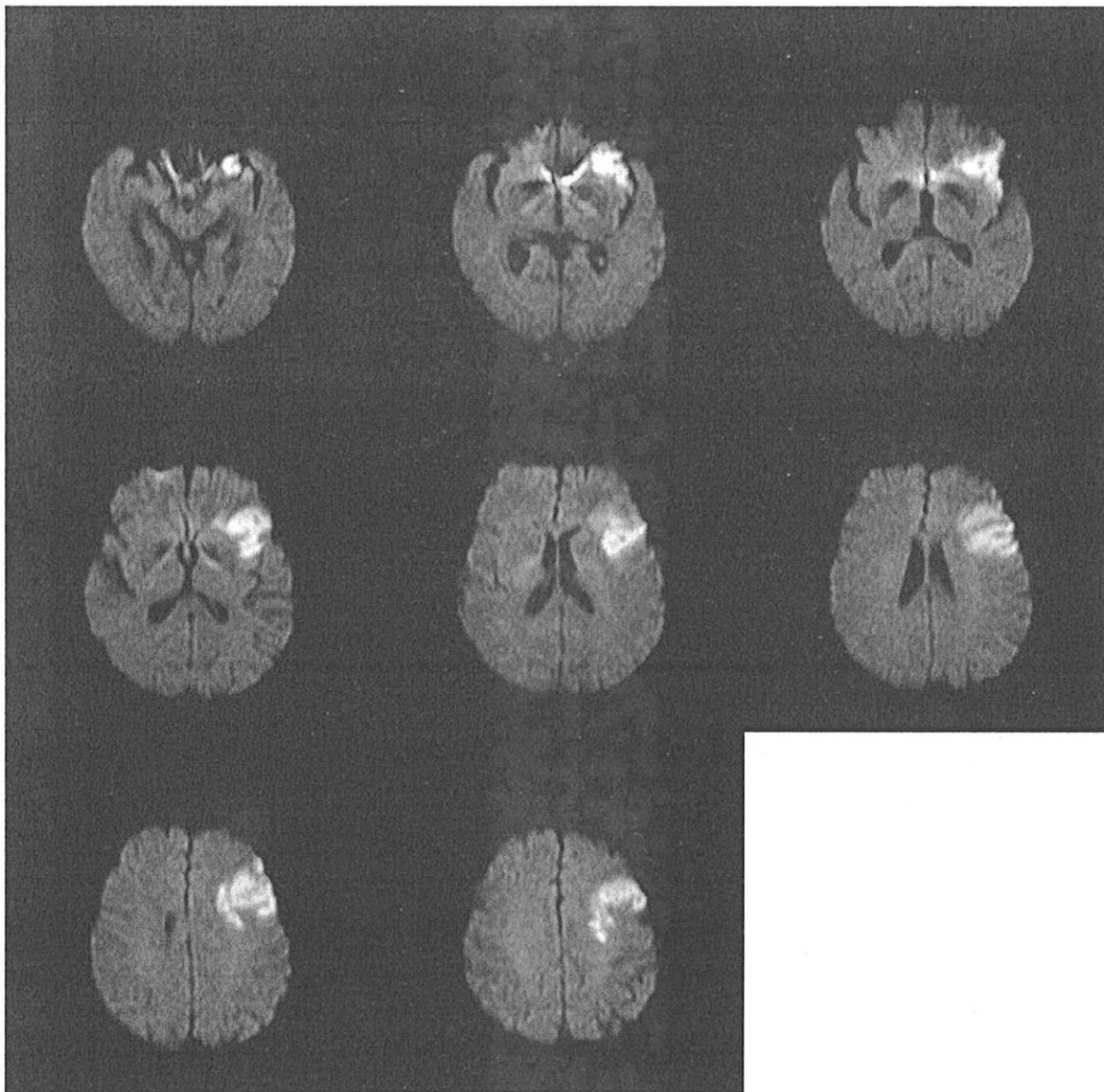
Chez le même patient, l'imagerie de diffusion montre une ischémie intéressant la totalité du territoire sylvien superficiel.

TERRITOIRES SUPERFICIELS DE L'ARTERE CEREBRALE MOYENNE

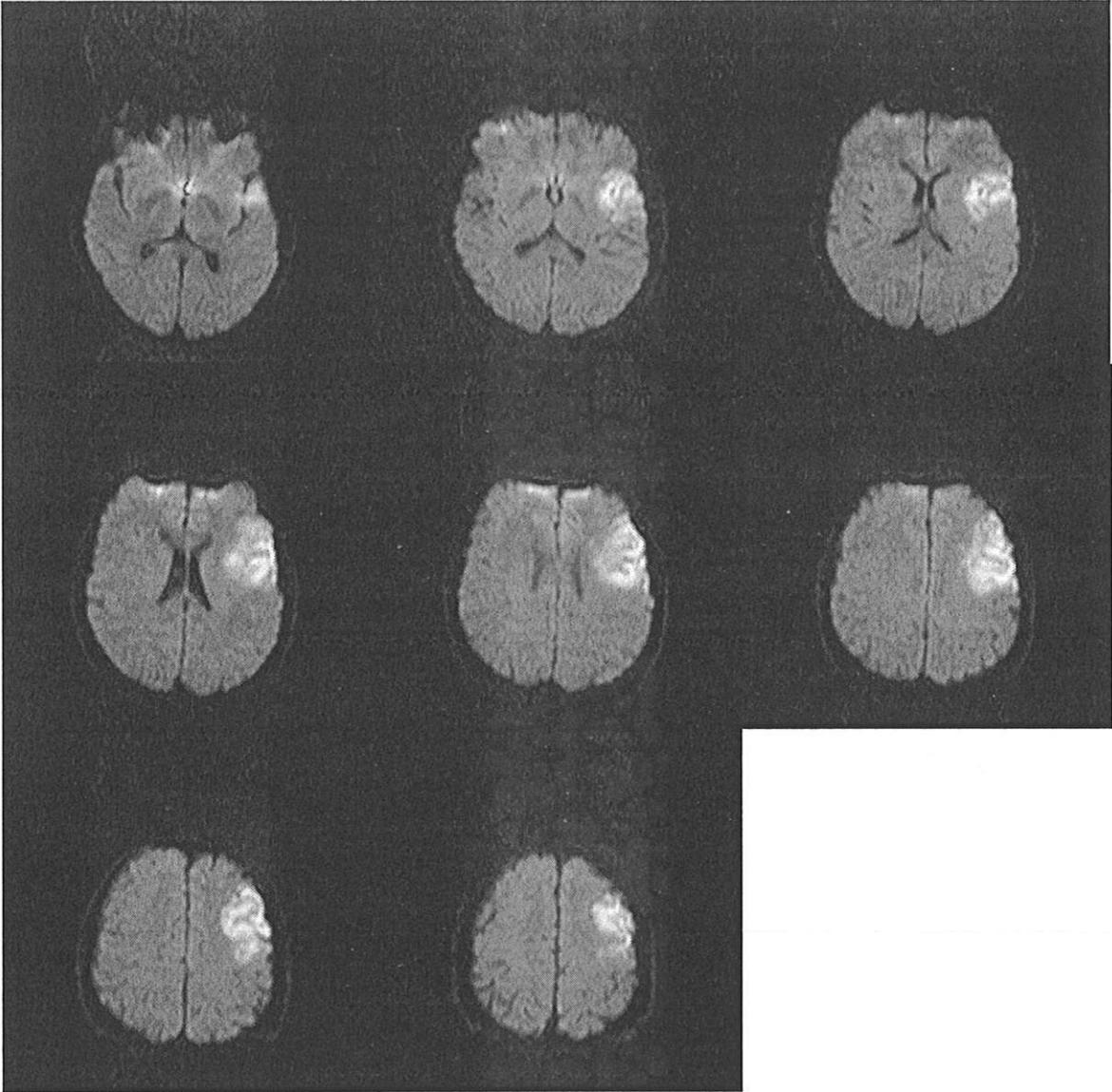


Artère Pré-Frontale

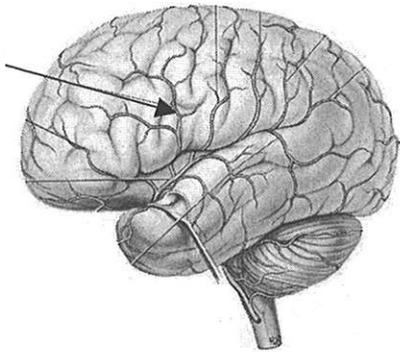
Elle suit à la face externe de l'hémisphère un trajet variable en avant du sillon pré-rolandique. Elle vascularise la face externe de la deuxième circonvolution frontale.



Ischémie dans le territoire de l'artère pré-frontale gauche

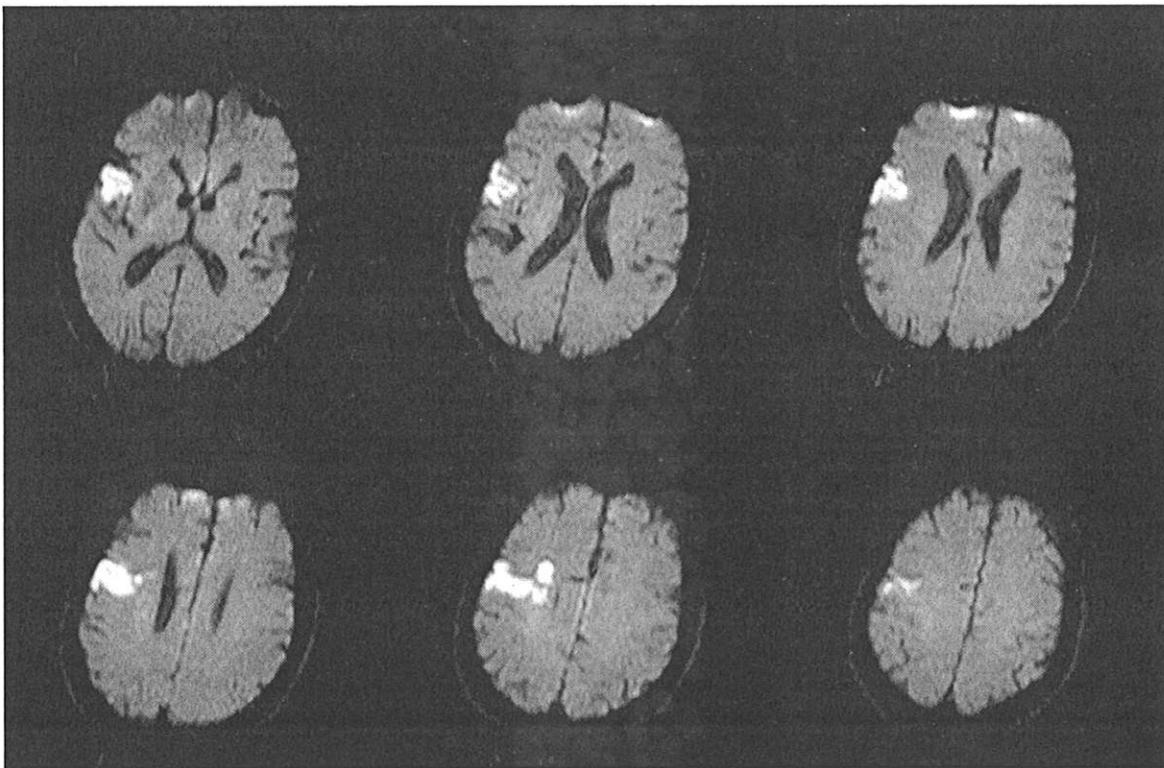


Autre cas de ramollissement ischémique dans le territoire de l'artère pré-frontale gauche

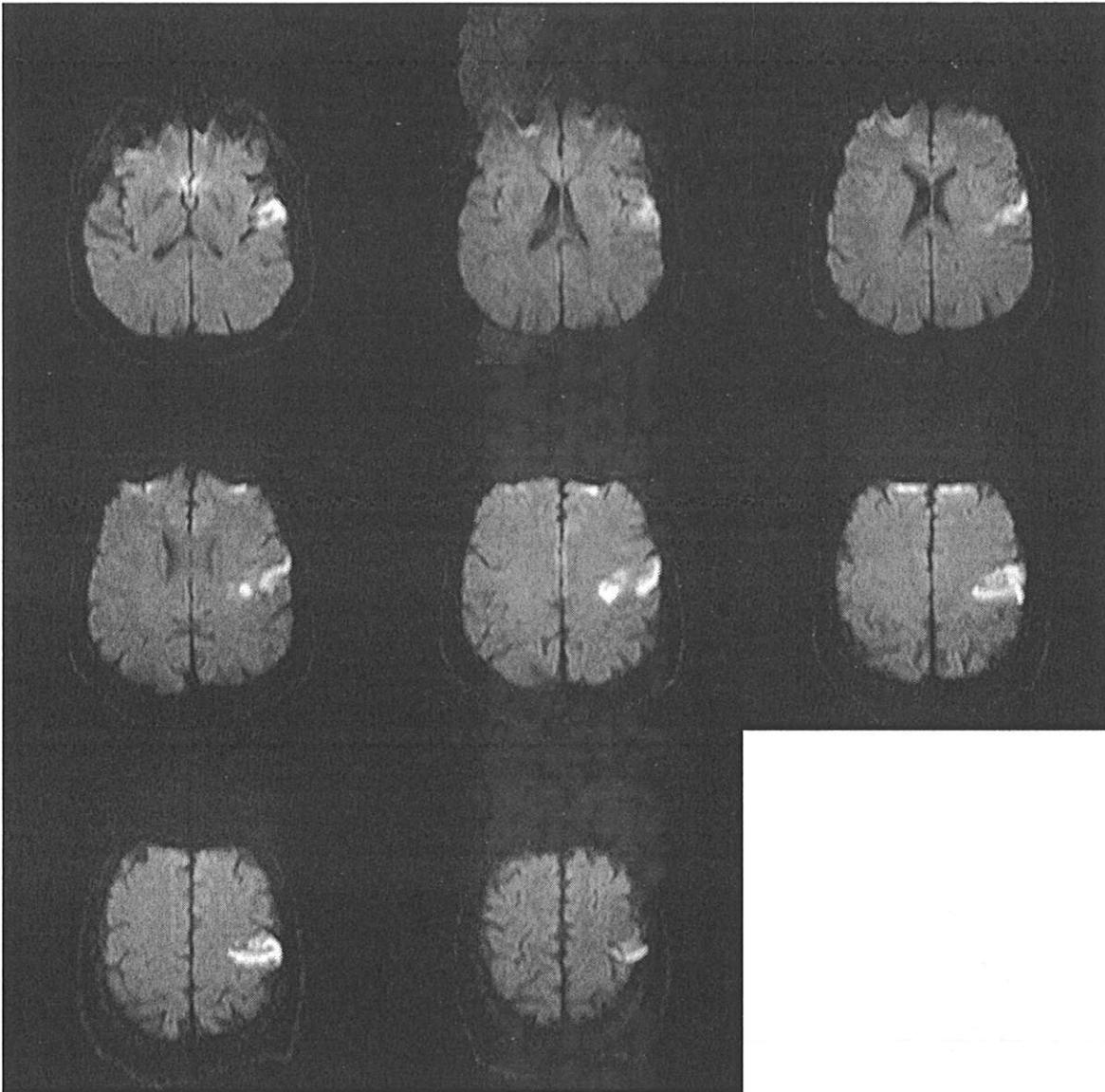


Artère Pré-Centrale (ou Artère Pré-Rolandique)

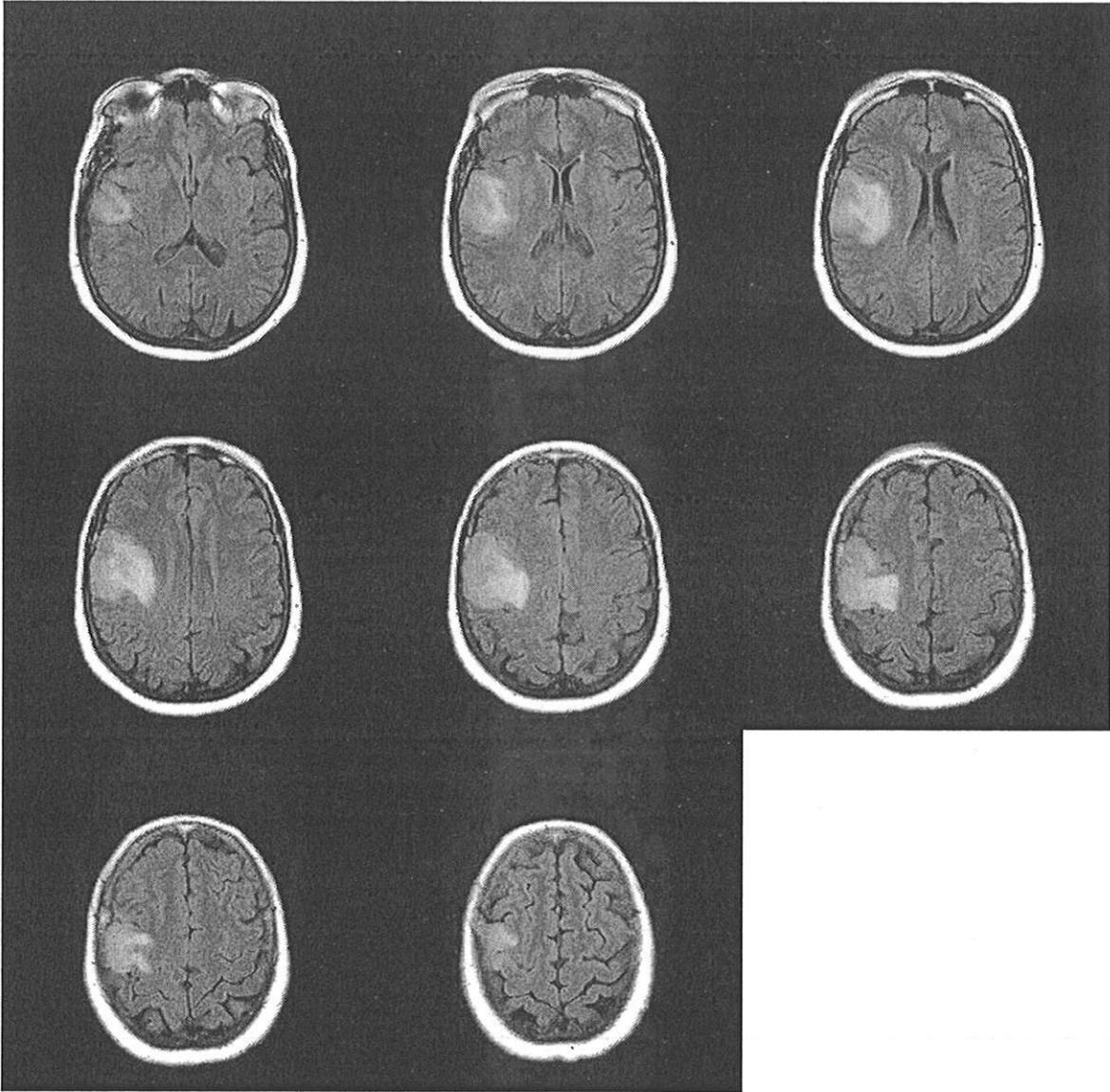
Son trajet est situé entre les sillons pré-rolandique et rolandique. Elle vascularise la partie la plus postérieure des deuxième et troisième circonvolutions frontales, et participe à la vascularisation de la région rolandique.



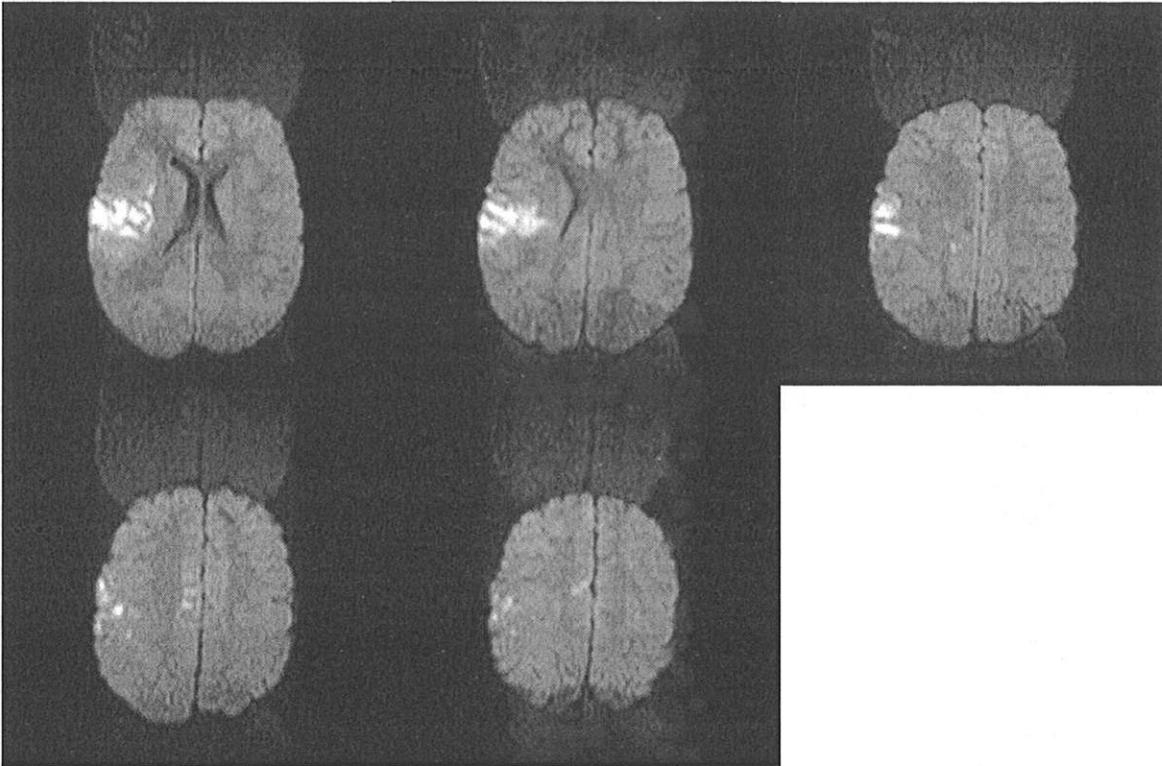
Ischémie dans le territoire de l'artère pré-rolandique droite



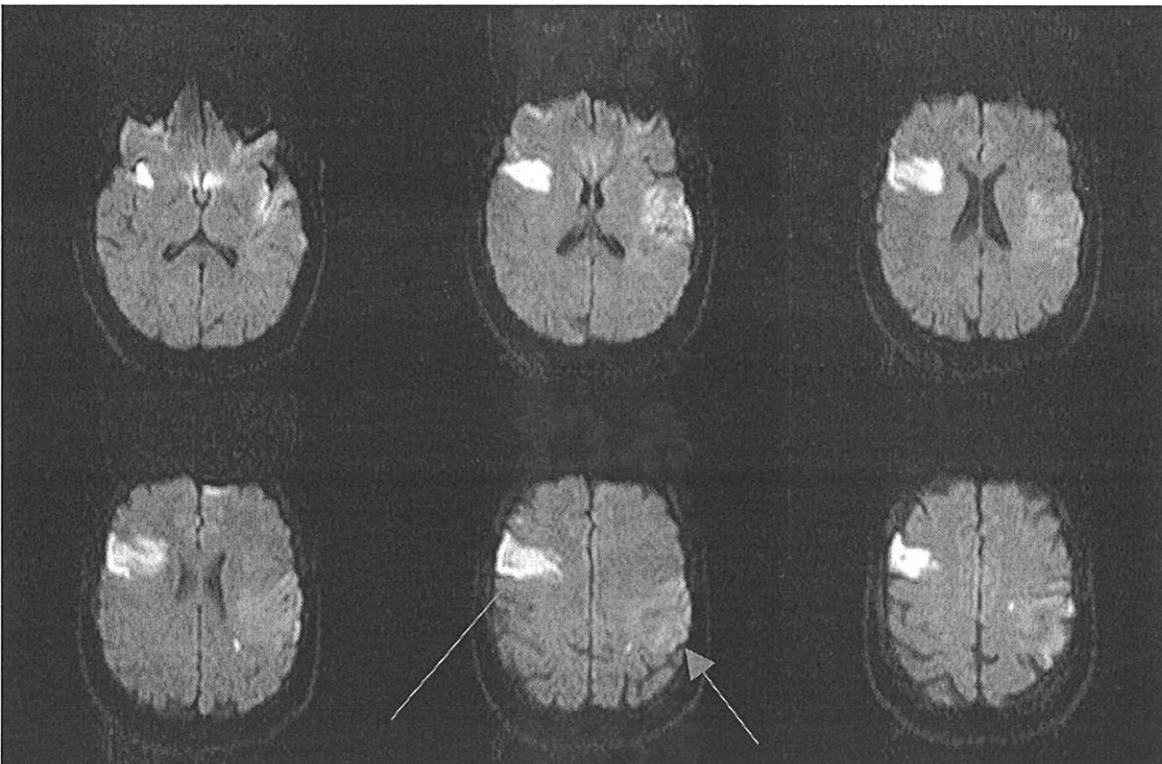
Autre exemple de ramollissement ischémique dans le territoire de l'artère pré-rolandique gauche



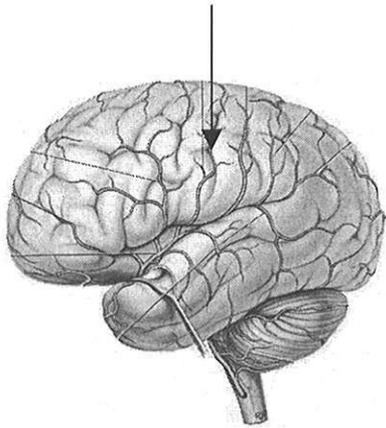
En pondération T2 Flair, une ischémie dans le territoire pré-rolandique droit



Ischémie pré-rolandique droite en imagerie de diffusion

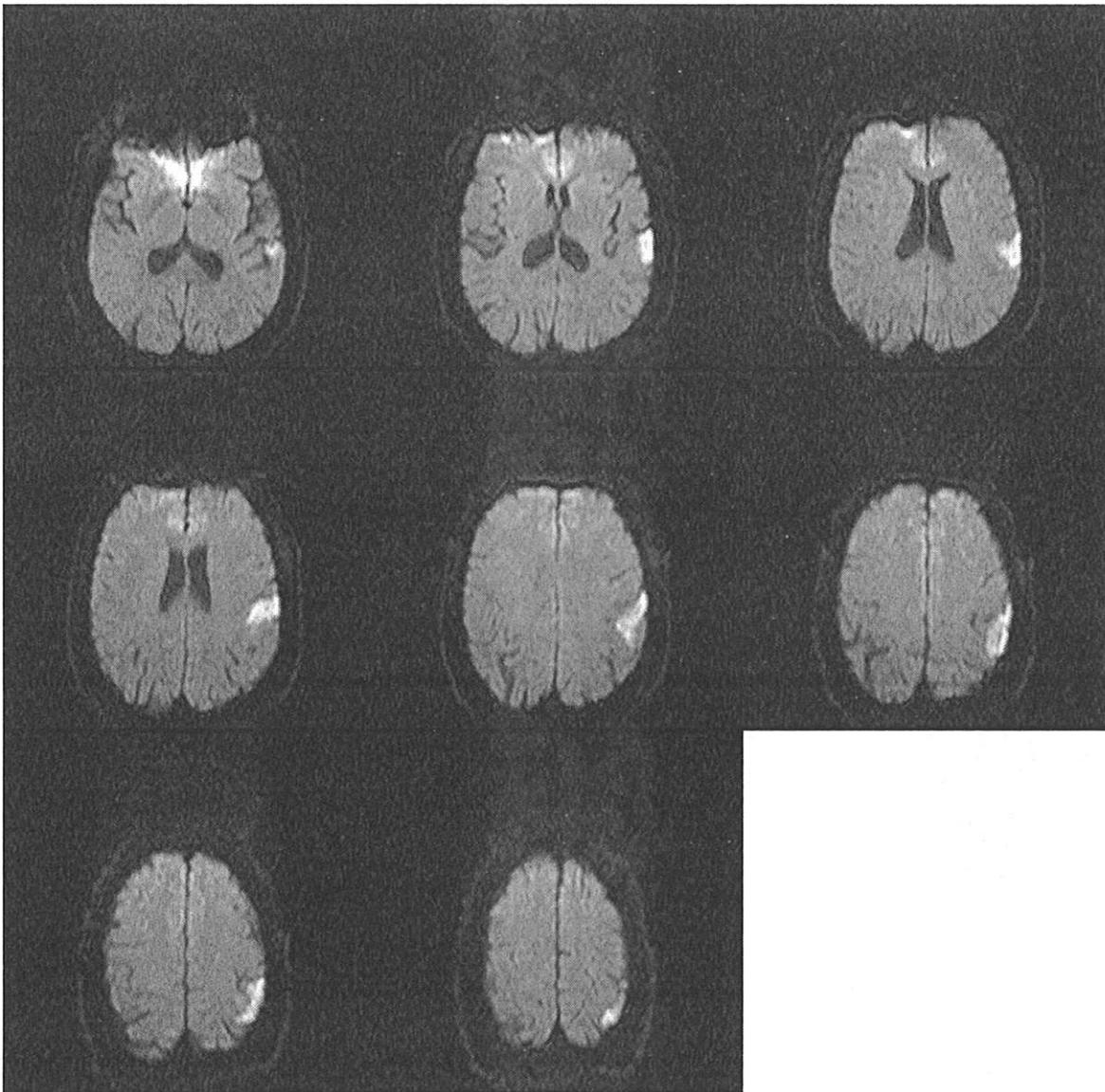


Deux lésions ischémiques d'âge différent : une atteinte semi-récente de topographie pré-rolandique gauche apparaissant en hypersignal moindre en imagerie de diffusion (grosse flèche) qu'une seconde localisation ischémique plus récente de topographie pré-frontale droite (petite flèche).

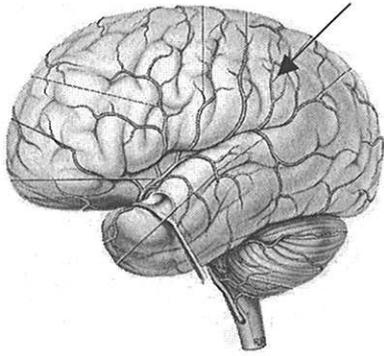


Artère Centrale (ou Artère Rolandique)

Elle chemine généralement dans le fond du sillon rolandique. Elle irrigue les circonvolutions frontale et pariétale ascendantes.

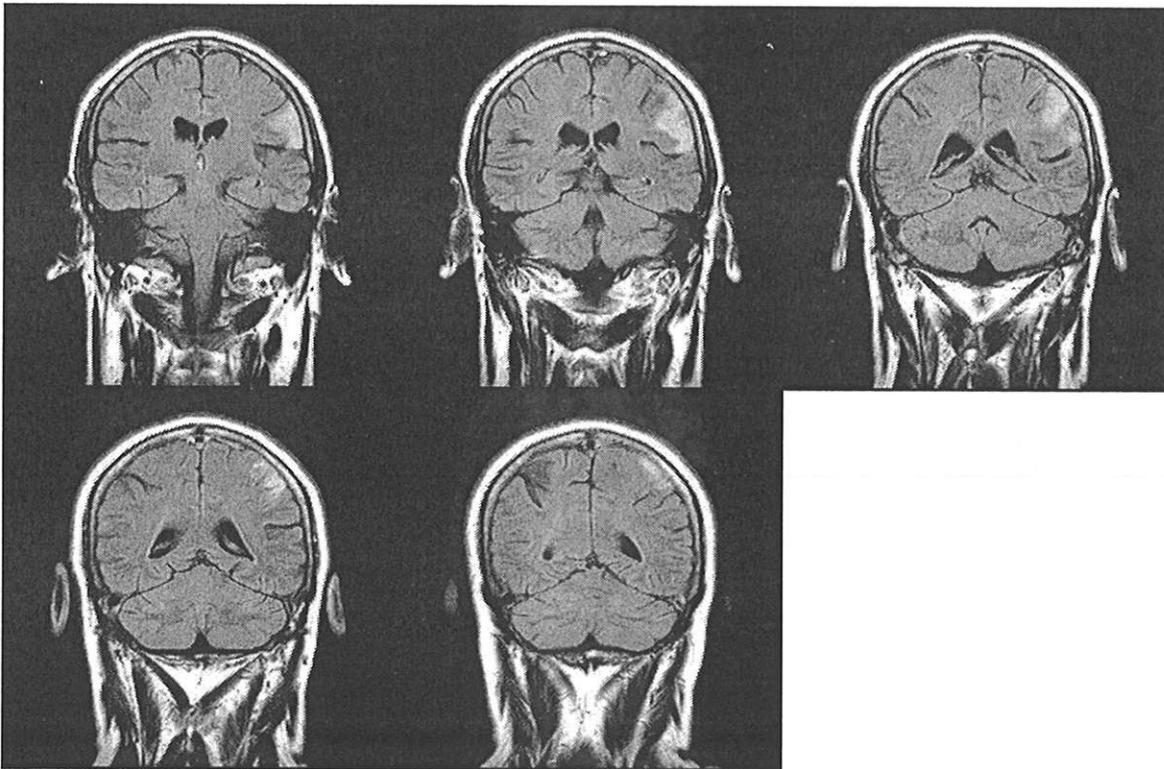


Ischémie dans le territoire de l'artère rolandique droite

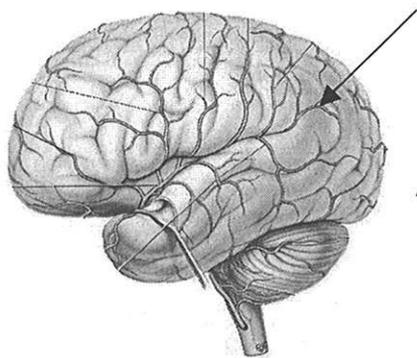


Artères Pariétales Antérieure et Postérieure

Leur territoire intéresse la face externe du lobe pariétal. Il longe la face postérieure du sillon de Rolando.



Ischémie dans le territoire des artères pariétales à gauche en pondération T2 Flair

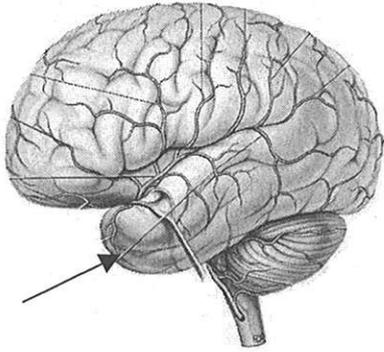


Artère du Gyrus Angulaire (ou Artère du Pli Courbe)

Elle est considérée comme la branche terminale de l'artère cérébrale moyenne. Son trajet se situe entre le sillon inter-pariétal et le prolongement sur la face externe du cerveau de la vallée sylvienne. Elle donne souvent une à plusieurs branches pour le gyrus supra-marginalis. Son territoire de vascularisation est la partie postérieure du lobe pariétal et tout particulièrement le gyrus supra-marginalis et la région du pli courbe.



Ischémie dans le territoire de l'artère du Gyrus Angulaire gauche



Artère Temporale Antérieure

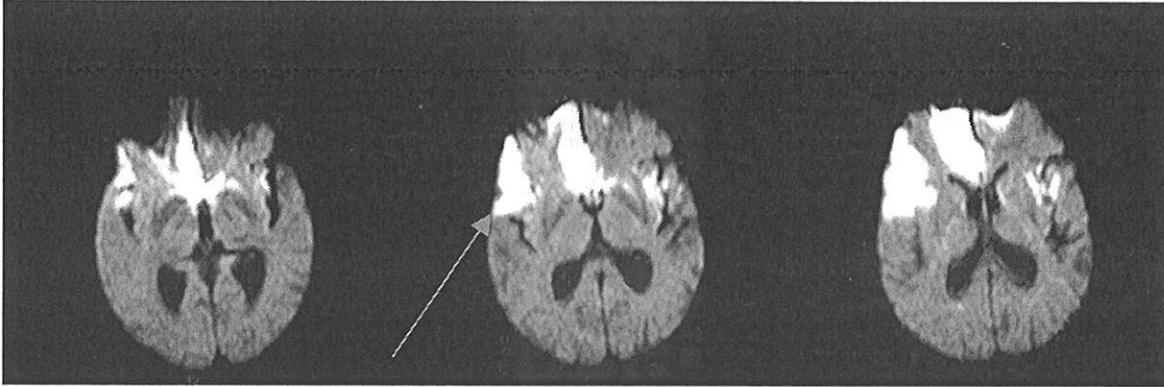
Elle participe à la vascularisation de la pointe du lobe temporal et du tiers antérieur des trois premières circonvolutions temporales.



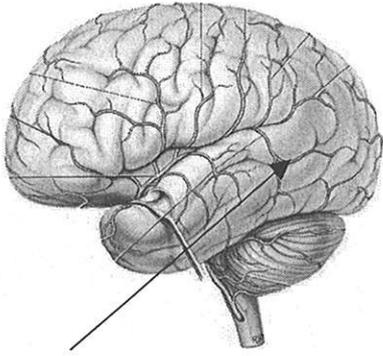
Ischémie dans le territoire de l'artère temporale antérieure gauche



Ischémie dans le territoire de l'artère temporale antérieure droite

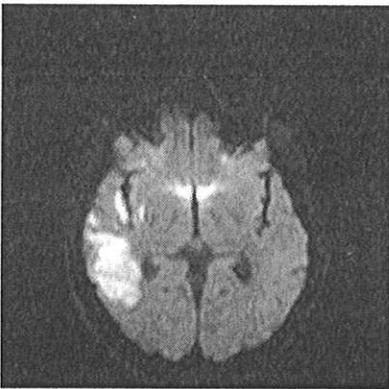


Ischémie dans le territoire de l'artère temporale antérieure droite (flèche) avec atteinte associée dans le territoire frontal interne antérieur droit et insulaire gauche.



Artère Temporale Postérieure

C'est la plus volumineuse des trois artères temporales. Elle chemine en général au dessous de la vallée sylvienne en se dirigeant vers la scissure perpendiculaire externe. Son territoire de distribution est la face temporo-occipitale externe.



Ischémie dans le territoire temporal postérieur droit



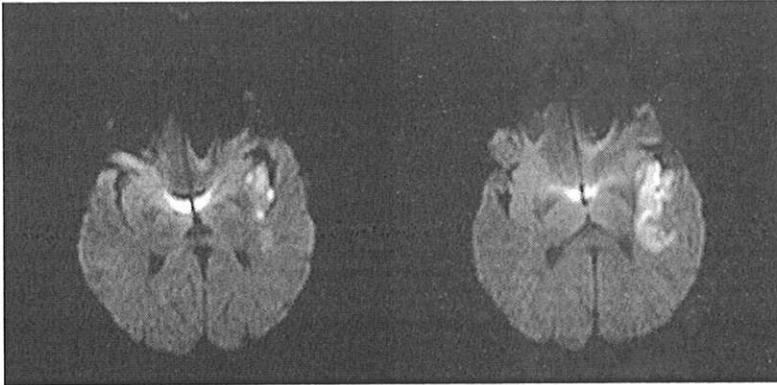
Atteinte bilatérale des territoires temporaux postérieurs avec à gauche un AVC récent en hypersignal en imagerie de diffusion (flèche) et à droite une séquelle ischémique en franc hyposignal.



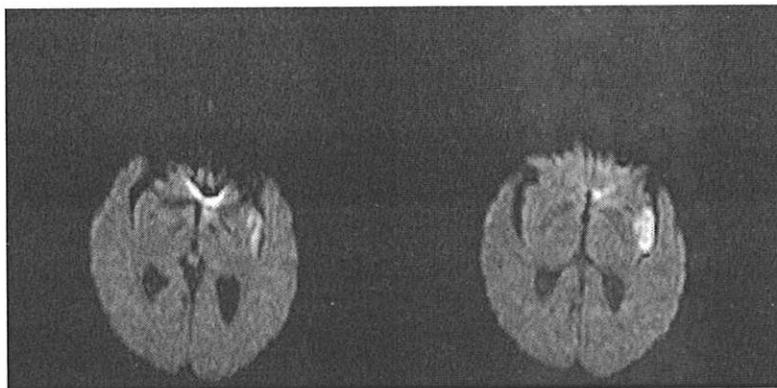
Ischémie dans le territoire de l'artère temporale postérieure gauche

Artères Insulaires

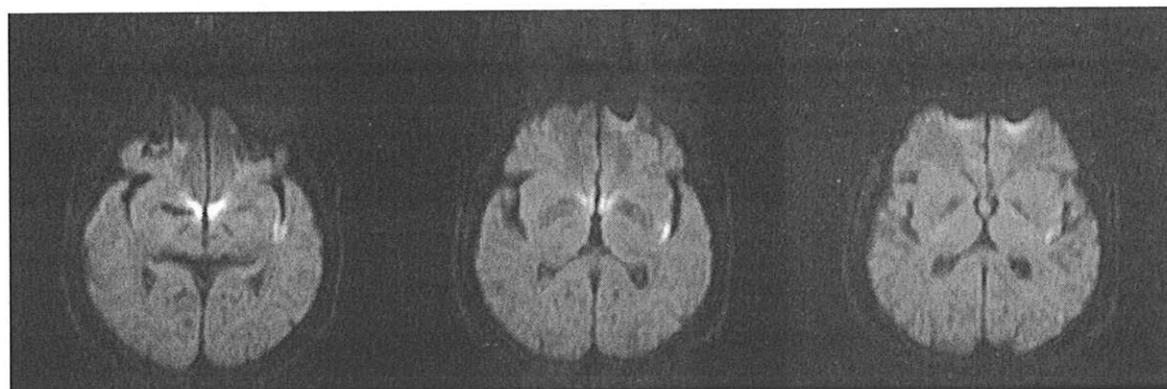
Dans son segment M2 (insulaire), l'artère cérébrale moyenne donne des collatérales destinées au cortex insulaire.



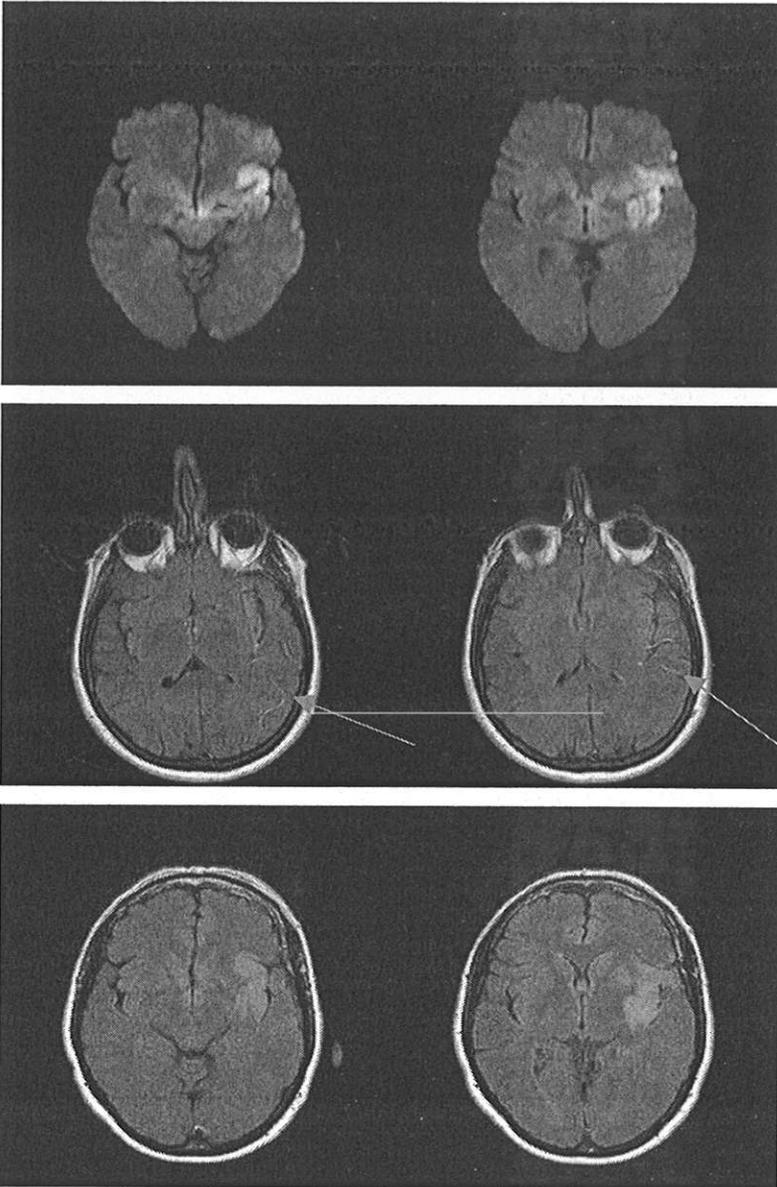
Ischémie intéressant la totalité du cortex insulaire gauche



Un autre cas d'ischémie insulaire gauche, moins étendue



Ischémie du fond de l'insula à gauche



Ischémie insulaire gauche. A noter l'existence d'un signe indirect d'ischémie en IRM : l'artère cérébrale moyenne gauche apparaît en hypersignal spontané en pondération T2 Flair (flèches). Ce signe est la conséquence de modifications hémodynamiques vasculaires (cf. infra).

L'ARTERE CHOROÏDIENNE ANTERIEURE

GENERALITES

L'artère choroïdienne antérieure est la plus grêle des branches terminales de la carotide interne.

Sa partie basale longe vers l'arrière la bandelette optique en dehors de l'artère communicante postérieure et au-dessus du nerf oculo-moteur pour s'enfourer entre la circonvolution de l'hippocampe et le pédoncule cérébral. Elle entre dans le plexus choroïde de la corne temporale du ventricule latéral et rejoint les artères choroïdiennes postérieures avec lesquelles elle a de nombreuses anastomoses au niveau du carrefour ventriculaire.

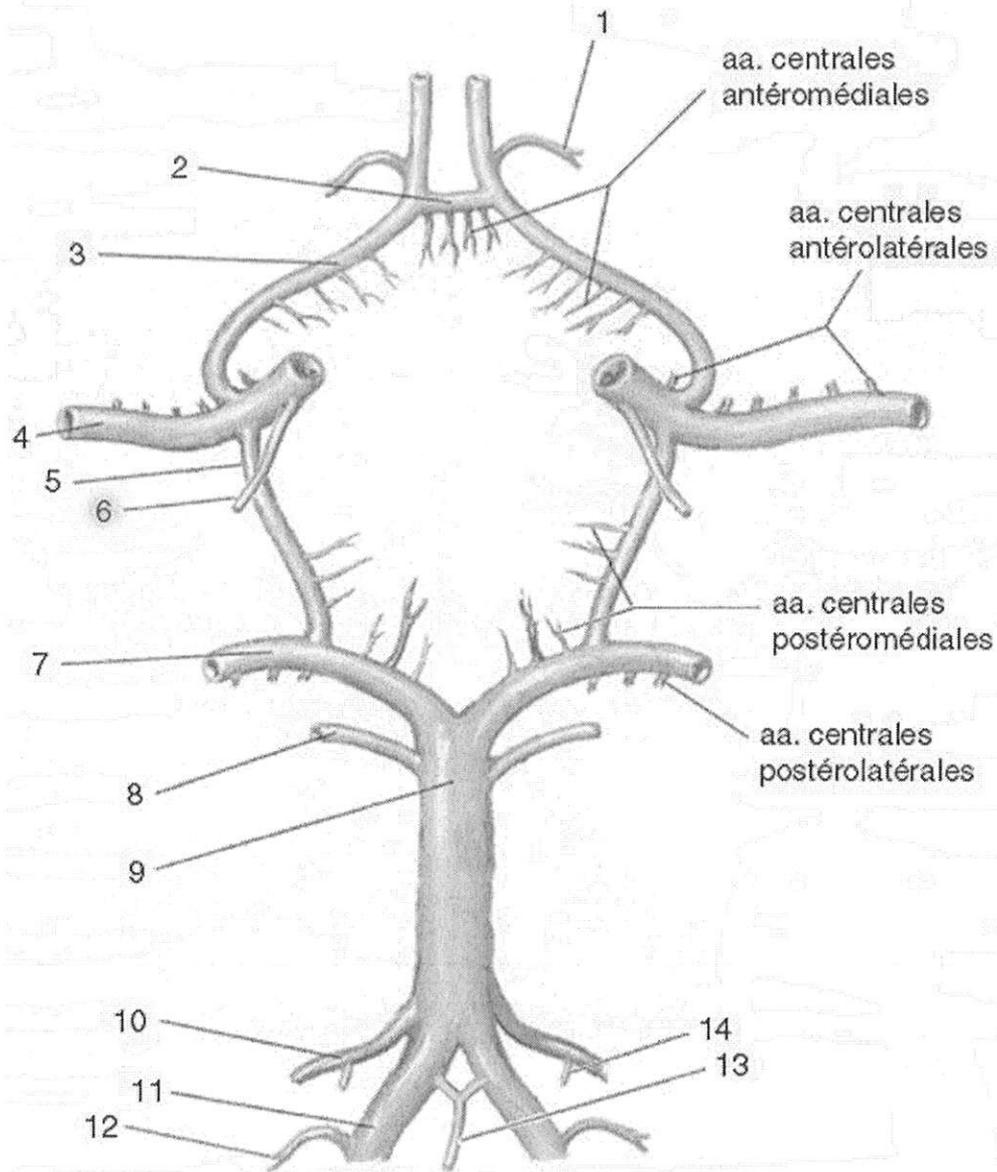
Dans son segment basal, elle irrigue la partie antérieure de la circonvolution de l'hippocampe et le noyau amygdalien.

Son territoire profond correspond à une partie du thalamus et du bras postérieur de la capsule interne et la partie médiane du globus pallidus.

Dans son parcours ventriculaire, elle irrigue le plexus choroïde et la paroi de la corne temporale du ventricule latéral.

Elle prend le plus souvent naissance depuis la portion supra-clinoïdienne de l'artère carotide interne³³, mais peut également provenir de l'artère cérébrale moyenne, et plus rarement de l'artère communicante postérieure.

SCHEMA DE L'ORIGINE DE L'ARTERE CHOROÏDIENNE ANTERIEURE



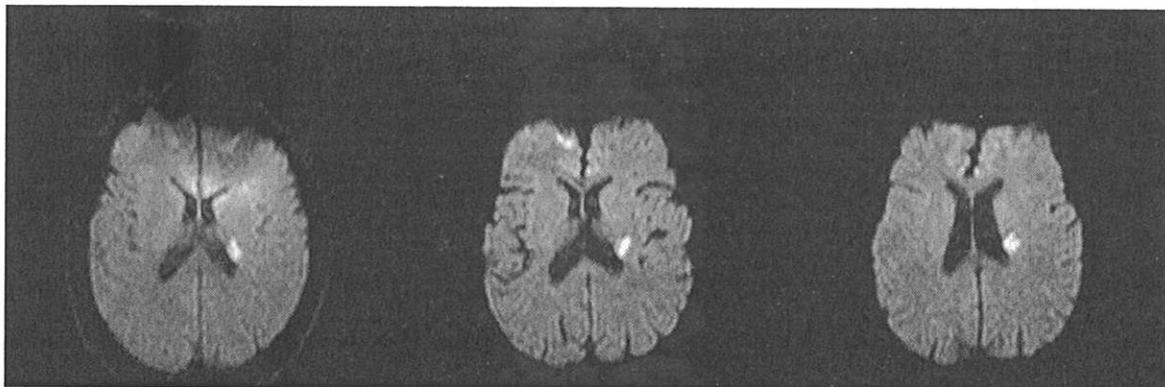
- 1 a. récurrente de Heubner
- 2 a. communicante ant
- 3 a. cérébrale ant
- 4 a. cérébrale moy
- 5 a. communicante post

- 6 a. choroïdienne ant
- 7 a. cérébrale post
- 8 a. cérébelleuse sup
- 9 a. basilaire
- 10 AICA

- 11 a. vertébrale
- 12 PICA
- 13 a. spinale ant
- 14 a. labyrinthique

Schéma d'après Senter

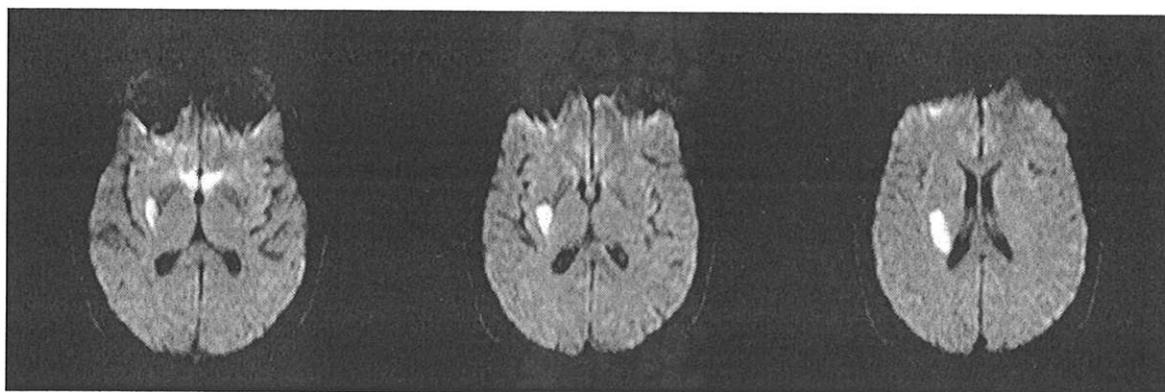
TERRITOIRE DE L'ARTERE CHOROIDIENNE ANTERIEURE



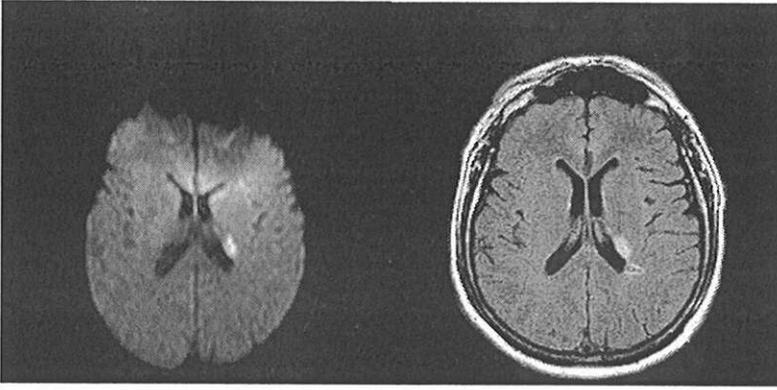
Ischémie para-ventriculaire gauche dans le territoire de l'artère choroïdienne antérieure (queue du noyau caudé gauche)



Ischémie dans le territoire de l'artère choroïdienne antérieure droite (intéressant notamment le bras postérieur de la capsule interne et le corps du noyau caudé)



Autre exemple d'ischémie dans le territoire choroïdien antérieur droit



Ischémie dans le territoire de l'artère choroïdienne antérieure gauche bien visible en imagerie de diffusion.

L'ARTERE CEREBRALE POSTERIEURE

GENERALITES

Embryologiquement, elle est rattachée au système carotidien. Les deux artères cérébrales postérieures sont reliées chez l'adulte aux carotides internes par les artères communicantes postérieures. Anatomiquement, elles représentent les branches terminales du tronc basilaire.

L'artère cérébrale postérieure naît donc par bifurcation du tronc basilaire à la jonction du mésencéphale, du diencéphale et du télencéphale.

Elle participe par sa partie initiale à la constitution du polygone de Willis.

L'artère cérébrale postérieure est divisée en 3 segments³⁴ : P1 correspond à sa partie proximale jusqu'à l'origine de l'artère communicante postérieure. P2 correspond au segment situé entre l'artère communicante postérieure et la partie postérieure du mésencéphale. Enfin P3, depuis le pulvinar jusqu'à la limite antérieure de la scissure calcarine.

Dans sa partie basale, elle contourne le mésencéphale et émet des collatérales profondes ou mésodiencéphaliques.

Elle poursuit son parcours hémisphérique en atteignant la face interne du lobe temporal et se termine sur le cuneus du lobe occipital.

Le territoire profond de l'artère cérébrale postérieure comprend la partie supérieure du mésencéphale et au niveau du diencéphale la partie postérieure de l'hypothalamus, le thalamus, l'épiphyse, et les formations mésodiencéphaliques.

Ses branches de terminaison déterminent le territoire cortical qui correspond à la face interne des lobes temporal et occipital.

L'artère cérébrale postérieure donne une première branche qui est temporale interne et qui se dirigeant de façon antérieure et vascularise le gyrus temporal inférieur (3^{ème} circonvolution temporale)

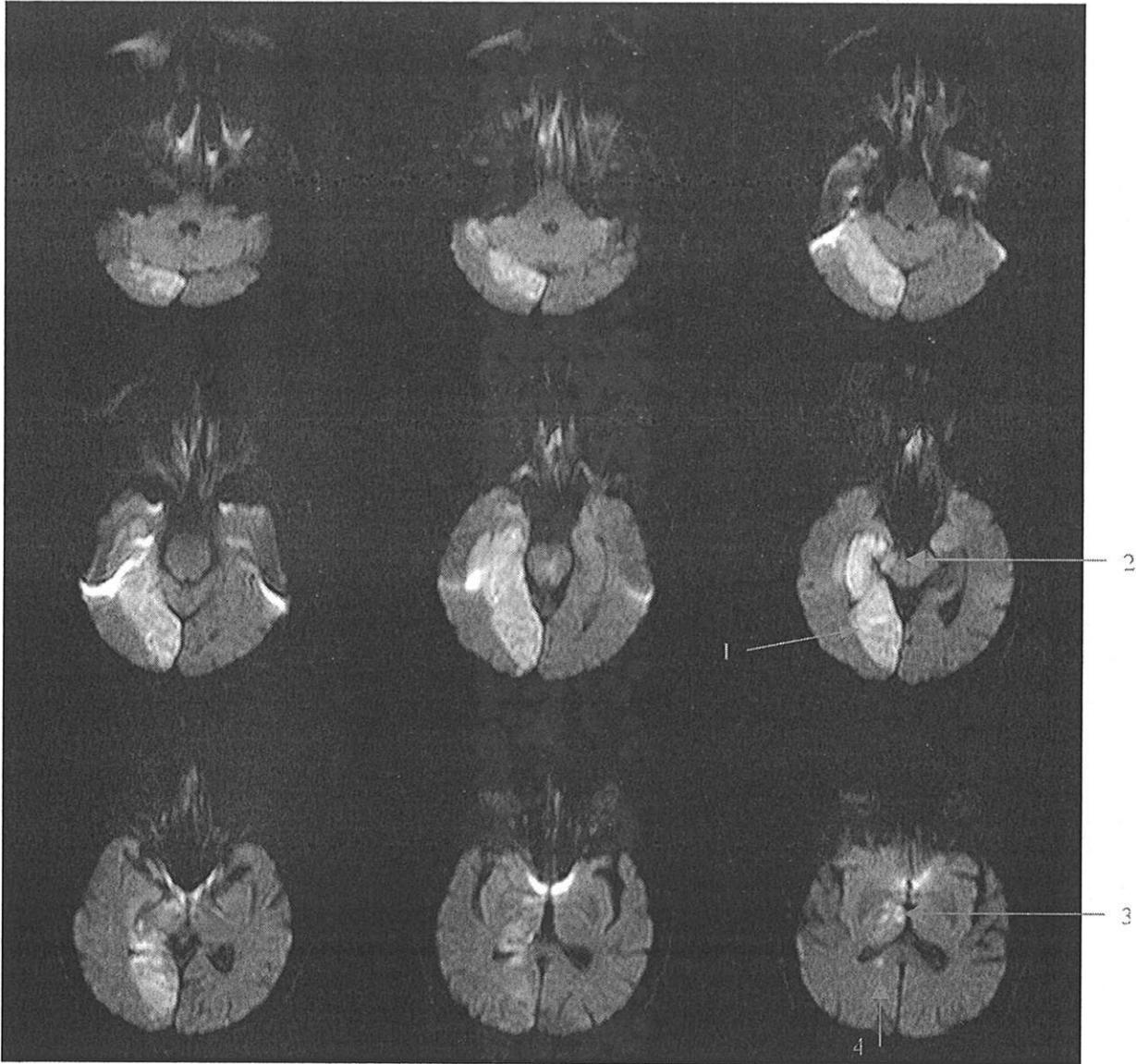
Elle donne également une artère occipitale interne, qui se divise en artères pariéto-occipitale et calcarine. Elles vascularisent le lobe et le pôle occipital.

Par ses branches choroïdiennes postérieures elle irrigue la paroi et les plexus choroïdes du troisième ventricule et les ventricules latéraux. L'artère choroïdienne postérieure comporte une ou deux branches médiales et une à six branches latérales. Les branches médiales naissent de la partie distale de P1 ou proximale de P2 de l'artère cérébrale postérieure. Les branches latérales naissent plutôt des segments P2 ou P3. Les branches médiales vascularisent la partie médiale du corps genouillé et la partie postérieure du noyau médian du pulvinar. Les branches latérales quant à elles, vascularisent la partie latérale du corps genouillé, ainsi qu'une partie du noyau dorso-médial et du pulvinar.

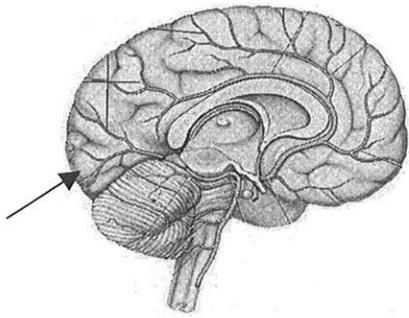


TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBRALE POSTERIEURE

Le cas ci-après représente une ischémie étendue à la quasi-totalité du territoire vasculaire de l'artère cérébrale postérieure droite comprenant une partie du pédoncule cérébral, la partie interne des lobes temporal et occipital, le thalamus, et le splenium du corps calleux.

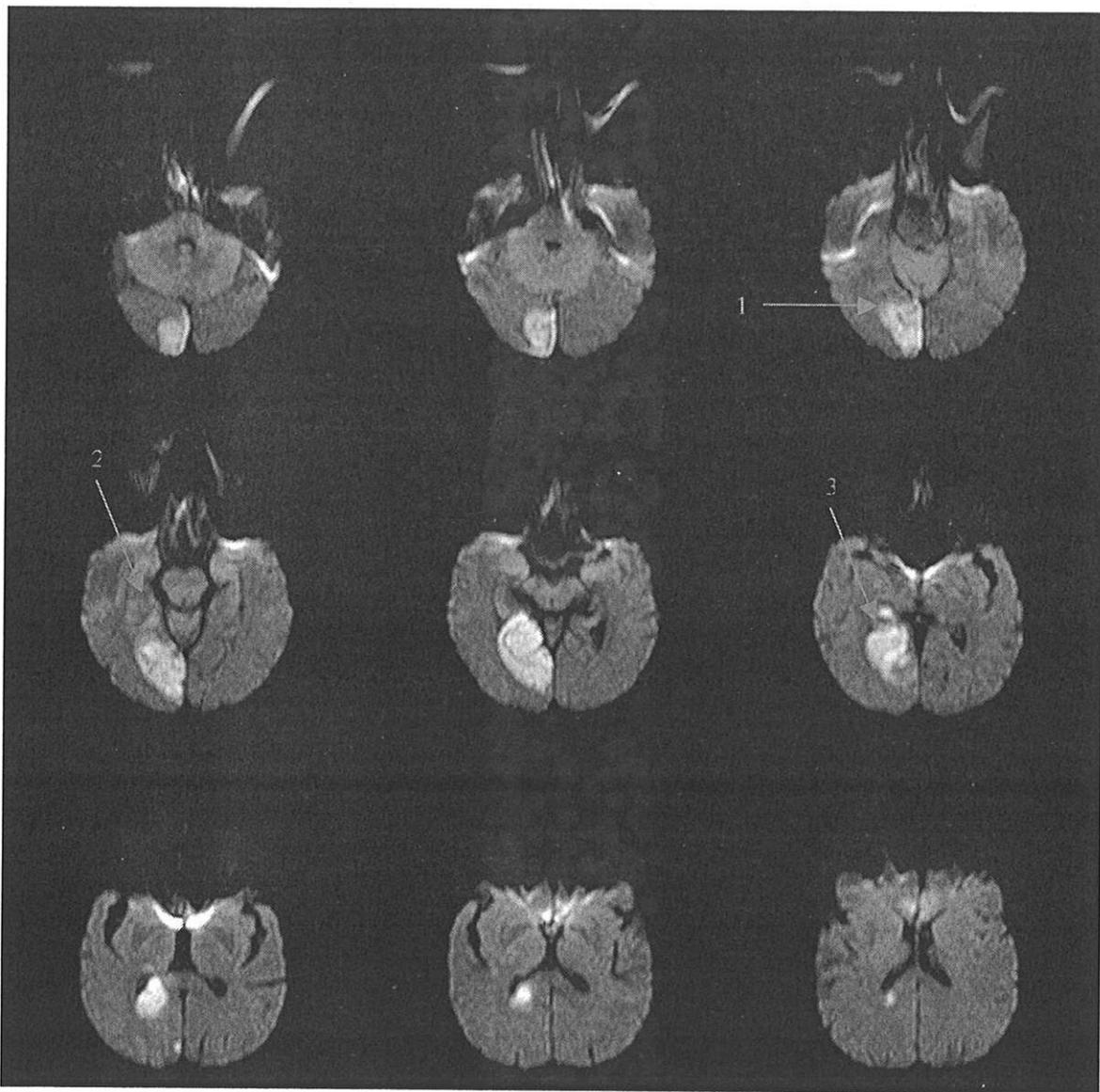


Ischémie étendue du territoire de l'artère cérébrale postérieure droite : infarctus intéressant à la fois la partie interne des lobes temporal et occipital droits (flèche n°1) ainsi que le groupe latéral droit du pédoncule cérébral (flèche n°2), le thalamus droit (flèche n°3), et le corps calleux (flèche n°4).

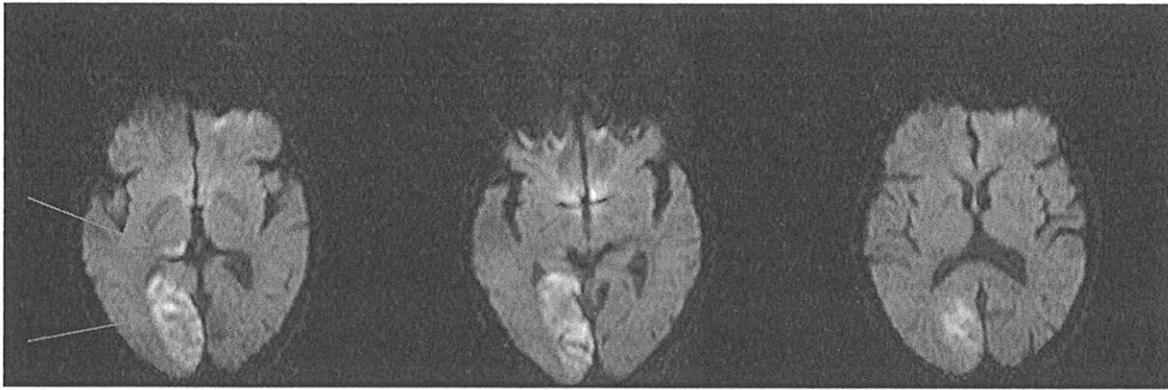


Artère Calcarine

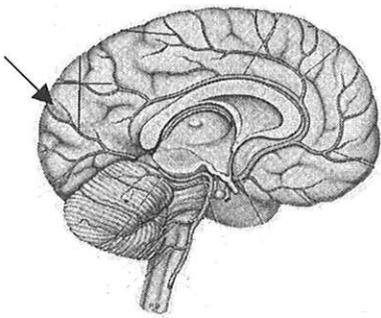
Branche de l'artère cérébrale postérieure et de l'artère occipitale interne, elle vascularise la face interne du lobe occipital.



Ischémie dans le territoire de l'artère calcarine interne droite (flèche n°1) associée à un ramollissement ischémique du groupe choroïdien postérieur du thalamus droit (flèche n°2) ainsi que du splenium du corps calleux à droite (flèche n°3)

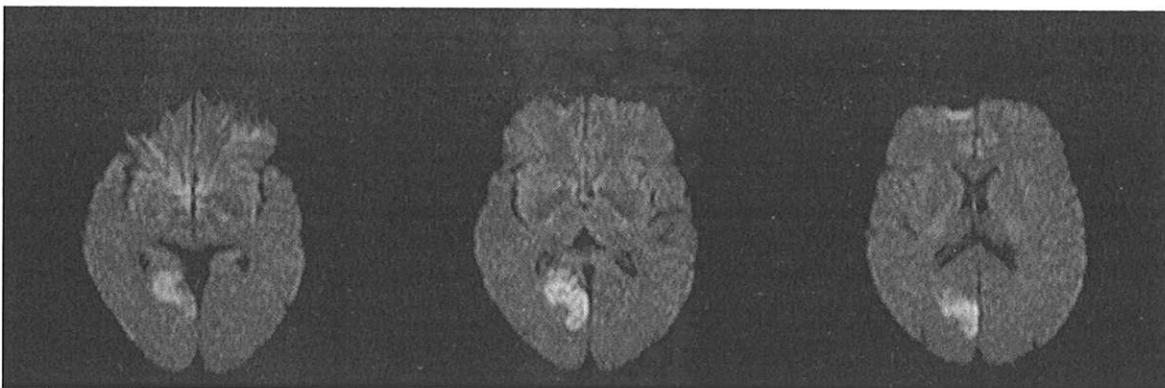


Ischémie dans le territoire de l'artère calcarine droite (petite flèche) associée à une ischémie thalamique droite dans le territoire choroïdien postérieur (grosse flèche)



Artère Pariéto-Occipitale

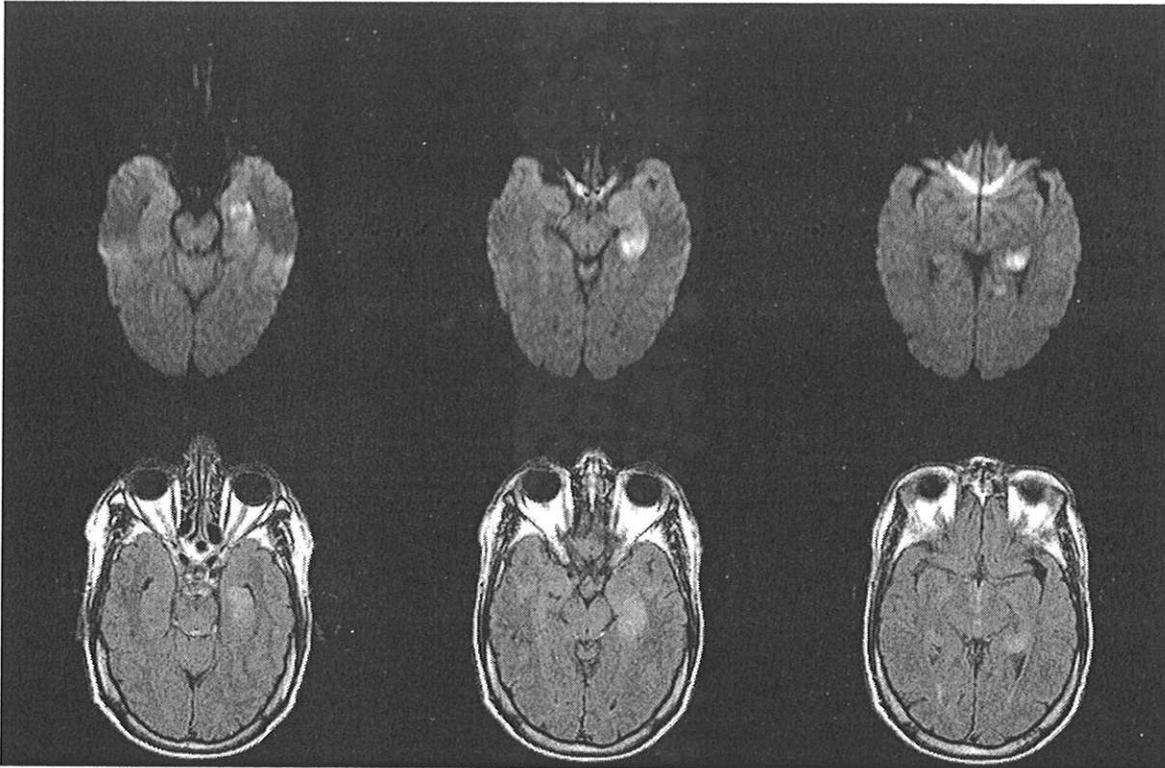
Issue de l'artère occipitale interne, elle vascularise essentiellement le cuneus.



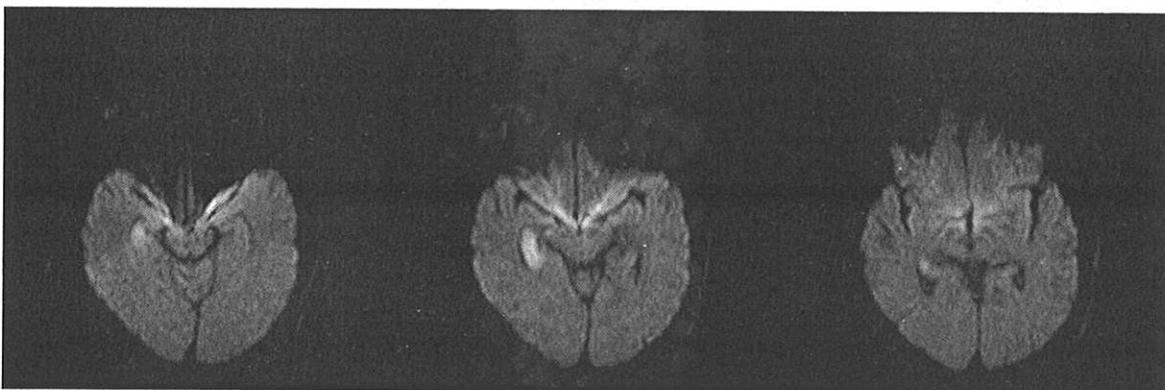
Ischémie dans le territoire de l'artère pariéto-occipitale droite

Artère Temporale Interne

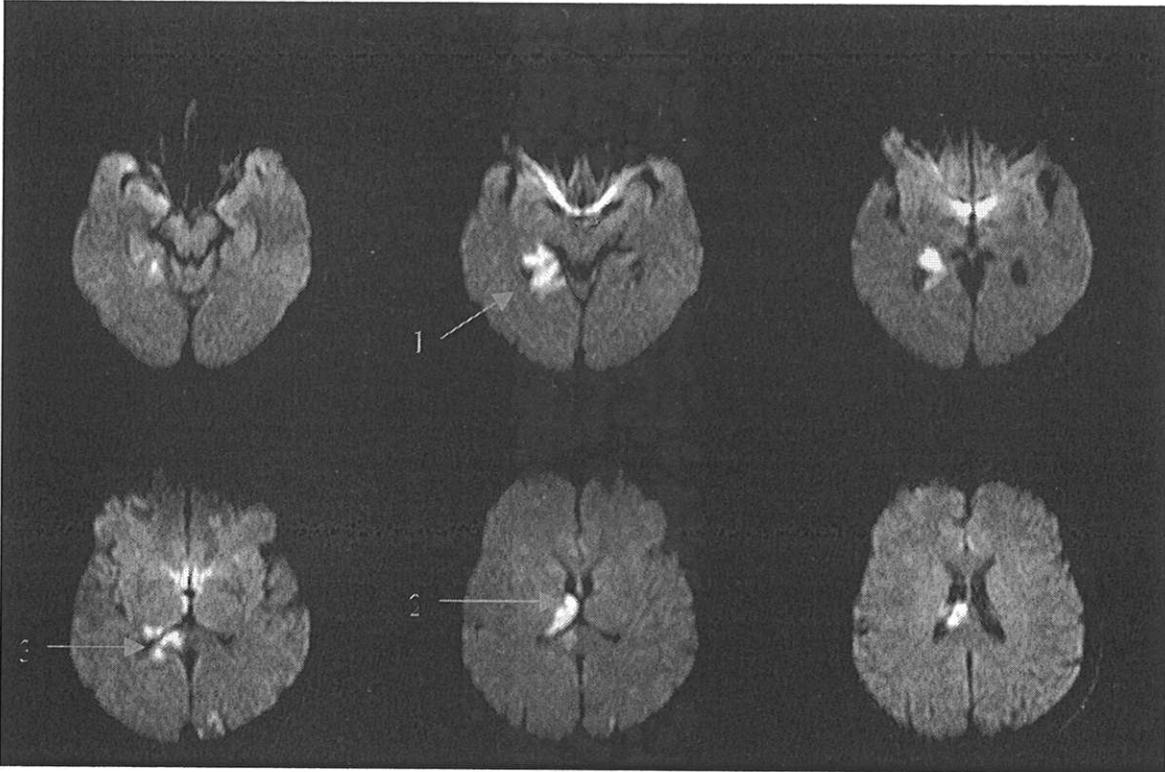
Branche de division antérieure de l'artère cérébrale postérieure, elle assure la vascularisation de la région temporale interne et notamment de l'hippocampe.



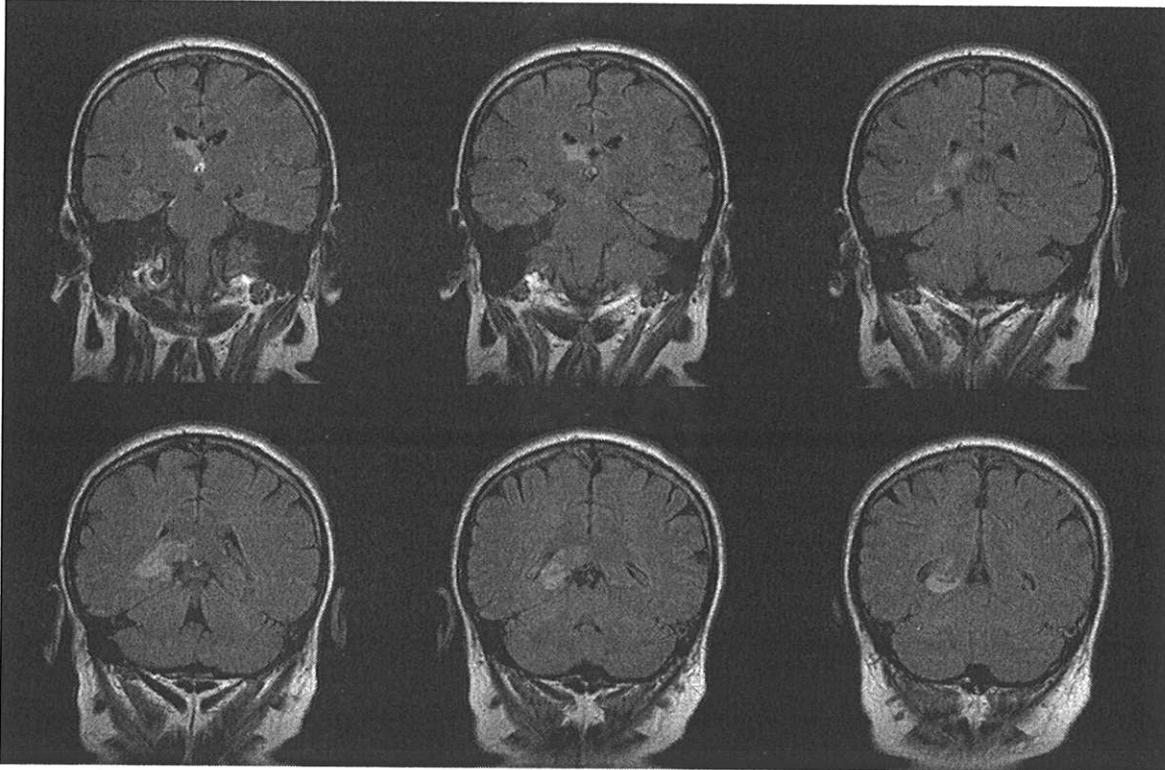
Ischémie dans le territoire de l'artère temporale interne gauche



Ischémie dans le territoire de l'artère temporale interne droite

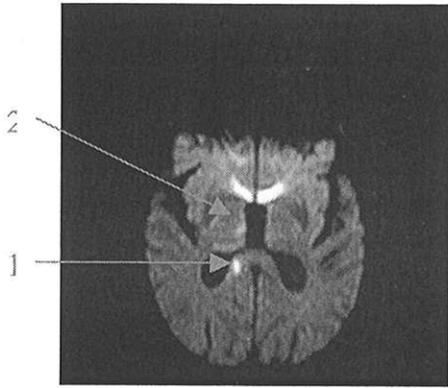


Ischémie intéressant à la fois le territoire de l'artère temporale interne droite (flèche 1), ainsi que le groupe para-médian droit du thalamus (flèche 2) et le splenium du corps calleux (flèche 3)



Le même patient en séquence coronale d'avant en arrière pondérée en T2 Flair

Artère Péri-Calleuse Postérieure



Ischémie du splenium du corps calleux à droite (flèche n°1) ainsi que du thalamus droit dans le territoire de l'artère para-médiane (flèche n°2)

ANGIO-ARCHITECTURE DES NOYAUX GRIS CENTRAUX

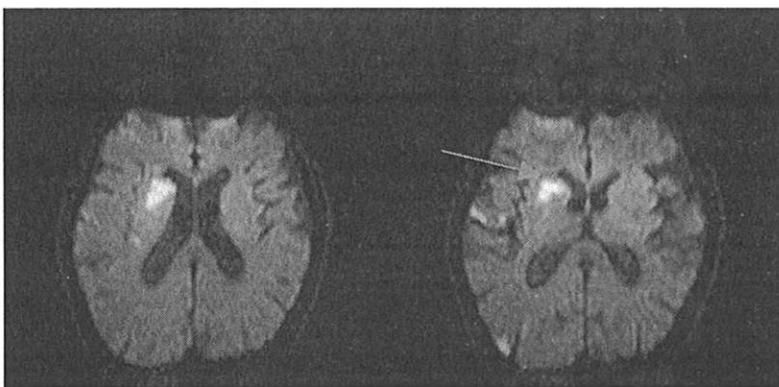
Les artères des noyaux gris centraux ont comme particularité angio-architecturale de se diviser selon un mode dichotomique, en rameaux de plus en plus fins. La multiplicité des sources artérielles des différents noyaux gris est la conséquence de leur situation profonde. Leur angio-architecture est intimement liée à celle des grands faisceaux de la substance blanche, tels que la capsule interne et les radiations optiques. Les ramifications artérielles y sont moins nombreuses que dans les noyaux gris centraux.

NOYAU CAUDE

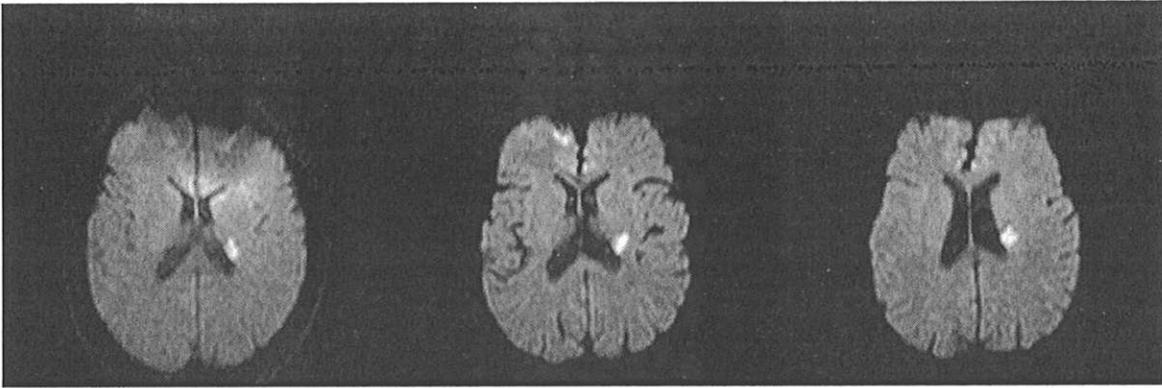
Il est vascularisé par des branches des artères cérébrales antérieure et moyenne, et choroïdienne antérieure.

L'artère cérébrale antérieure donne l'artère récurrente de Heubner qui irrigue en quelques rameaux (les artères striées médianes) la tête du noyau caudé. Les artères striées latérales, branches des artères lenticulo-striées de l'artère cérébrale moyenne participent également à la vascularisation de la tête du noyau caudé.

Le corps et la queue du noyau caudé reçoivent une vascularisation provenant essentiellement de l'artère choroïdienne antérieure.



Ischémie de la tête du noyau caudé droit dans le territoire de l'artère récurrente de Heubner (flèche). A noter l'existence de foyers de ramollissements ischémiques punctiformes sylviens superficiels droits associés



Ischémie de la queue du noyau caudé gauche dans le territoire de l'artère choroïdienne antérieure gauche.

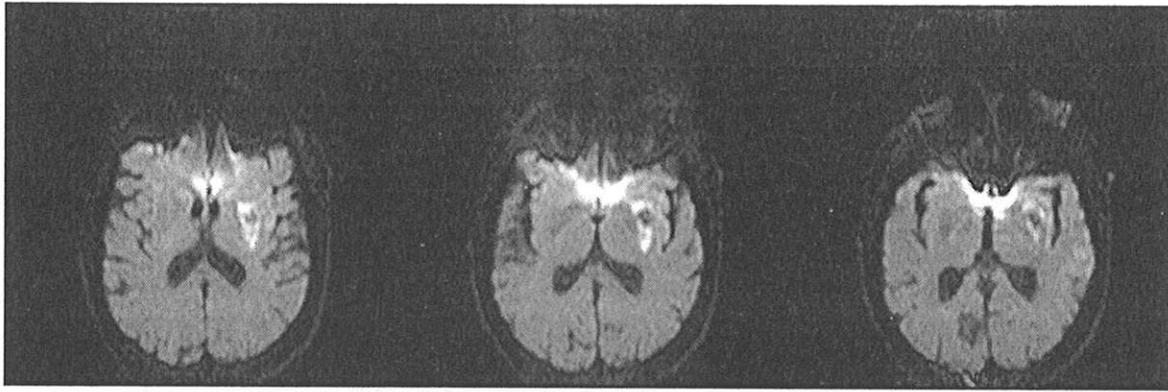
NOYAU LENTICULAIRE

Les artères striées latérales naissent près de l'origine de l'artère cérébrale moyenne dans la vallée sylvienne. Elles se dirigent vers le haut et irriguent par de nombreuses collatérales le putamen et le segment externe du pallidum. Elles traversent la capsule interne en se recourbant en dedans et se terminent dans la tête et le corps du noyau caudé ainsi que dans la substance blanche péri-ventriculaire.

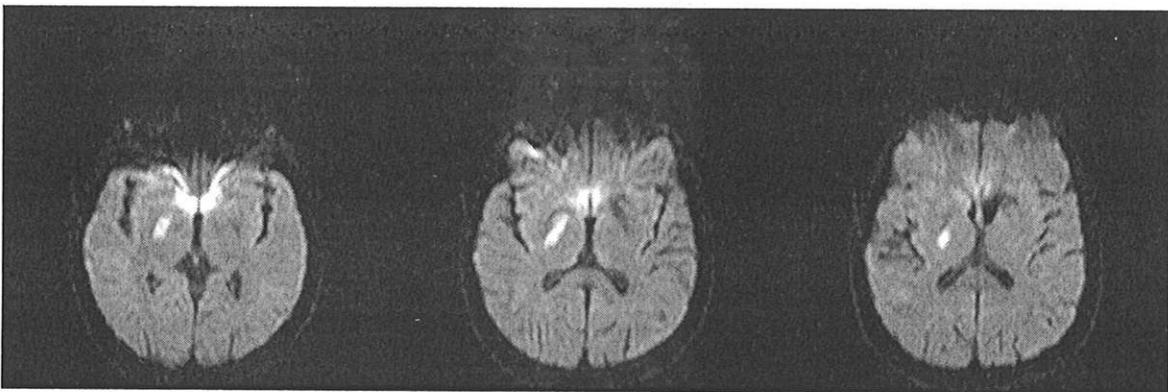
Le segment interne du pallidum reçoit les artères choroïdiennes ventrolatérales, branches perforantes de l'artère choroïdienne antérieure. Elles se terminent par de fines arborisations dans la partie inférieure de la capsule interne et le noyau ventrolatéral du thalamus.



Ischémie lenticulaire droite dans le territoire des artères striées latérales visible en hypersignal en imagerie de diffusion (flèche n°1), correspondant à un coefficient apparent de diffusion effondré (flèche n°2), avec un aspect de thrombose de l'artère cérébrale moyenne droite au niveau de M1 sur la reconstruction MIP de l'Angio-IRM du polygone de Willis (flèche n°3)



Ischémie lenticulaire gauche essentiellement putaminale (territoire des artères striées latérales)

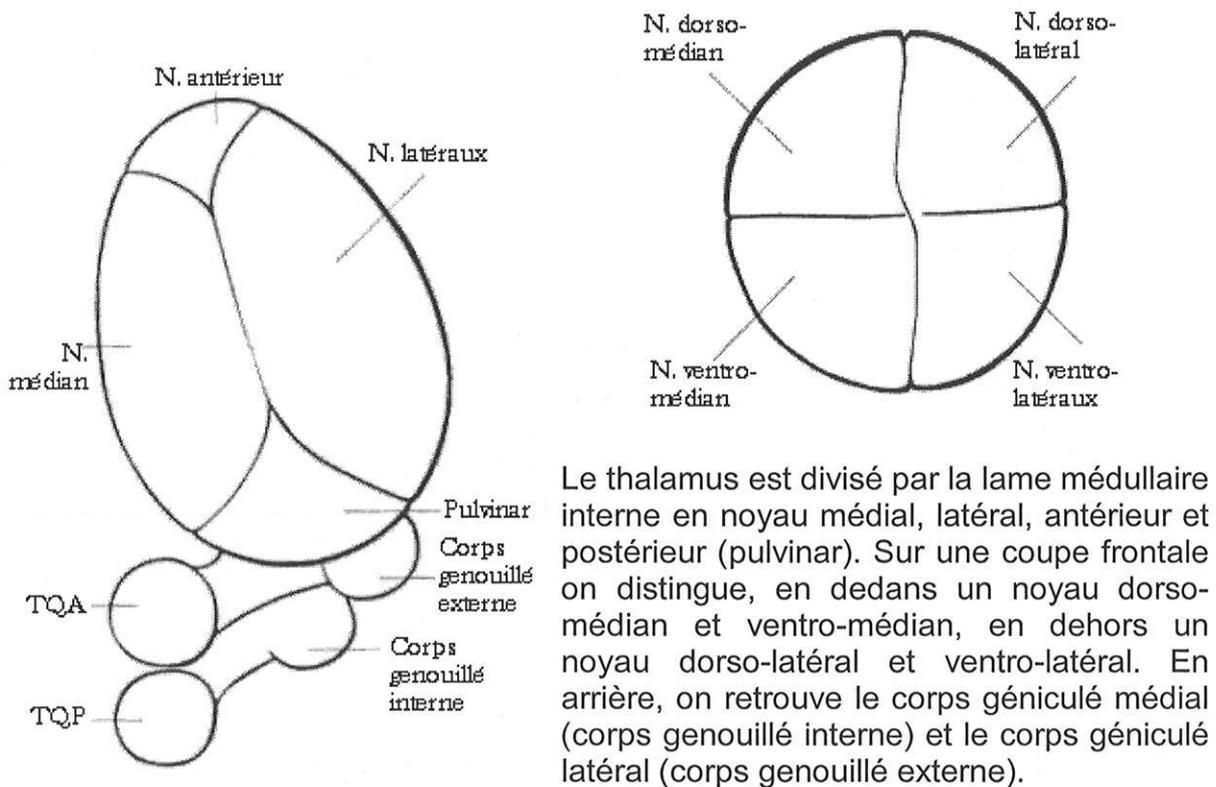


Ischémie lenticulaire droite essentiellement pallidale interne avec ischémie associée du bras postérieur de la capsule droite en faveur d'une atteinte ischémique d'une branche perforante issue de l'artère choroïdienne antérieure.

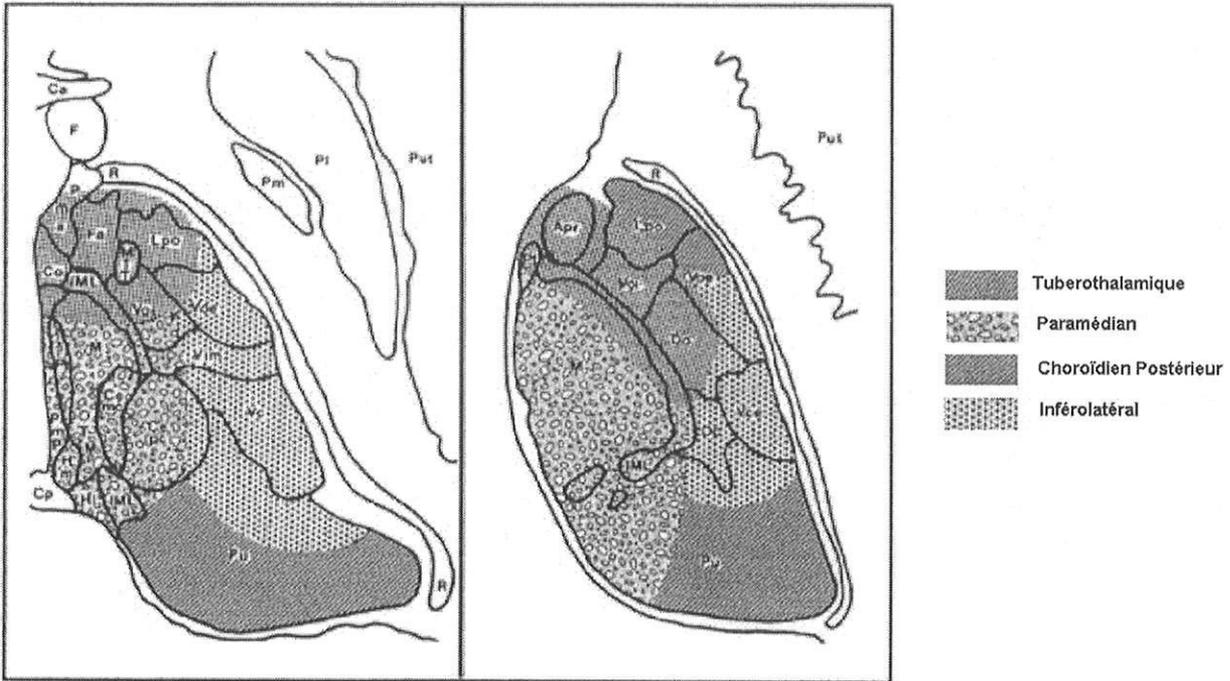
THALAMUS

La vascularisation du thalamus a fait l'objet de nombreux travaux notamment de Duret³⁵ et de Lazorthes³⁶. Les travaux plus récents de Schmahmann³⁷ servent ici de référence.

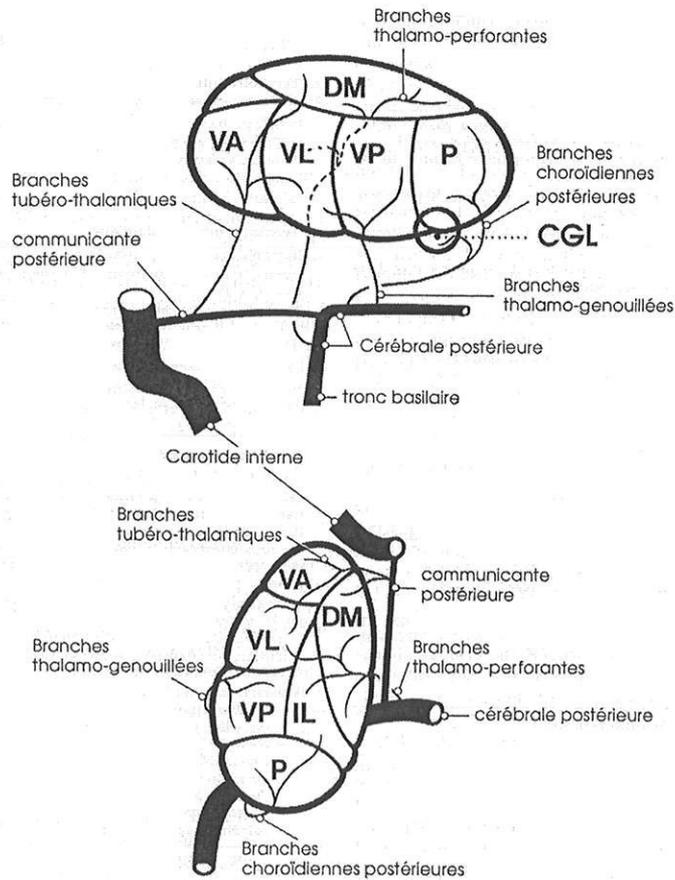
ANATOMIE DU THALAMUS



Schmahmann décrit quatre principaux territoires vasculaires thalamiques : tubérothalamique, inférolatéral, paramédian, et choroïdien postérieur.



(Figure d'après de Freitas et Bogousslavsky³⁸)



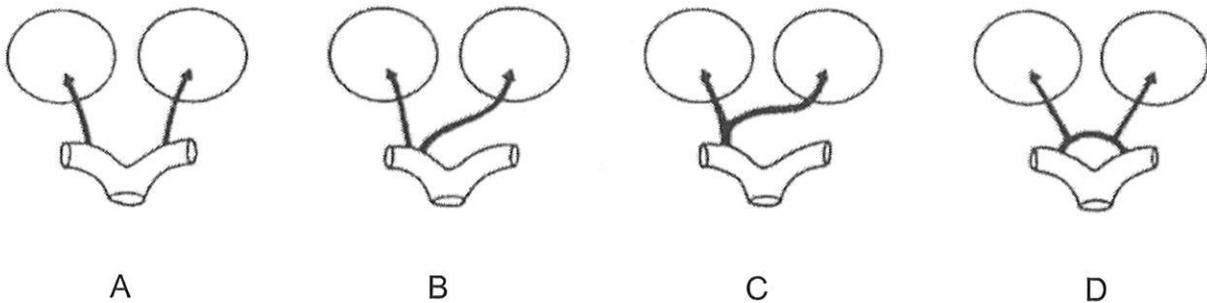
(figure d'après Schmahmann³⁹) - DM : dorso-médial - VA: ventral antérieur - VL : ventrolatéral - VP : ventro-postérieur - P : pulvinar - CGL : corps genuillé latéral - DM : dorso-médial - IL : inférolatéral

TERRITOIRE PARAMÉDIAN

Décrite par Percheron⁴⁰, l'artère paramédiane naît de la portion P1 de l'artère cérébrale postérieure, laquelle irrigue également la partie la plus rostrale de la région paramédiane du mésencéphale.

Son territoire vasculaire comporte essentiellement le noyau dorso-médian.

Schéma des variations de l'artère paramédiane décrites par Percheron :

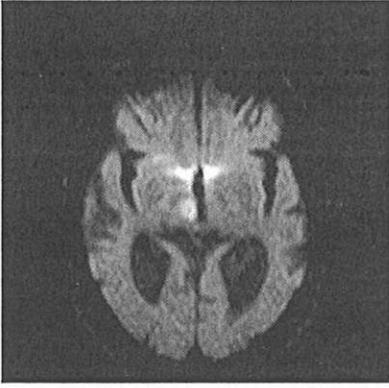


(Figure d'après Schmahmann)

A : Cas le plus courant où de multiples artères perforantes naissent des artères cérébrales postérieures

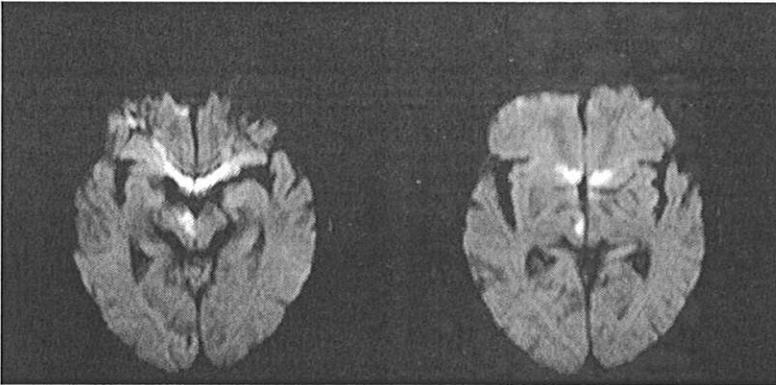
B - C : L'artère de Percheron est une artère perforante unique irriguant les deux thalamus et naissant d'une artère cérébrale postérieure. Cette variante anatomique explique les cas d'infarctus paramédians bilatéraux.

D : Ce dernier cas est une variante constituée d'une arcade d'artères perforantes naissant d'une artère réalisant un pont entre les portions P1 des deux artères cérébrales postérieures.

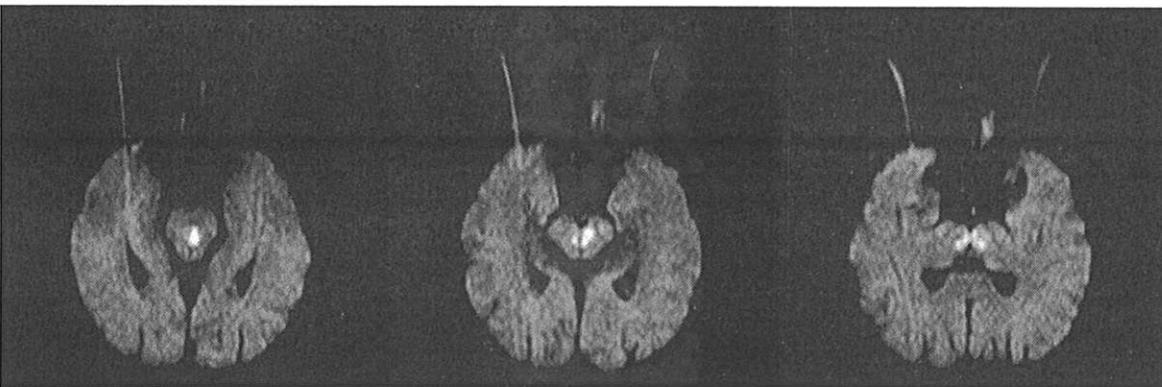


Ischémie dans le territoire de l'artère para-médiane droite

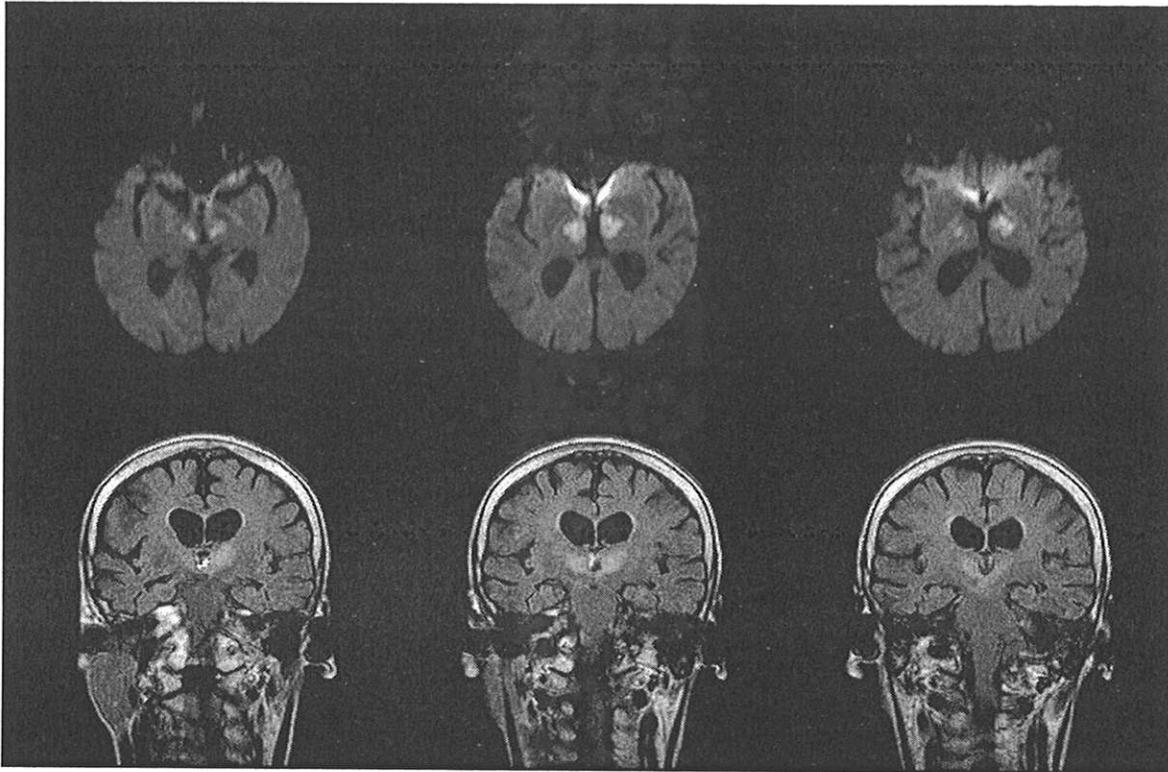
Les deux cas suivants illustrent la vascularisation commune des territoires paramédians du thalamus et de la région supérieure du tronc cérébral.



Ischémie des territoires paramédians du thalamus et du pédoncule cérébral droits



Ischémie bilatérale des territoires paramédians, des pédoncules cérébraux, et des thalamus imputable à l'existence d'une artère de Percheron



Un autre cas d'ischémie thalamique paramédiane bilatérale due à l'existence d'une artère de Percheron. Le territoire ischémié est visible en hypersignal en imagerie de diffusion (1^{ère} ligne) et sur une séquence sagittale pondérée en T2 Flair (2^{ème} ligne)

TERRITOIRE TUBEROTHALAMIQUE

Les artères tubérothalamiques naissent du tiers moyen des artères communicantes postérieures. Il s'agit donc d'un territoire frontière entre les systèmes carotidien et vertébro-basilaire.

Leur territoire comprend: le noyau réticulé, le noyau antérieur (VA), la partie supérieure du noyau ventrolatéral (VL), le pôle ventral du noyau dorso-médial (DM), le tractus mamillo-thalamique, et la noyau thalamique antérieur (composé des noyaux antéro-médian (AM), antéro-ventral (AV), et antéro-dorsal (AD), la partie interne de la lame médullaire interne.

Au total, leur territoire correspond à la partie antérieure du thalamus.



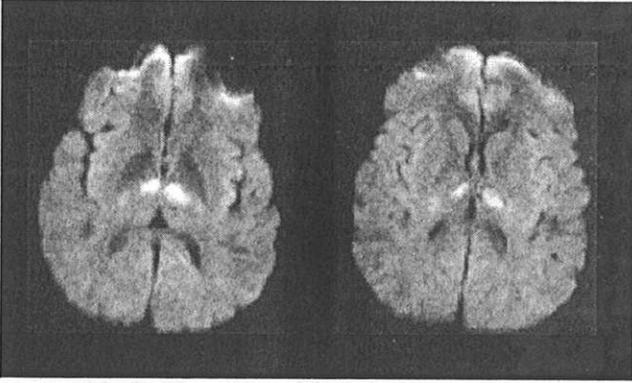
Ischémie dans le territoire de l'artère tubérothalamique à gauche

L'artère tubérothalamique est absente chez un tiers de la population normale, et dans ce cas son territoire vasculaire est pris en charge par l'artère paramédiane.

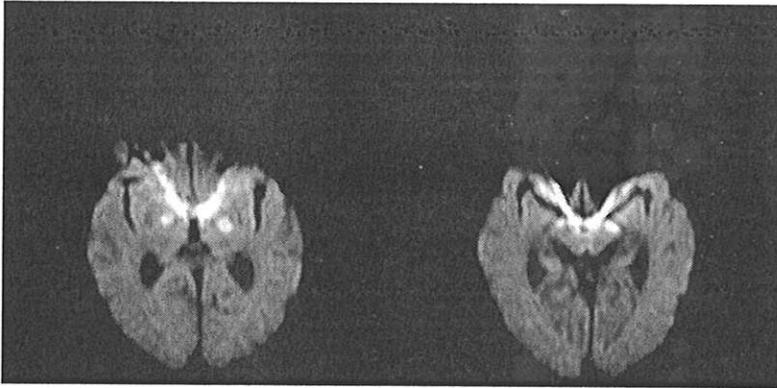
Sont rapportés ci-après deux cas d'infarctus bilatéral dans le territoire tubérothalamique.

Cependant, les atteintes ischémiques thalamiques bilatérales sont réputées être l'apanage quasi-exclusif du territoire paramédian.

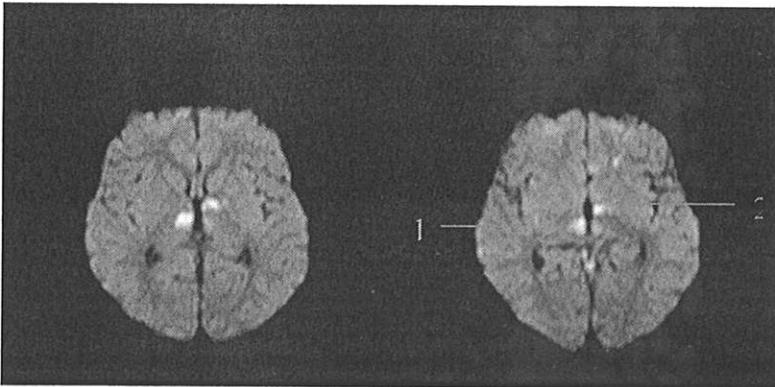
Ces atteintes bilatérales tubérothalamiques s'expliquent par une absence de l'artère tubérothalamique, les territoires paramédians et tubérothalamiques étant alors tous deux vascularisés par les artères paramédianes.



Ischémie tubérothalamique bilatérale avec infarctus inféro-latéral droit associé



Ischémie tubérothalamique bilatérale avec atteinte associée des pédoncules cérébraux

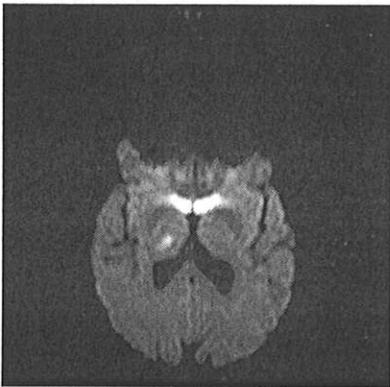


Multiplés infarctus thalamiques, dont un infarctus paramédian bilatéral prédominant à droite (1) et une atteinte tubérothalamique gauche (2). A noter la coexistence de localisations frontale gauche et vermienne.

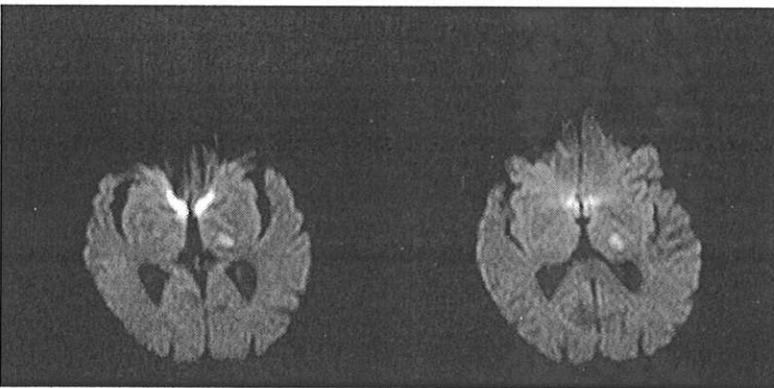
TERRITOIRE INFÉROLATERAL

Le groupe des artères inféro-latérales est composé de cinq à dix artères qui naissent de la portion P2 de l'artère cérébrale postérieure. Le tout réalise trois groupes vasculaires.

Le groupe principal vascularise la partie postérieure des noyaux ventro-médian et ventro-latéral. Un deuxième groupe plus postérieur vascularise la partie supérieure et latérale du pulvinar et le noyau dorso-latéral. Un dernier groupe médial vascularise le corps genouillé médial.



Ischémie thalamique dans le territoire des artères inféro-latérales droites



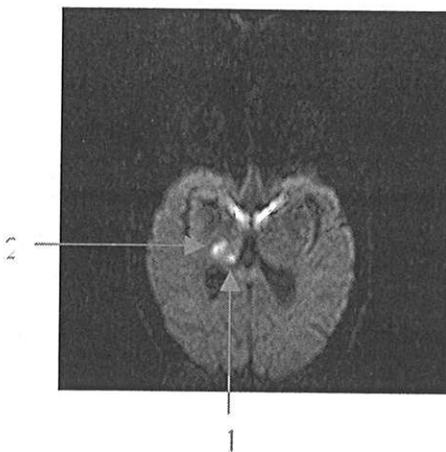
Ischémie dans le territoire des artères inféro-latérales gauches



Ischémie dans le territoire inférolatéral droit visible en hypersignal en imagerie de diffusion et en incidence axiale puis coronale en pondération T2 Flair (de gauche à droite)

TERRITOIRE CHOROÏDIEN POSTERIEUR

Tout comme les artères inféro-latérales, les artères choroïdiennes postérieures naissent du segment P2 de l'artère cérébrale postérieure. On décrit le plus souvent deux groupes, l'un médial et l'autre latéral qui tous deux vascularisent le pulvinar et le corps genouillé médial ou latéral.



Ischémie thalamique droite intéressant à la fois le territoire des artères choroïdiennes postérieures (flèche 1) mais également le territoire inféro-latéral (flèche 2)

ANGIO-ARCHITECTURE DU TRONC CEREBRAL ET DU CERVELET

ARTERES DU TRONC CEREBRAL

Les principales artères assurant la vascularisation du tronc cérébral sont l'artère vertébrale, l'artère spinale, l'artère cérébelleuse postéro-inférieure, l'artère basilaire, l'artère cérébelleuse antéro-inférieure, l'artère cérébelleuse supérieure, l'artère cérébrale postérieure, l'artère communicante postérieure et l'artère choroïdienne antérieure.

D'après de nombreux auteurs, et notamment les travaux de Duvernoy⁴¹ repris par Tatu⁴², la cartographie artérielle du tronc cérébral est constituée de quatre groupes artériels principaux dénommés antéromédial, antérolatéral, latéral et postérieur.

A chaque niveau du tronc cérébral, l'origine de la vascularisation de ces groupes artériels varie.

Au niveau du bulbe :

Les groupes antéromédial et antérolatéral sont vascularisés par l'artère spinale antérieure et dans une moindre mesure par l'artère vertébrale.

Le groupe latéral est vascularisé essentiellement par un rameau inférieur de l'artère cérébelleuse postéro-inférieure, mais également par l'artère vertébrale, l'artère basilaire et un rameau supérieur de l'artère cérébelleuse antéro-inférieure.

Le groupe postérieur est vascularisé par l'artère cérébelleuse postéro-inférieure dans la partie supérieure du bulbe, plus bas, sa vascularisation provient de l'artère spinale postérieure.

Au niveau du pont :

Les groupes antéromédial et antérolatéral ont une vascularisation provenant de branches perforantes issues de l'artère basilaire.

Le groupe latéral est vascularisé à la fois par l'artère cérébelleuse antéro-inférieure et les artères latérales du pont.

Le groupe postérieur est vascularisé par l'artère cérébelleuse supérieure.

Au niveau du mésencéphale :

Cinq troncs artériels assurent la vascularisation du mésencéphale. De bas en haut, il s'agit : de l'artère cérébelleuse supérieure, de l'artère colliculaire, de l'artère choroïdienne postéro-médiale, de l'artère cérébrale postérieure et de l'artère choroïdienne antérieure.

Le groupe antéromédial est vascularisé par l'artère cérébrale postérieure.

Les groupes antérolatéral et latéral sont vascularisés par les artères colliculaire et choroïdienne postéro-médiale. L'artère choroïdienne antérieure participe à la partie supérieure du groupe antérolatéral.

Le groupe postérieur est vascularisé par les artères cérébelleuse supérieure, colliculaire, et choroïdienne postéro-médiane.

ARTERES DU CERVELET

La vascularisation artérielle du cervelet dépend de trois artères principales qui sont l'artère cérébelleuse supérieure, et les artères cérébelleuses antéro-inférieure et postéro-inférieure.

L'artère cérébelleuse postéro-inférieure naît de l'artère vertébrale près de sa terminaison. Elle chemine d'abord latéralement par rapport au bulbe, puis s'insinue entre sa face postérieure et le cervelet. Elle se termine en donnant des branches au plexus choroïde du quatrième ventricule et la face inférieure du vermis et les régions postéro-inférieures des hémisphères cérébelleux.

L'artère cérébelleuse antéro-inférieure est de taille variable et naît du segment inférieur du tronc basilaire. Elle se dirige d'abord transversalement en direction du conduit auditif interne, pour présenter une anse à concavité supérieure et se diriger

ensuite vers le cervelet. Elle assure la vascularisation des surfaces antérieures des lobules semi-lunaires ainsi que le flocculus et le pédoncule cérébelleux moyen.

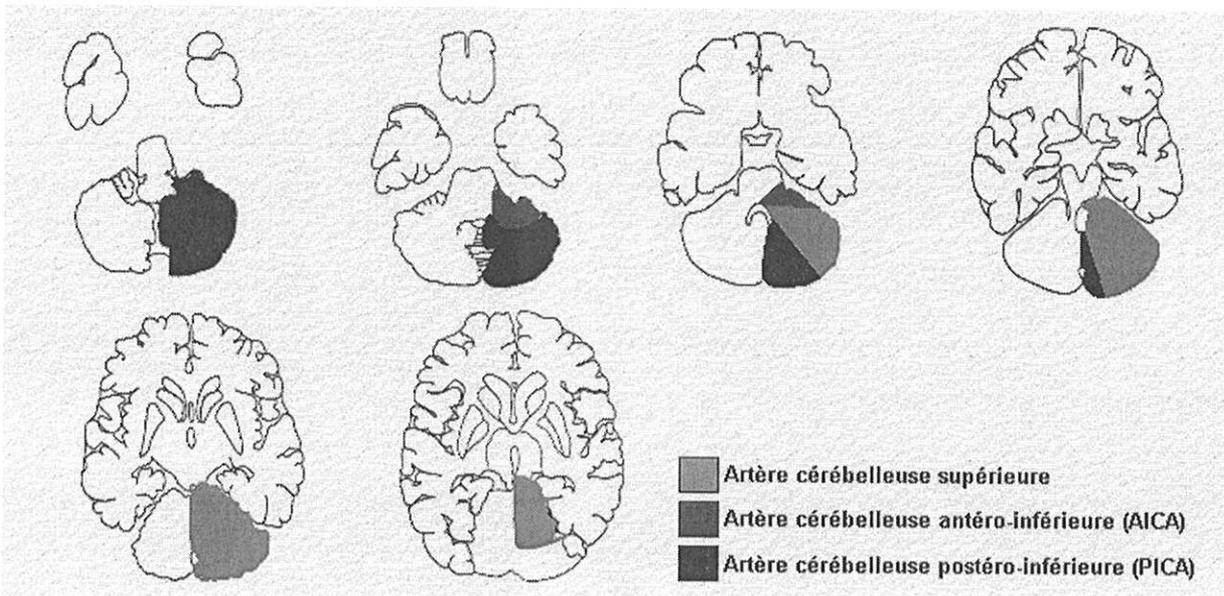
L'artère cérébelleuse supérieure naît du tronc basilaire avant sa terminaison en deux artères cérébrales postérieures. Elle entoure la partie inférieure des pédoncules cérébraux, parallèlement au premier segment de l'artère cérébrale postérieure. Elle se termine à la face supérieure du cervelet en branches vermiennes et hémisphériques et participe à la vascularisation du noyau dentelé.

SCHEMA DES TERRITOIRES VASCULAIRES DE LA FOSSE POSTERIEURE

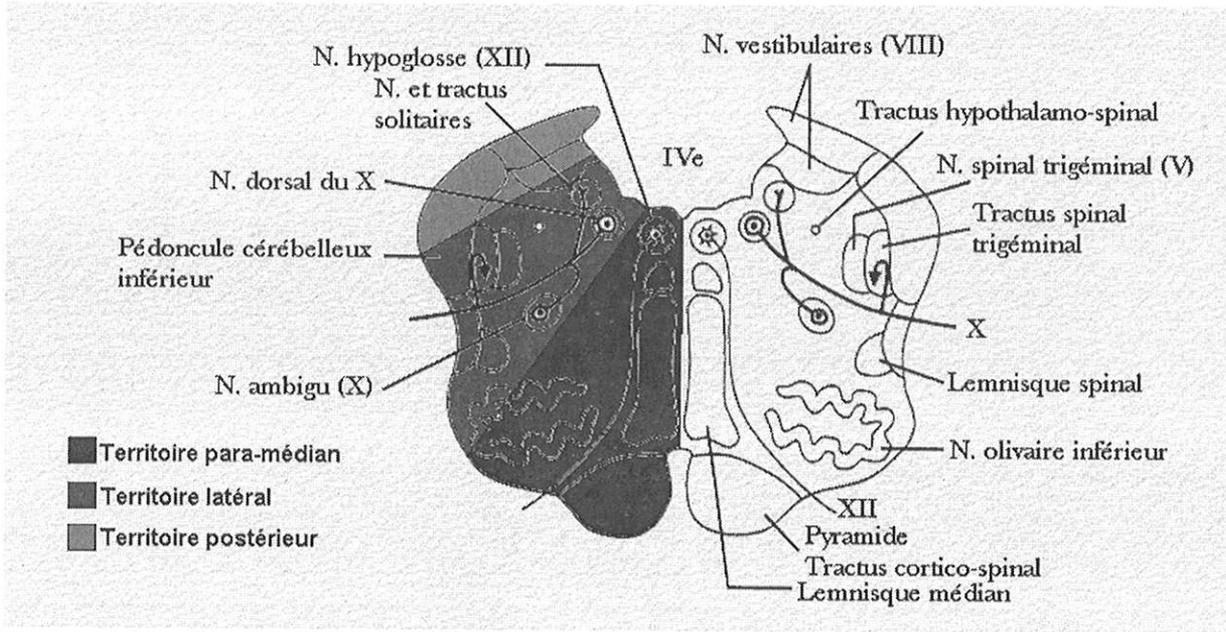
L'étude des territoires vasculaires cérébraux de la fosse postérieure a fait l'objet de la publication de plusieurs atlas, relativement similaires.

TABLES DE BOGOUSLAVSKY

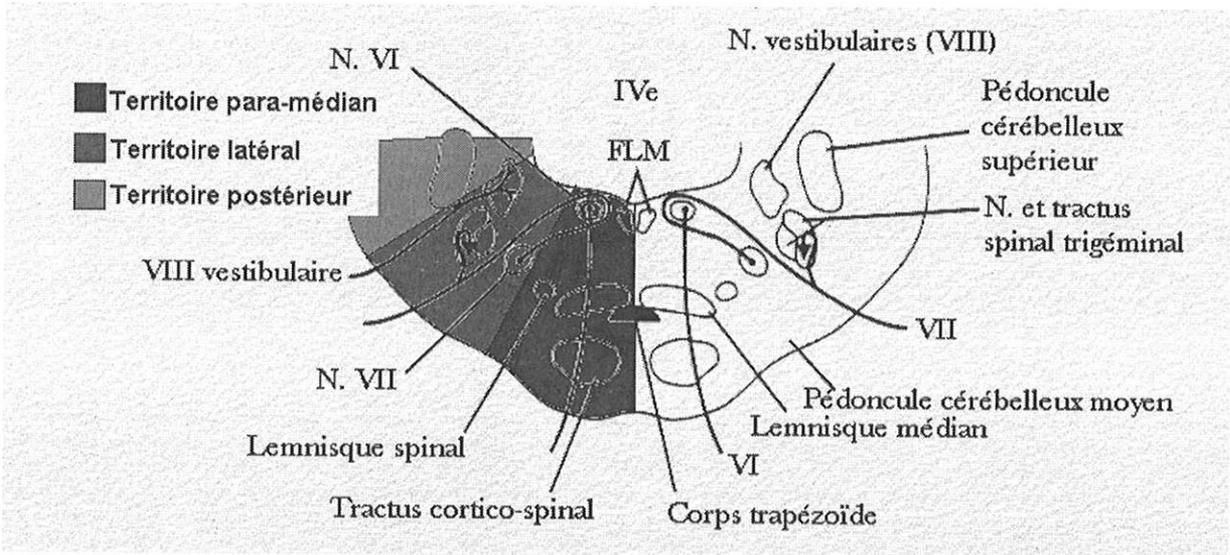
Territoires du cervelet :



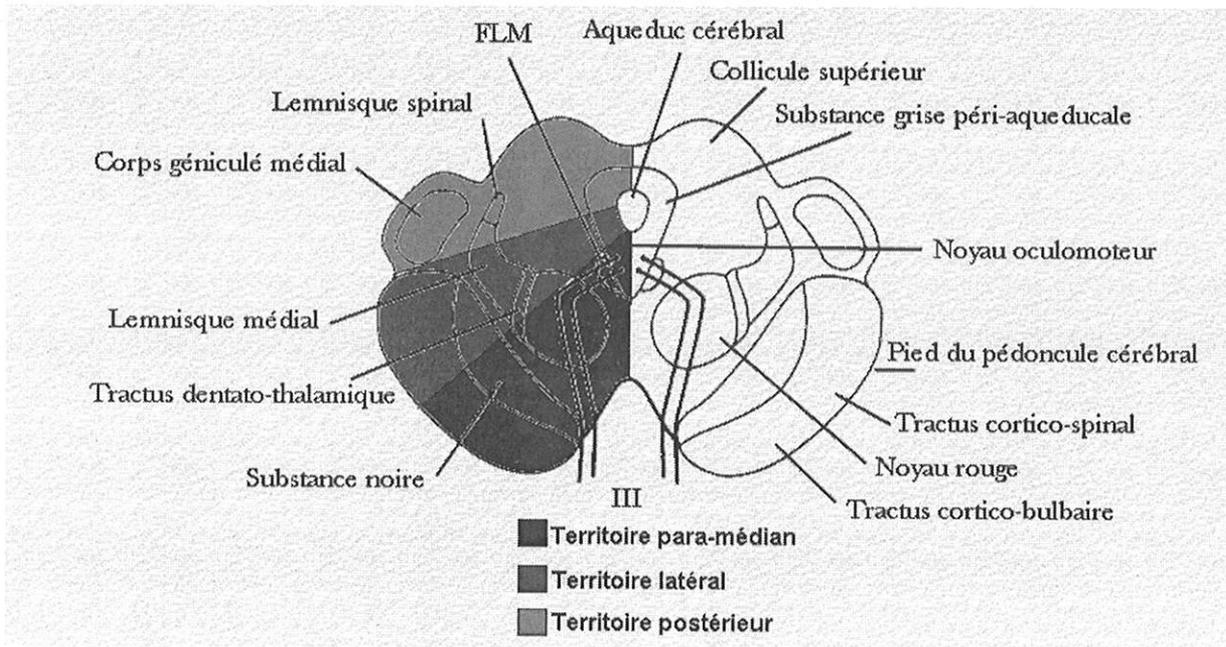
Au niveau du bulbe :



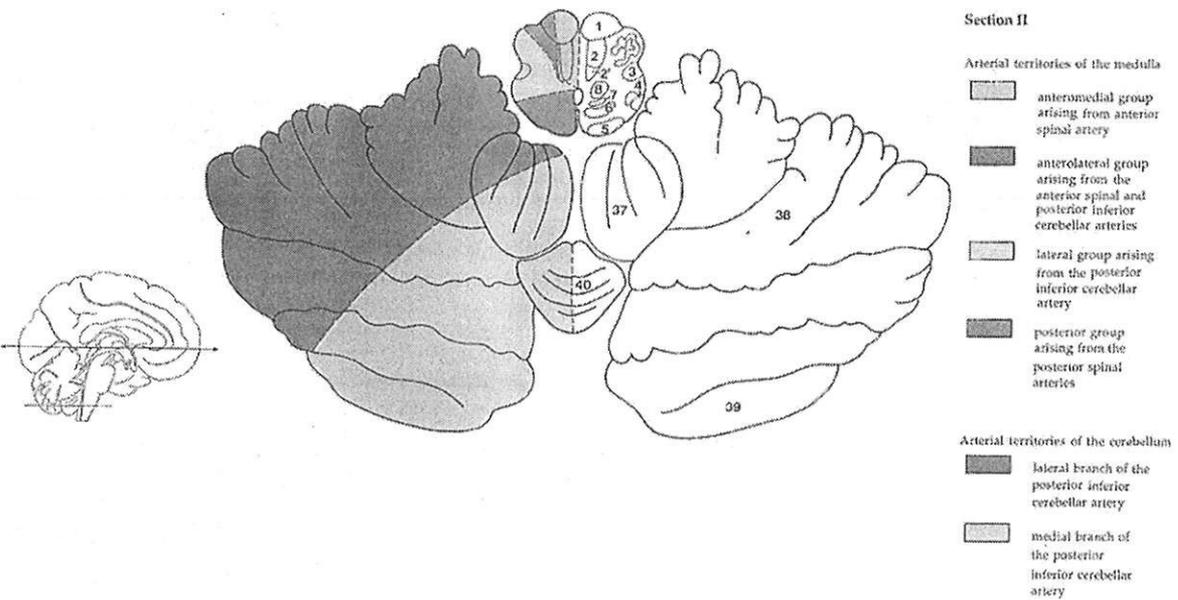
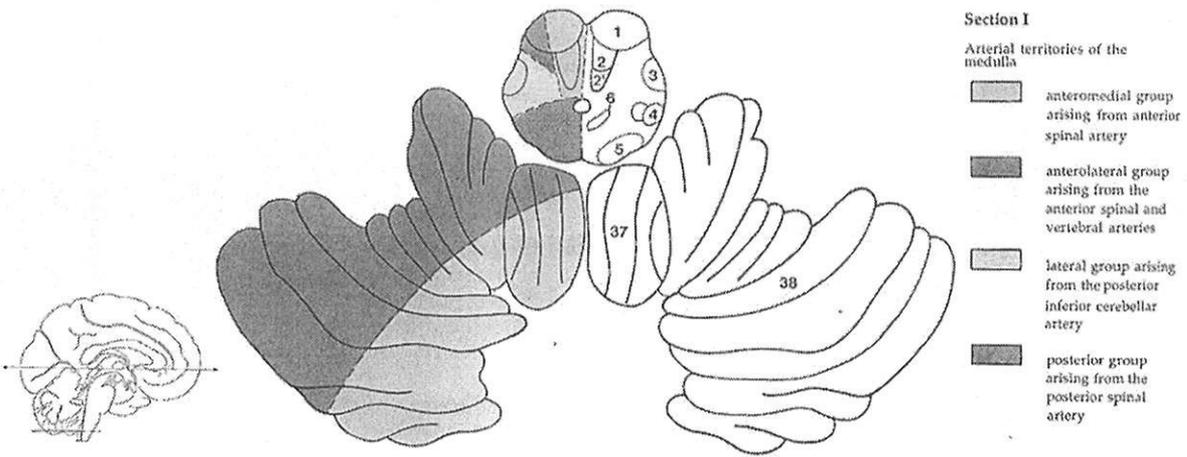
Au niveau de la protubérance :

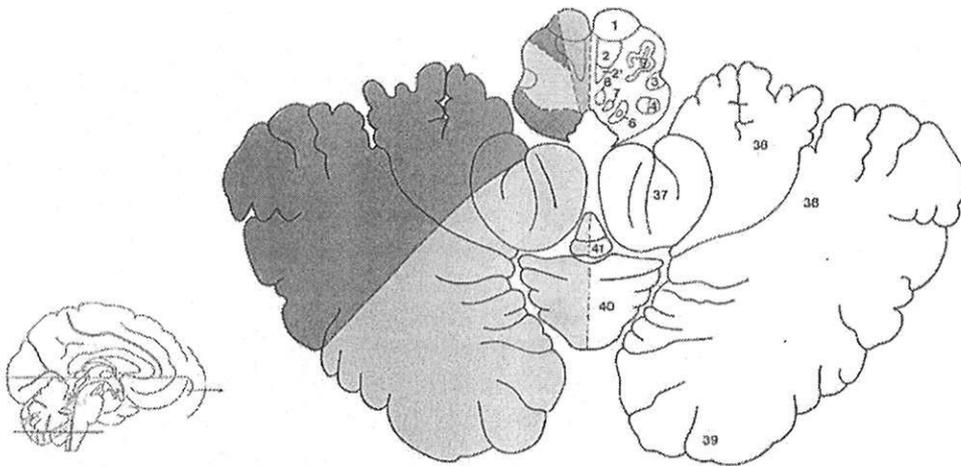


Au niveau du mésencéphale :



TABLES DE TATU





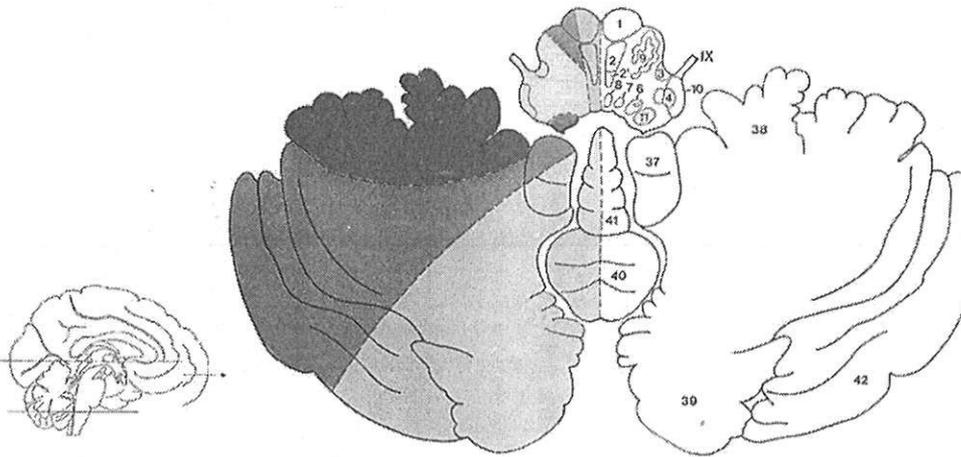
Section III

Arterial territories of the medulla

-  anteromedial group arising from the anterior spinal artery
-  anterolateral group arising from the anterior spinal and posterior inferior cerebellar arteries
-  lateral group arising from the posterior inferior cerebellar artery (inferior rami of the lateral medullary fossa)
-  posterior group arising from the posterior inferior cerebellar artery

Arterial territories of the cerebellum

-  lateral branch of the posterior inferior cerebellar artery
-  medial branch of the posterior inferior cerebellar artery



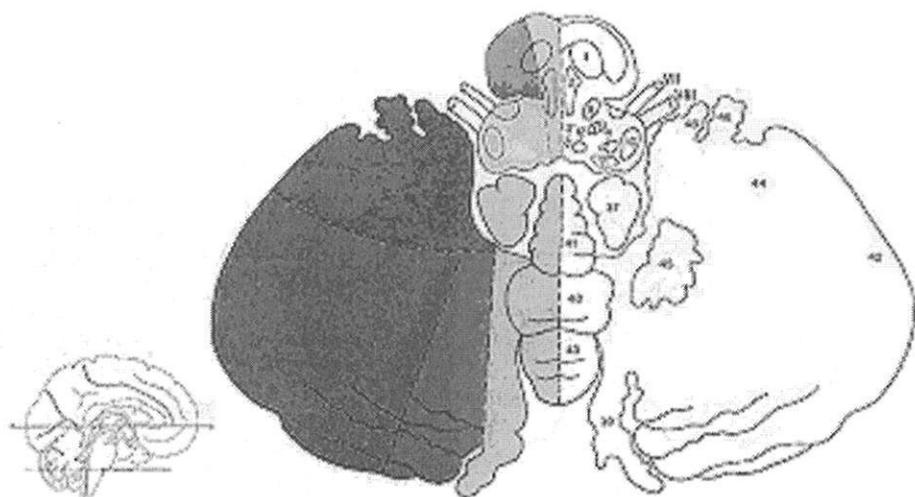
Section IV

Arterial territories of the medulla

-  anteromedial group arising from anterior spinal and vertebral arteries
-  anterolateral group arising from anterior spinal and vertebral arteries
-  lateral group arising from the vertebral artery (middle rami of the lateral medullary fossa)
-  posterior group arising from the posterior inferior cerebellar artery

Arterial territories of the cerebellum

-  anterior inferior cerebellar artery
-  lateral branch of the posterior inferior cerebellar artery
-  medial branch of the posterior inferior cerebellar artery



Section V

Arterial territories of the pons

-  mesencephalic group arising from the basilar cerebral arteries (basilar artery)
-  mesolateral group arising from the basilar artery
-  lateral group arising from vertebral and anterior inferior cerebellar arteries (superior part of the lateral medullary blood)

Arterial territories of the cerebellum

-  anterior inferior cerebellar artery
-  lateral branch of the superior cerebellar artery
-  lateral branch of the posterior inferior cerebellar artery
-  medial branch of the posterior inferior cerebellar artery

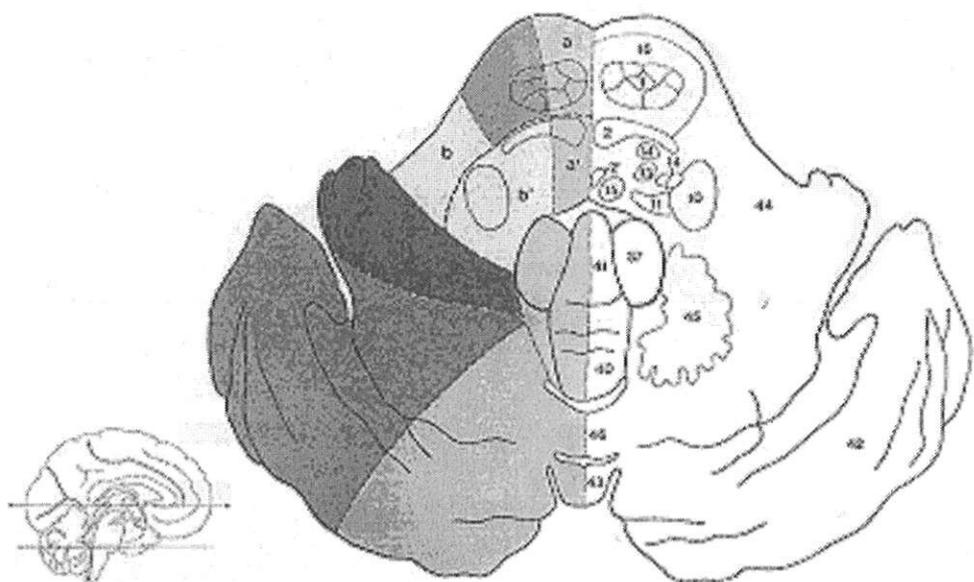
Section VI

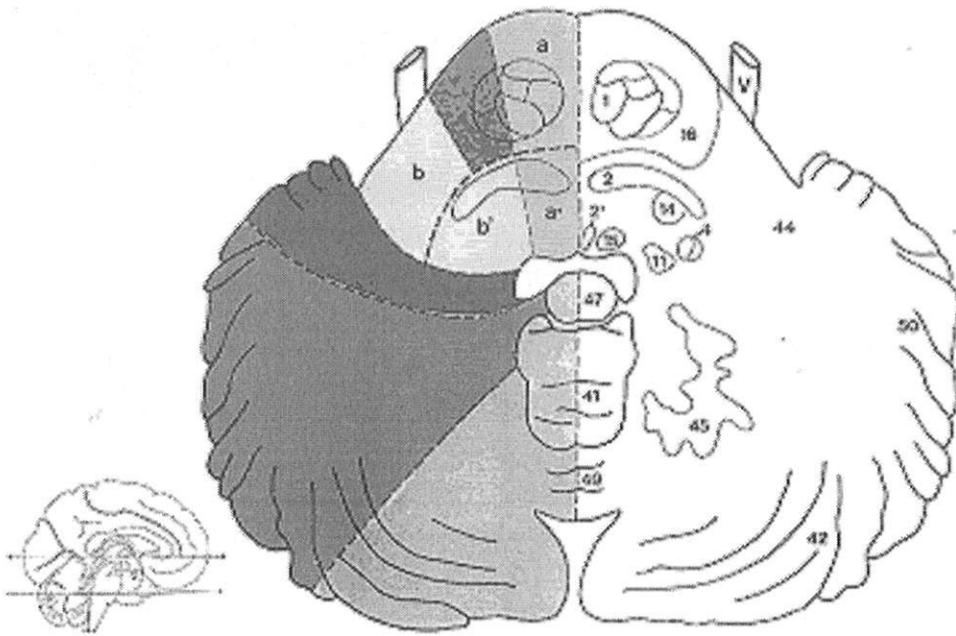
Arterial territories of the pons

-  mesencephalic group arising from the basilar artery (a) and from the arteries of the basilar cerebral arteries (b)
-  mesolateral group arising from the basilar artery
-  lateral group arising from the basilar artery (general posterior artery (g)) and from the anterior inferior cerebellar arteries (superior part of the lateral medullary blood (h))

Arterial territories of the cerebellum

-  anterior inferior cerebellar artery
-  lateral branch of the superior cerebellar artery
-  medial branch of the superior cerebellar artery
-  medial branch of the posterior inferior cerebellar artery





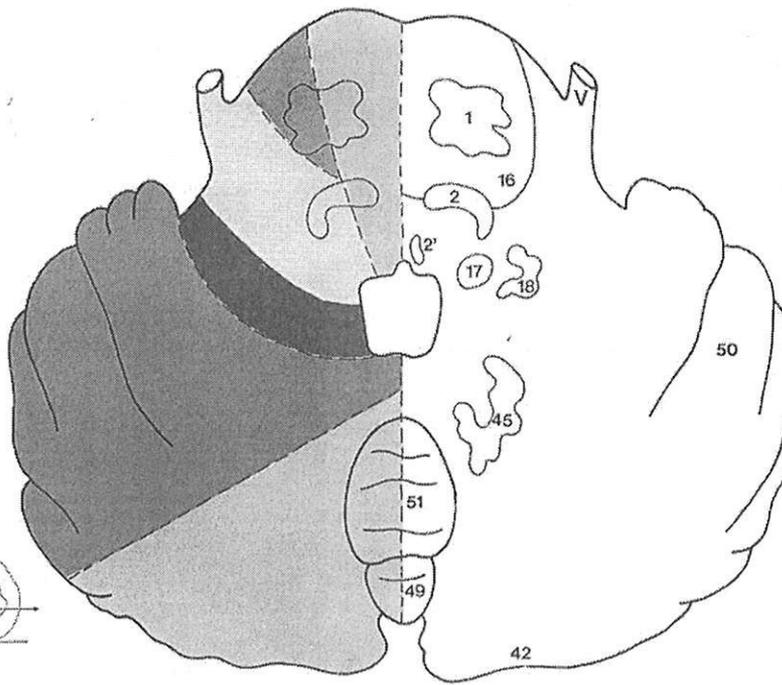
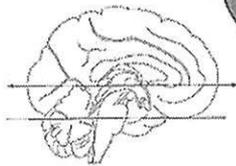
Section VII

Arterial territories of the pons

- anteromedial group arising from the basilar artery (1), and from the arteries of the anterior inferior cerebellar artery (1)
- anterolateral group arising from the basilar artery
- lateral group arising from the basilar artery (lateral pontine arterial) and from the anterior inferior cerebellar artery (superior part of the lateral medullary (20) (21))

Arterial territories of the cerebellum

- anterior inferior cerebellar artery
- lateral branch of the superior cerebellar artery
- medial branch of the superior cerebellar artery
- medial branch of the posterior inferior cerebellar artery



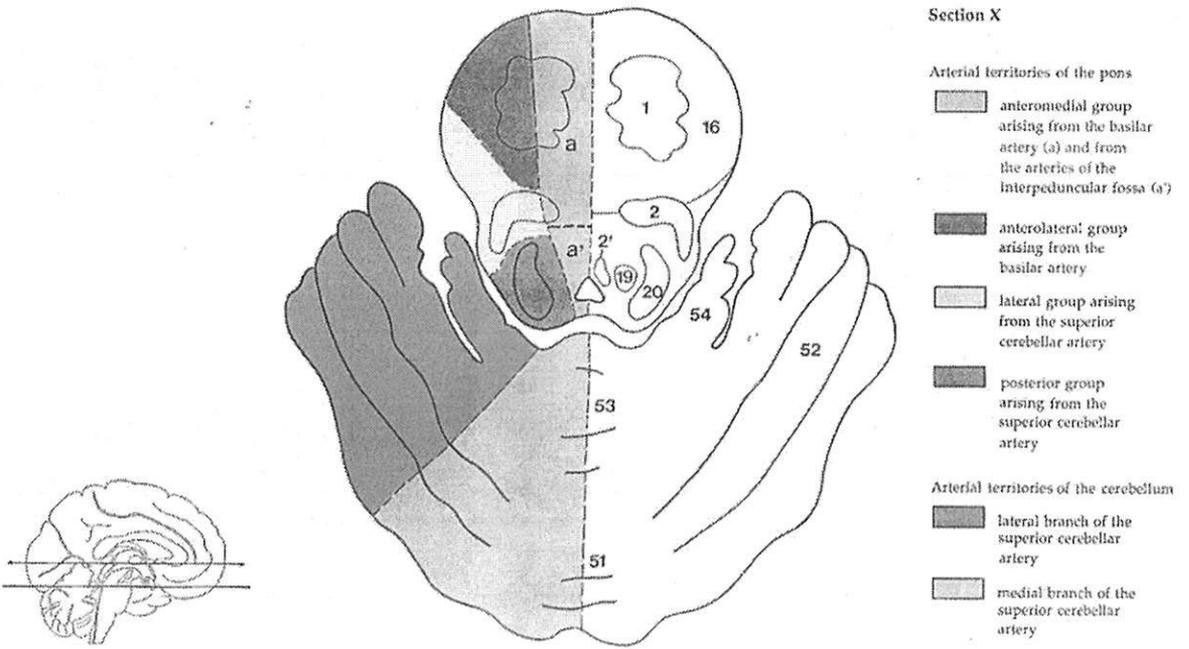
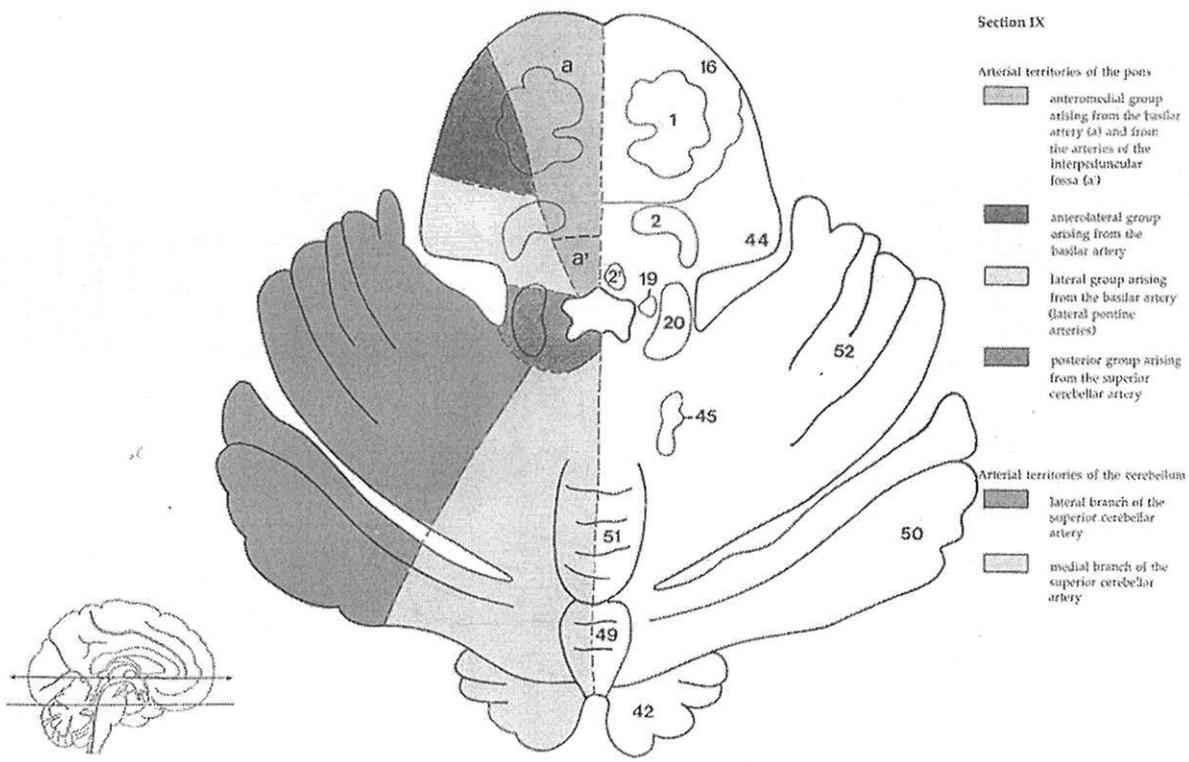
Section VIII

Arterial territories of the pons

- anteromedial group arising from the basilar artery
- anterolateral group arising from the basilar artery
- lateral group arising from the basilar artery (lateral pontine arteries) and from the anterior inferior cerebellar artery

Arterial territories of the cerebellum

- anterior inferior cerebellar artery
- lateral branch of the superior cerebellar artery
- medial branch of the superior cerebellar artery



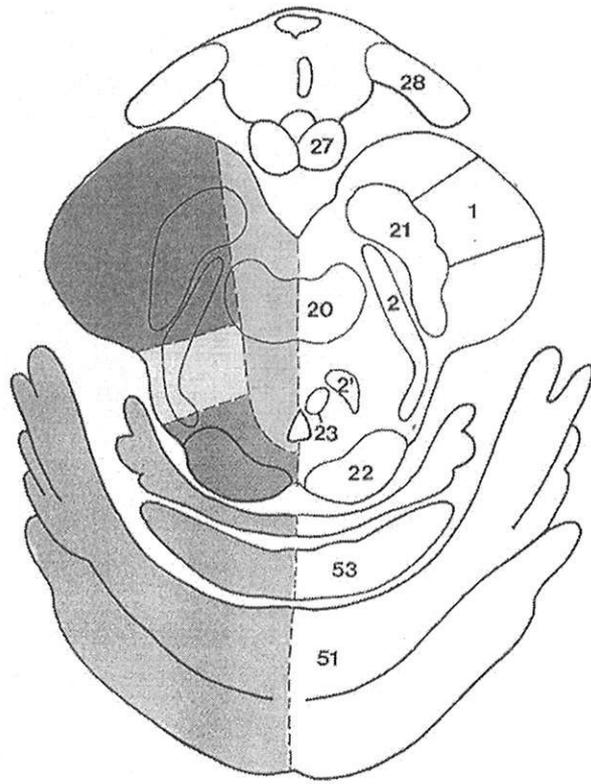
Section XI

Arterial territories of the midbrain

-  anteromedial group arising from the arteries of the interpeduncular fossa
-  anterolateral group arising from the collicular and posteromedial choroidal arteries
-  lateral group arising from the collicular artery
-  posterior group arising from the superior cerebellar and collicular arteries

Arterial territories of the cerebellum

-  medial branch of the superior cerebellar artery



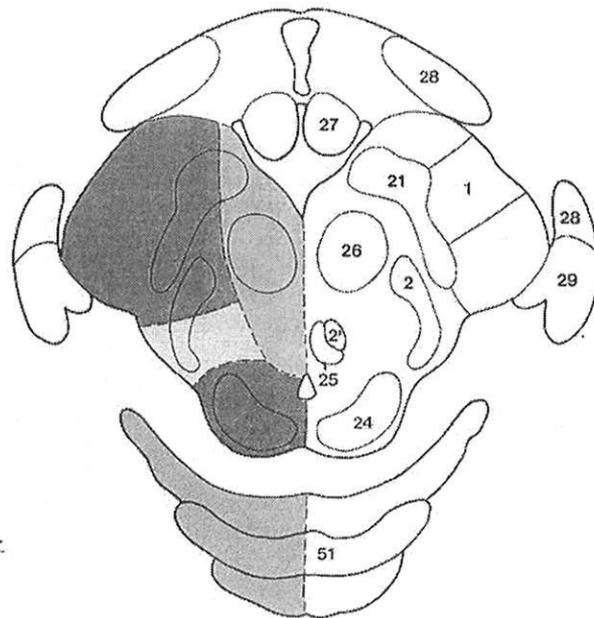
Section XII

Arterial territories of the midbrain

-  anteromedial group arising from the arteries of the interpeduncular fossa
-  anterolateral group arising from the collicular, posteromedial choroidal and anterior choroidal arteries
-  lateral group arising from the collicular, posteromedial choroidal and posterior cerebral arteries
-  posterior group arising from the collicular and posteromedial choroidal arteries

Arterial territories of the cerebellum

-  medial branch of the superior cerebellar artery



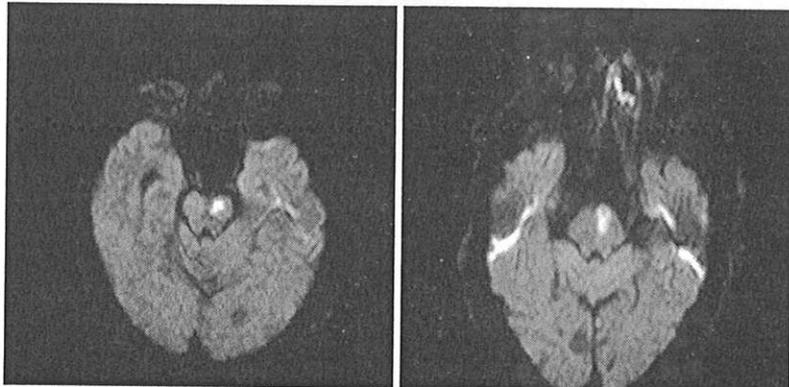
1 Corticospinal tract	15 Abducens nucleus	30 Medial geniculate body	46 Folium of vermis
2 Medial lemniscus	16 Pontine nuclei	31 Pulvinar	47 Nodulus
2' Medial longitudinal fasciculus	17 Motor trigeminal nucleus	32 Mammillothalamic tract	48 Flocculus
3 Spinothalamic tract	18 Principal sensory trigeminal nucleus	33 Column of fornix	49 Decive
4 Spinal trigeminal tract and nuclei	19 Nucleus coeruleus	34 Caudate nucleus	50 Simple lobule
5 Gracile and cuneate nuclei	20 Superior cerebellar peduncle	35 Putamen	51 Culmen
6 Nucleus of the solitary tract	21 Substantia nigra	36 Anterior commissure	52 Quadrangular lobule
7 Dorsal motor vagal nucleus	22 Inferior colliculus	37 Tonsil	53 Central lobule
8 Hypoglossal nucleus	23 Trochlear nucleus	38 Biventer lobule	54 Ala of the central lobule
9 Inferior olivary nucleus	24 Colliculus superior	39 Inferior semilunar lobule	V Trigeminal nerve
10 Inferior cerebellar peduncle	25 Oculomotor nucleus	40 Pyramid of vermis	VII Facial nerve
11 Vestibular nucleus	26 Red nucleus	41 Uvula	VIII Vestibulocochlear nerve
12 Nucleus propositus	27 Mamilary body	42 Superior semilunar lobule	IX Glossopharyngeal nerve
13 Facial nucleus	28 Optic tract	43 Tuber of vermis	
14 Superior olivary nucleus	29 Lateral geniculate body	44 Middle cerebellar peduncle	
		45 Dentate nucleus	

ILLUSTRATION IRM DES TERRITOIRES DU TRONC CEREBRAL

GROUPE ANTERO-MEDIAL

- Au niveau du mésencéphale :

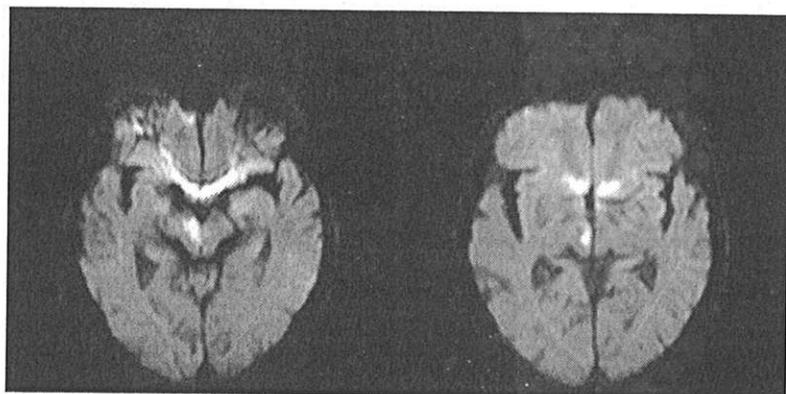
Sa vascularisation provient essentiellement des artères de la fosse inter-pédonculaire issues de l'artère cérébrale postérieure.



Ischémie antéromédiale gauche intéressant le mésencéphale



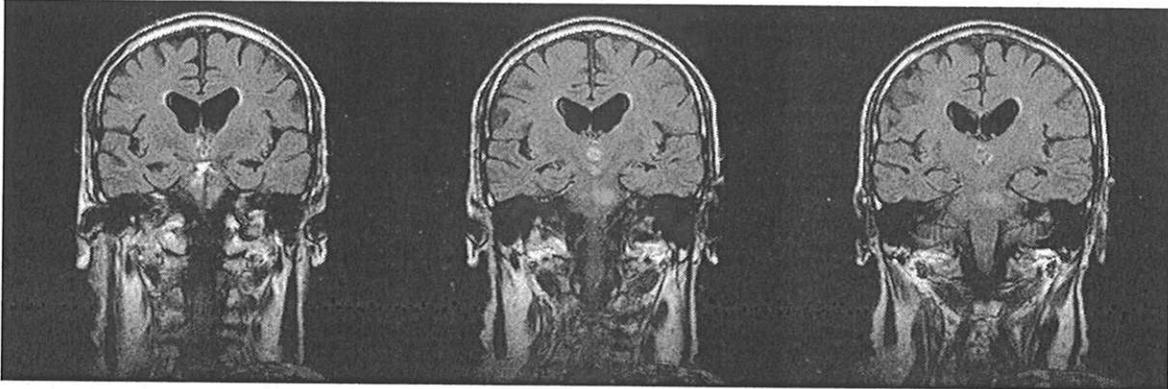
Ischémie du groupe antéromédial gauche du mésencéphale



Ischémie du groupe antéro-médial droit du mésencéphale

- Au niveau de la protubérance :

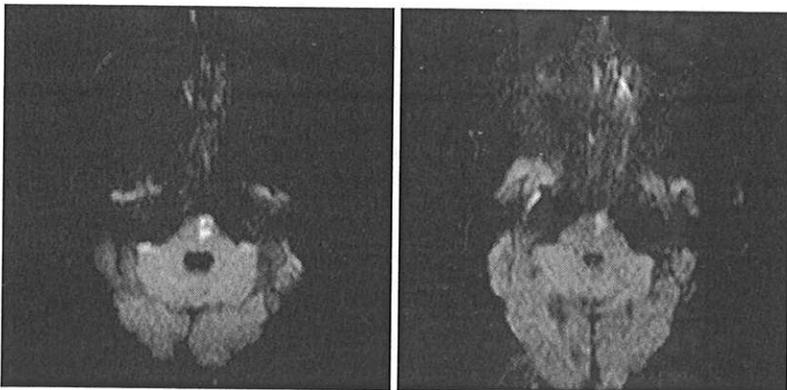
Sa vascularisation est essentiellement issue des artères perforantes issues du tronc basilaire



Séquence sagittale pondérée en T2 Flair montrant une ischémie du groupe antéromédian gauche au niveau de la protubérance



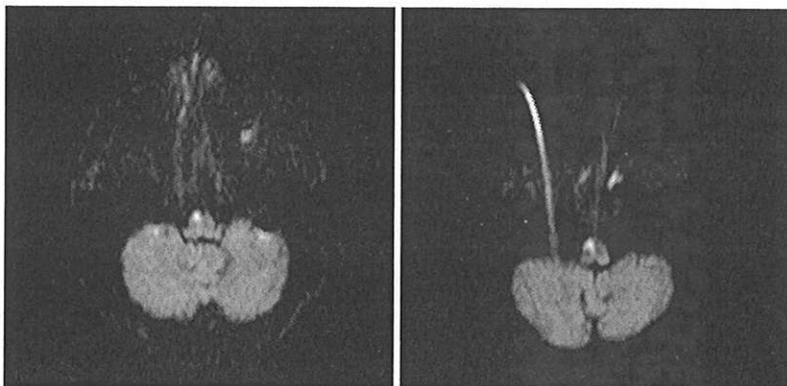
Ischémie du groupe antéromédian droit au niveau de la protubérance



Ischémie du groupe antéromédian gauche au niveau de la protubérance

- Au niveau du bulbe :

Sa vascularisation est majoritairement assurée par l'artère spinale antérieure

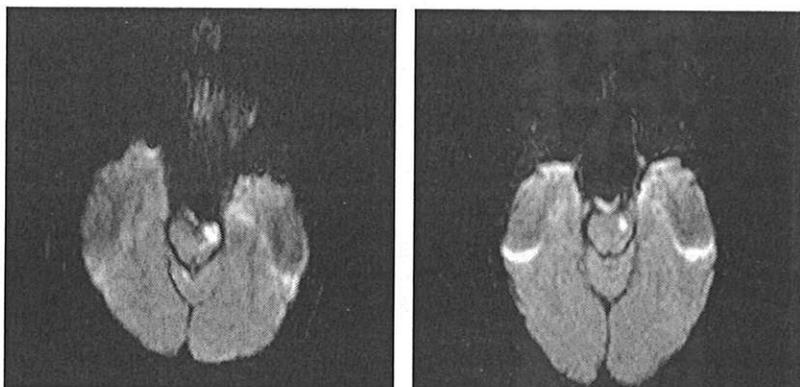


Ischémie du groupe antéromédian droit au niveau du bulbe

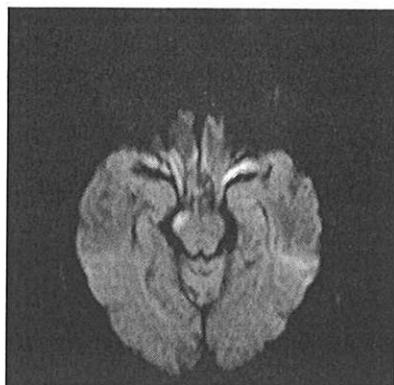
GRUPE ANTERO-LATERAL

- Au niveau du mésencéphale :

Sa vascularisation provient des artères colliculaire et choroïdienne postéro-médiane



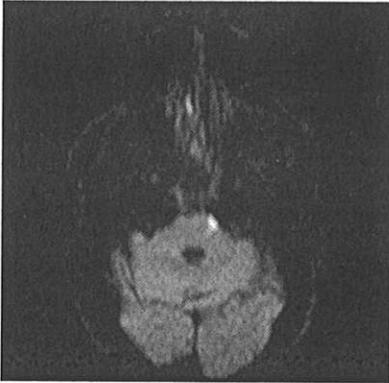
Ischémie du groupe antérolatéral gauche au niveau du mésencéphale



Ischémie du groupe antérolatéral droit au niveau du mésencéphale

- Au niveau du pont :

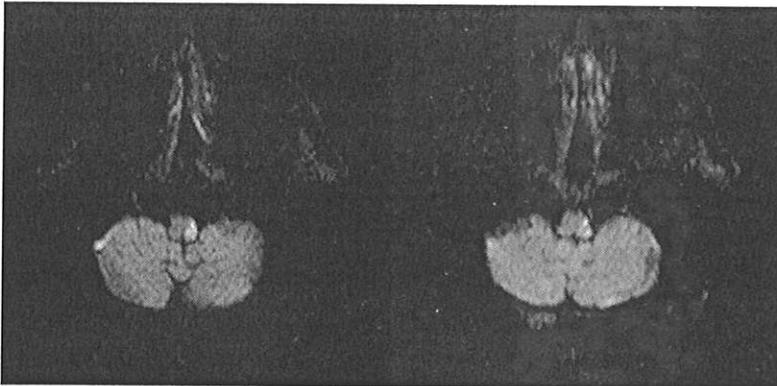
Le groupe antérolatéral y est vascularisé par des artères perforantes issues du tronc basilaire.



Ischémie du groupe antérolatéral gauche au niveau de la protubérance

- Au niveau du bulbe :

Il est essentiellement vascularisé par l'artère spinale antérieure

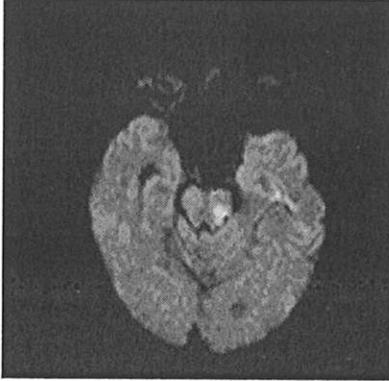


Ischémie du groupe antérolatéral gauche au niveau du bulbe

GRUPE LATERAL

- Au niveau du mésencéphale :

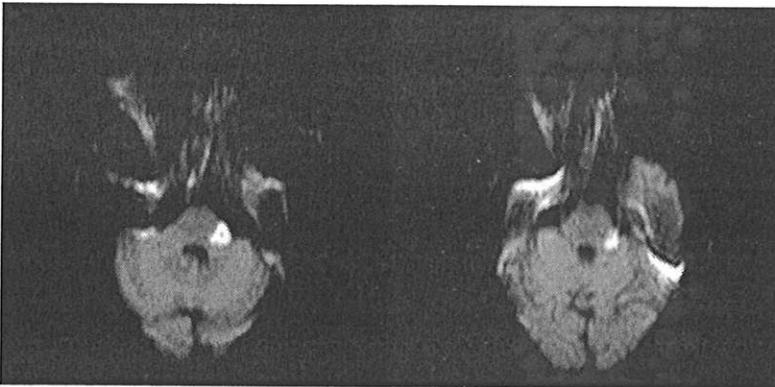
Sa vascularisation provient des artères colliculaire et choroïdienne postéro-médiane



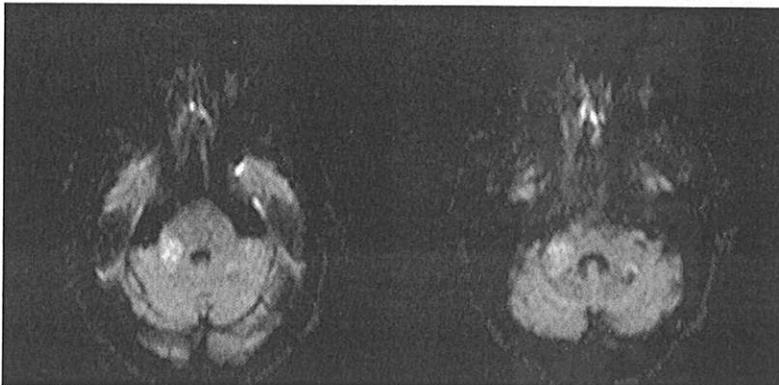
Ischémie du groupe latéral gauche au niveau du mésencéphale

- Au niveau du pont :

Sa vascularisation est assurée par l'artère cérébelleuse antéro-inférieure (AICA) et les artères latérales du pont issues du tronc basilaire



Ischémie du groupe latéral gauche au niveau de la protubérance



Ischémie du groupe latéral droit au niveau de la protubérance

- Au niveau du bulbe :

Sa vascularisation provient essentiellement de l'artère cérébelleuse postéro-inférieure



Ischémie du groupe latéral droit au niveau du bulbe



Ischémie du groupe latéral droit au niveau du bulbe en imagerie de diffusion et en pondération T2
Flair



Ischémie du groupe latéral gauche au niveau du bulbe en imagerie de diffusion et en pondération T2
Flair

GRUPE POSTERIEUR

- Au niveau du mésencéphale :

Sa vascularisation est essentiellement issue de l'artère cérébelleuse supérieure et de l'artère colliculaire



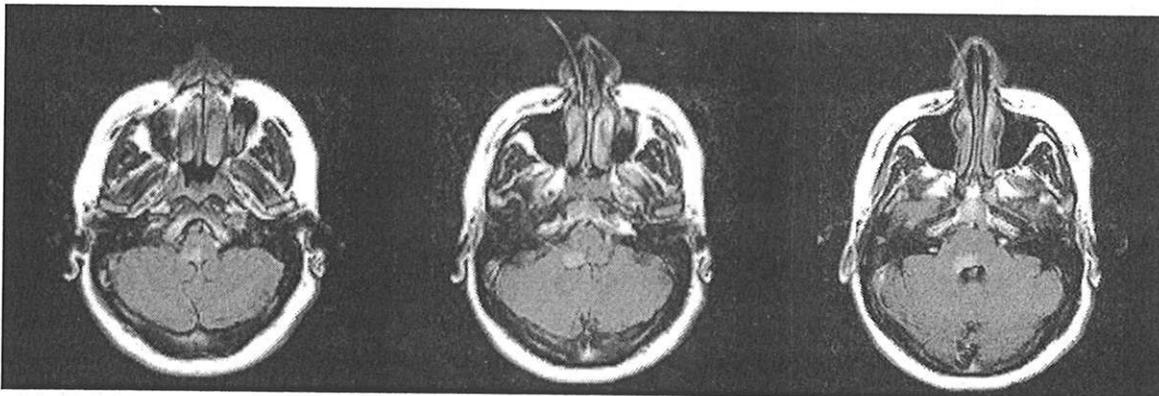
Ischémie du groupe postérieur gauche au niveau du mésencéphale



Ischémie dans le territoire de l'artère cérébelleuse supérieure gauche (grosse flèche) étendue au groupe postérieur du mésencéphale (petite flèche)

- Au niveau du pont :

Sa vascularisation est assurée par l'artère cérébelleuse supérieure



Ischémie dans le territoire postérieur droit au niveau de la protubérance

- Au niveau du bulbe :

Sa vascularisation est assurée par l'artère spinale postérieure et l'artère cérébelleuse postéro-inférieure (PICA)



Ischémie dans le territoire postérieur gauche au niveau du bulbe

La vascularisation de la partie supérieure du groupe postérieur au niveau du bulbe est issue de la PICA, l'atteinte concomitante de ces deux territoires est donc habituelle, comme dans le cas ci-après. A noter, l'atteinte cérébelleuse controlatérale surajoutée.

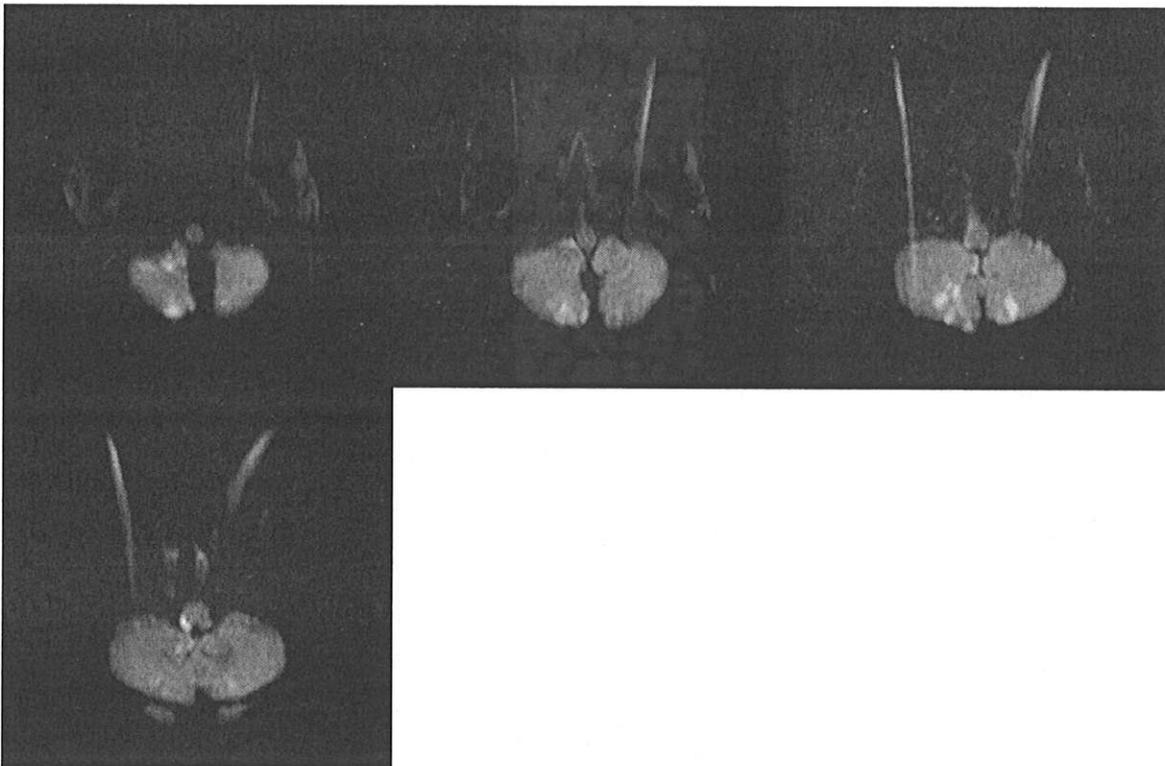
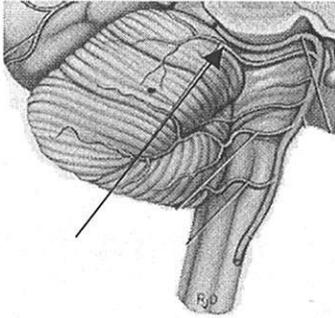
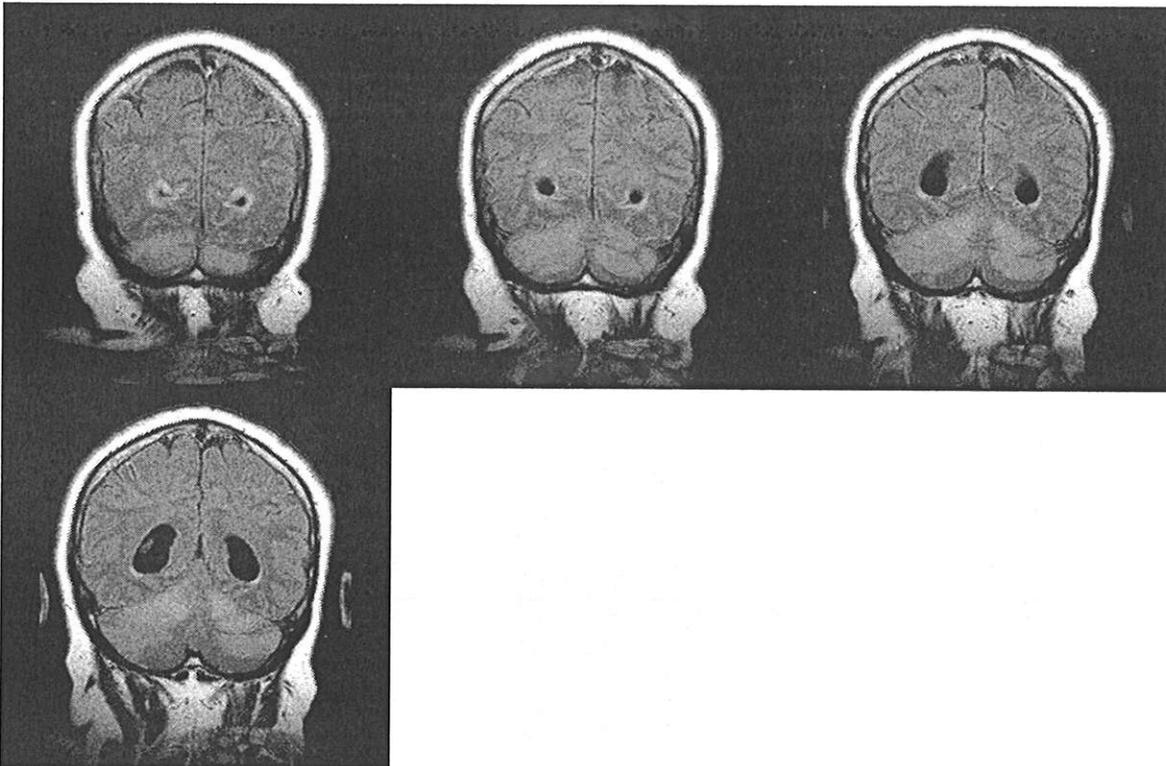


ILLUSTRATION IRM DES TERRITOIRES VASCULAIRES DU CERVELET



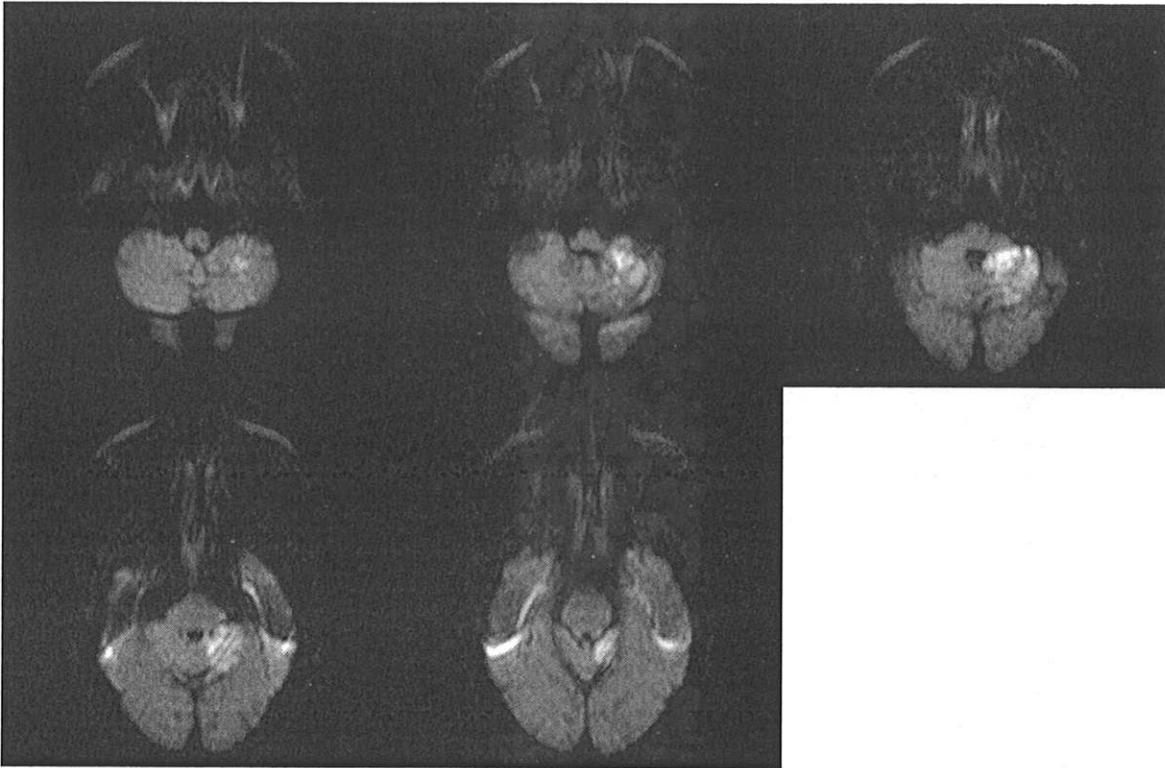
TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBELLEUSE SUPERIEURE



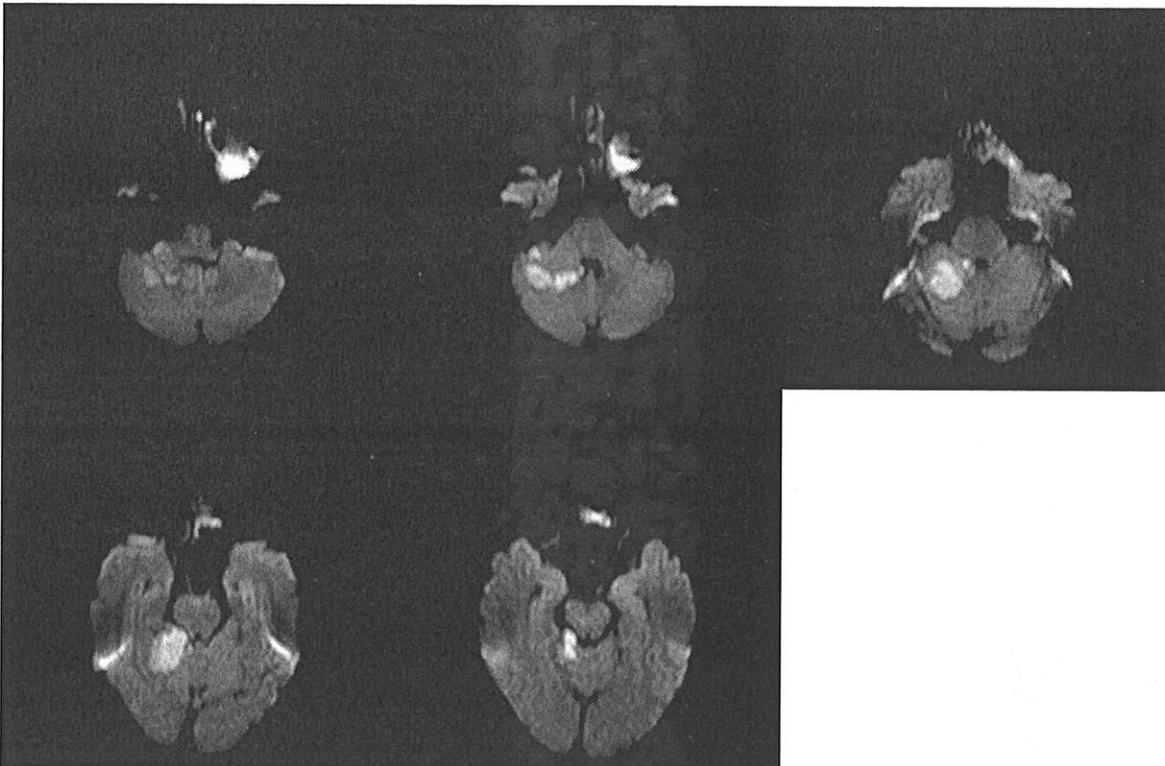
Ischémie bilatérale de la totalité du territoire des artères cérébelleuses supérieures.



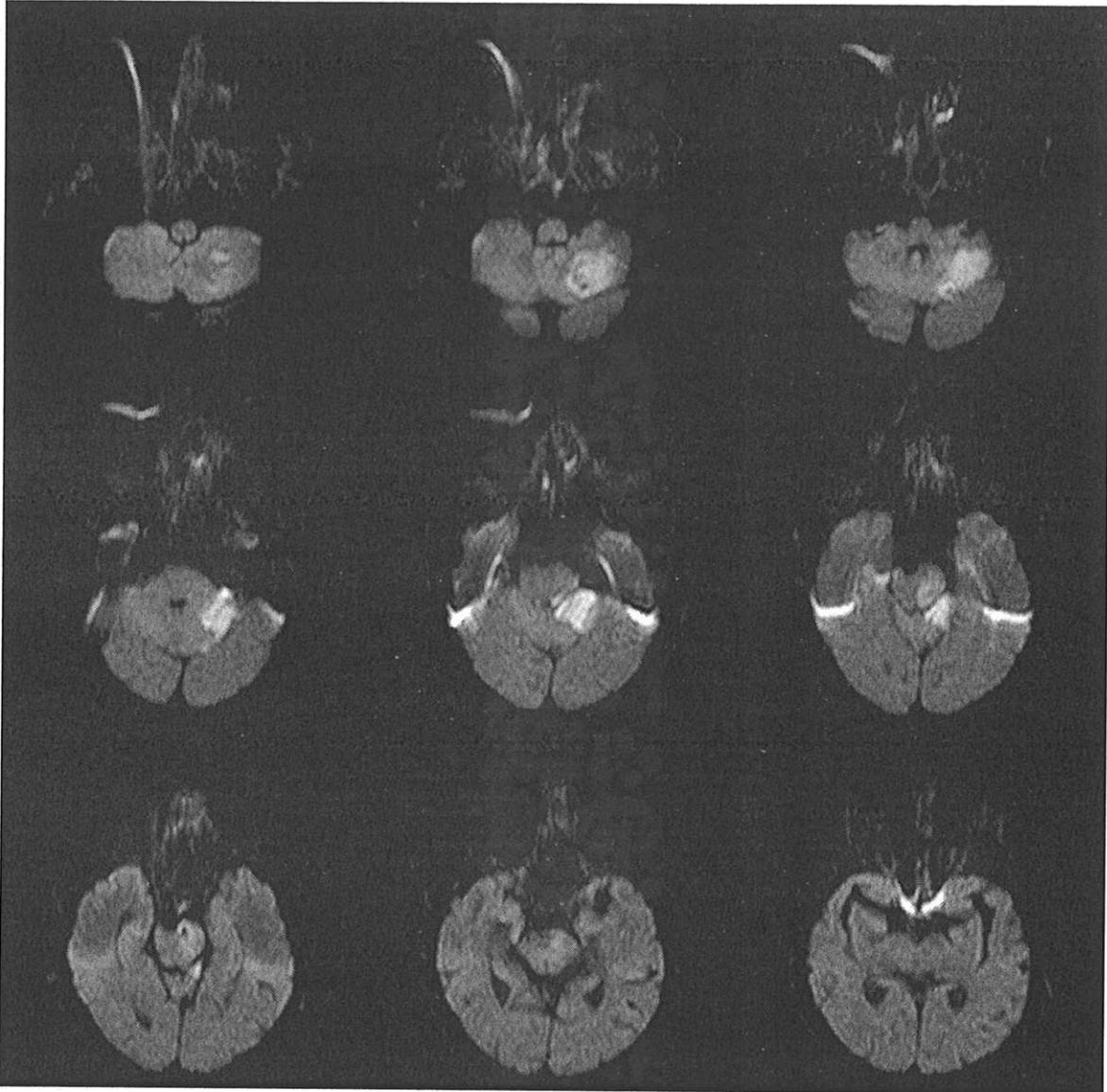
Ischémie partielle dans le territoire cérébelleux supérieur gauche avec atteinte associée du territoire de l'artère occipitale interne gauche



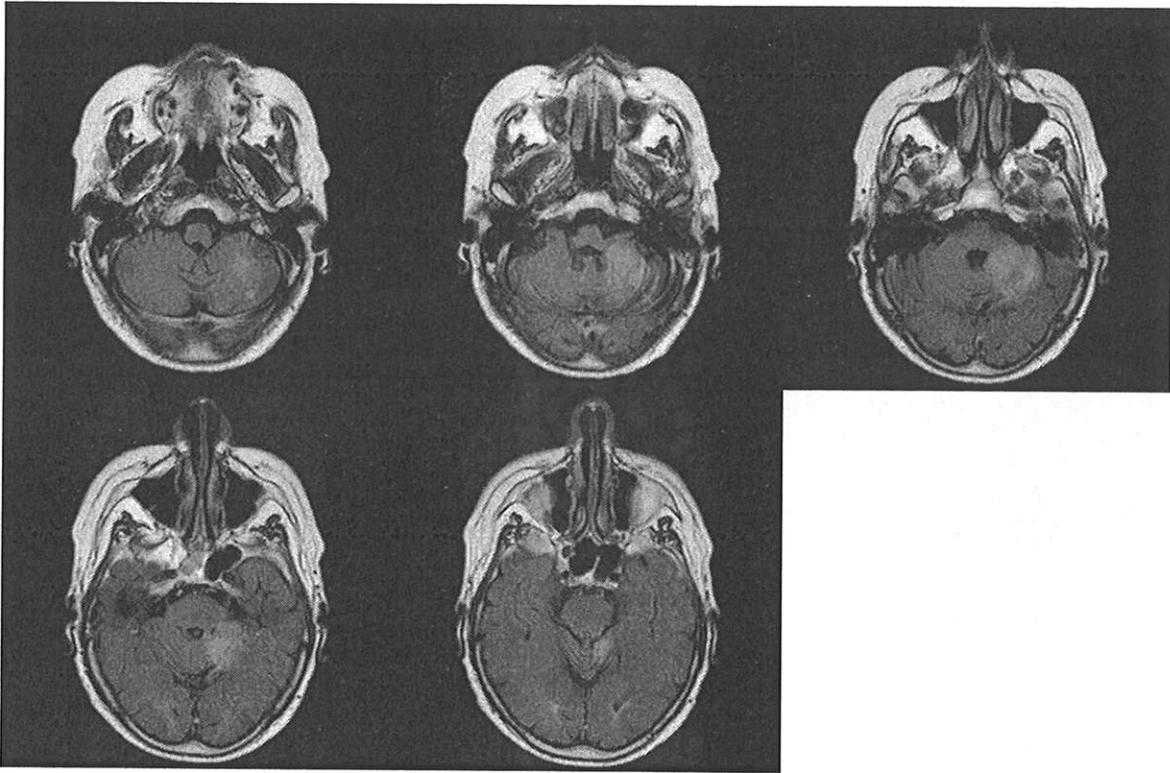
Ischémie partielle dans le territoire de l'artère cérébelleuse supérieure gauche



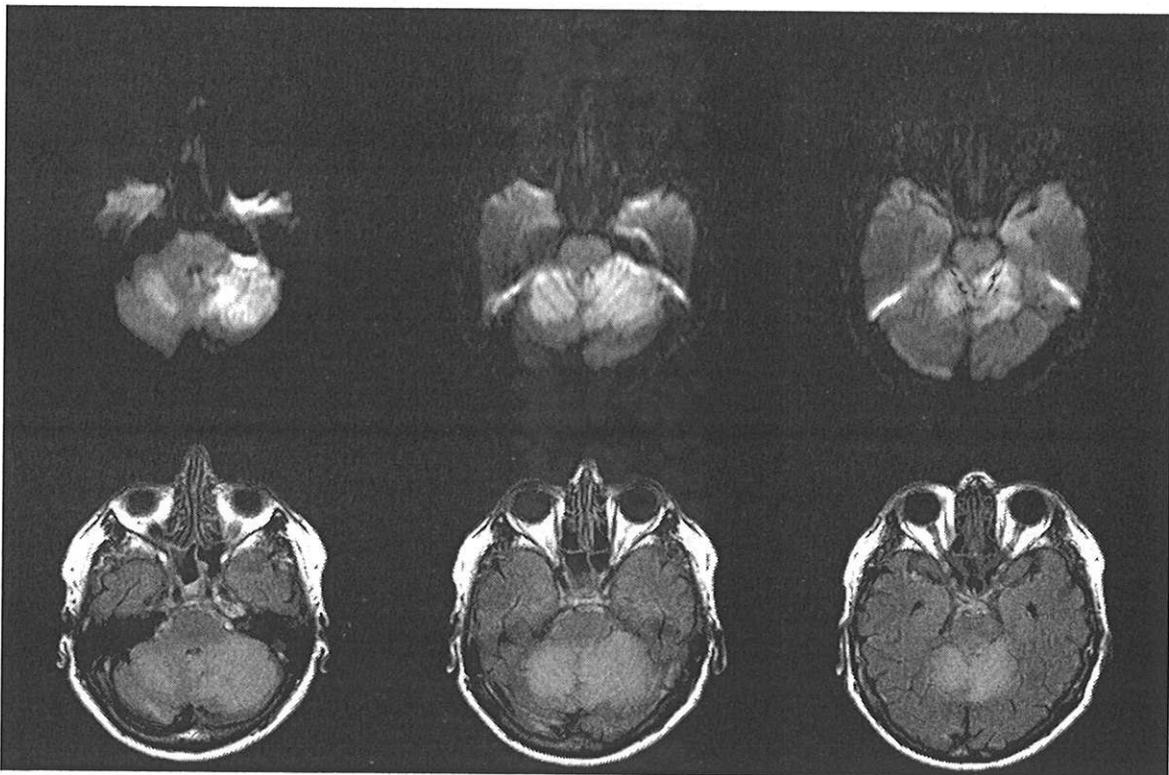
Ischémie partielle dans le territoire de l'artère cérébelleuse supérieure droite



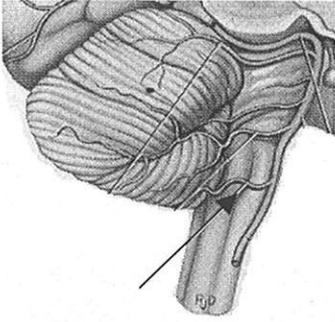
Ischémie intéressant le territoire de l'artère cérébelleuse supérieure gauche ainsi que les groupes postérieur et paramédian gauches du mésencéphale



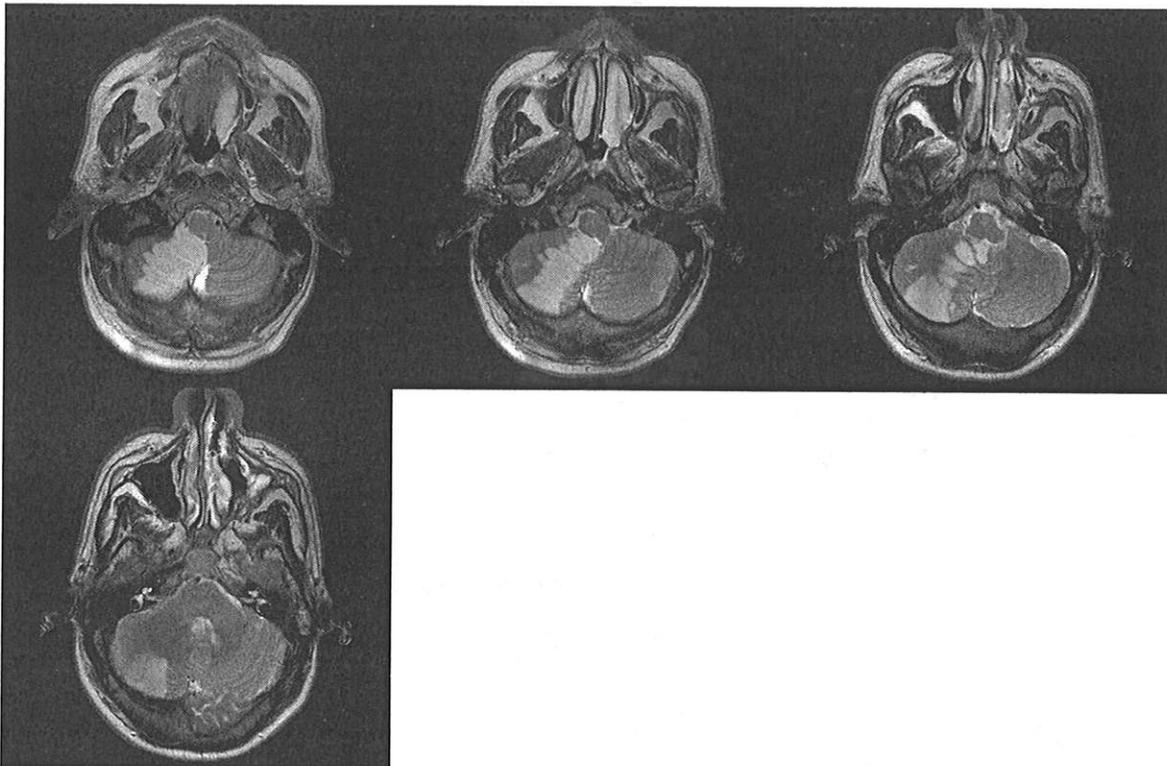
Ischémie partielle dans le territoire de l'artère cérébelleuse supérieure gauche en pondération T2 Flair



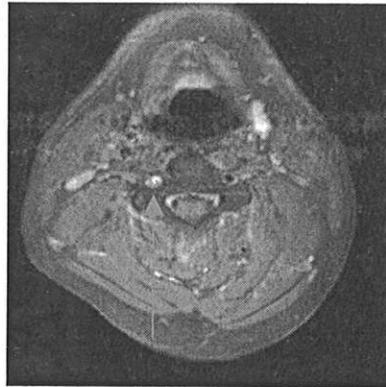
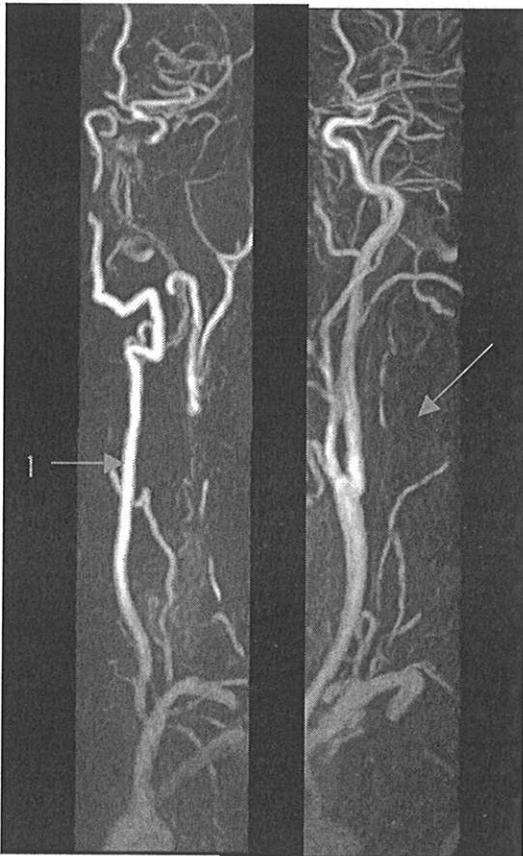
Ischémie bilatérale dans le territoire de l'artère cérébelleuse supérieure en imagerie de diffusion et sur une séquence axiale pondérée en T2 Flair



TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBELLEUSE POSTERO-INFERIEURE (PICA)

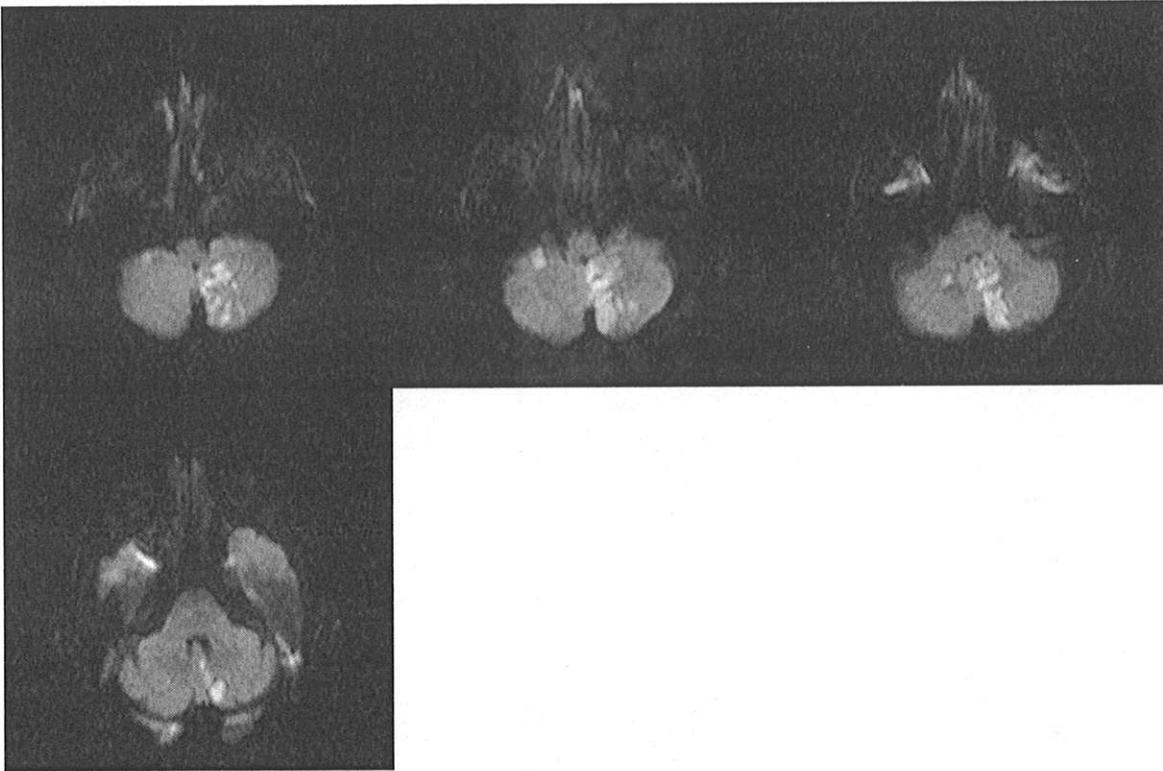


Ischémie dans le territoire de la PICA droite en pondération T2 GRASE

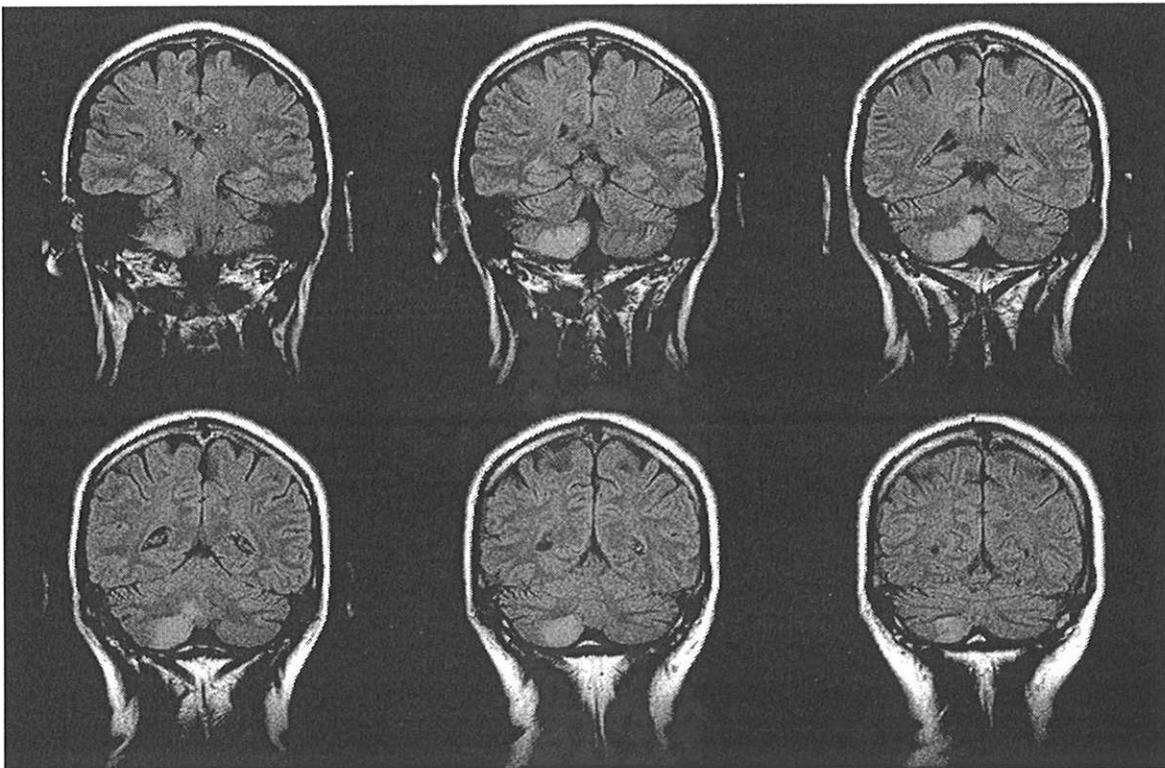


Les reconstructions MIP de la séquence d'angio-IRM (ci-contre) retrouvent une artère vertébrale gauche normalement perméable (flèche n°1) et un défaut de flux dans l'artère vertébrale droite (flèche n°2).

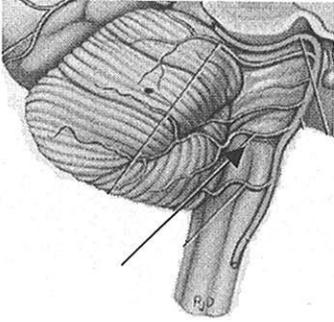
La séquence axiale pondérée en T1 fat-sat retrouve un hypersignal correspondant à un hématome intra-mural de l'artère vertébrale droite (flèche n°3) confirmant le diagnostic d'ischémie par dissection de l'artère vertébrale droite.



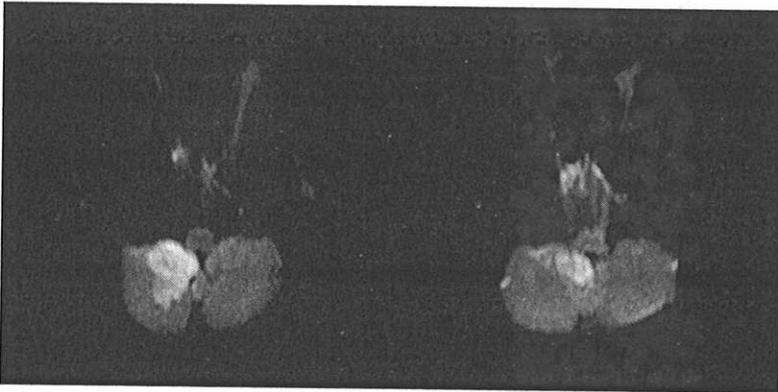
Ischémie dans le territoire médial de la PICA gauche



Ischémie dans le territoire de la PICA droite sur une séquence coronale pondérée en T2 Flair



TERRITOIRE DE L'ARTERE CEREBELLEUSE ANTERO-INFERIEURE (AICA)



Ischémie dans le territoire de l'AICA droite en imagerie de diffusion

LES TERRITOIRES JONCTIONNELS

En 1961, Zülch⁴³ est le premier à définir le concept d'infarctus jonctionnel comme étant une lésion ischémique située sur une zone frontière entre deux territoires vasculaires adjacents, due à un trouble de la perfusion de l'une ou des deux artères assurant la vascularisation de ces territoires.

Il existe trois types de topographies jonctionnelles :

- Entre les territoires cérébraux antérieur et moyen,
- Entre les territoires cérébraux moyen et postérieur,
- Entre les territoires sylviens superficiel et profond.

La distribution des lésions ischémiques est sectorielle, corticale et sous-corticale.

Les lésions sectorielles corticales surviennent à la jonction des branches piales des différents territoires artériels (infarctus dernier pré). Les lésions sous-corticales surviennent à la limite entre un territoire superficiel (branche piale) et un territoire profond, sans possibilité de suppléance collatérale. Il s'agit d'infarctus terminaux par déséquilibre hémodynamique.

Les infarctus jonctionnels bilatéraux supra-tentoriels se développent en relation avec des épisodes d'hypotension sévère, d'insuffisance cardio-circulatoire ou d'hypoxémie prolongée.

Les infarctus jonctionnels unilatéraux font également intervenir des troubles hémodynamiques en règle générale associés à une occlusion carotidienne ou une sténose serrée homolatérale⁴⁴.

SCHEMA DES TERRITOIRES JUNCTIONNELS

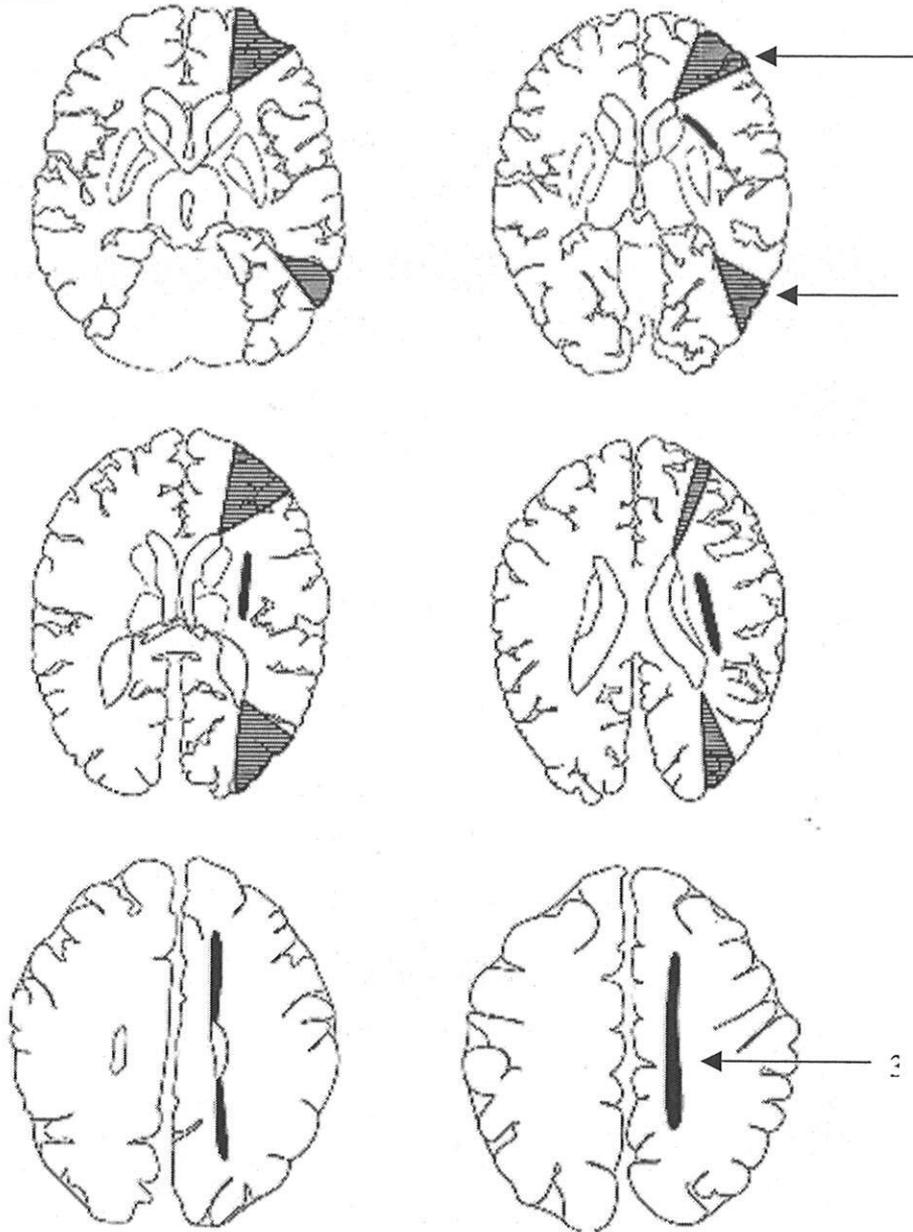
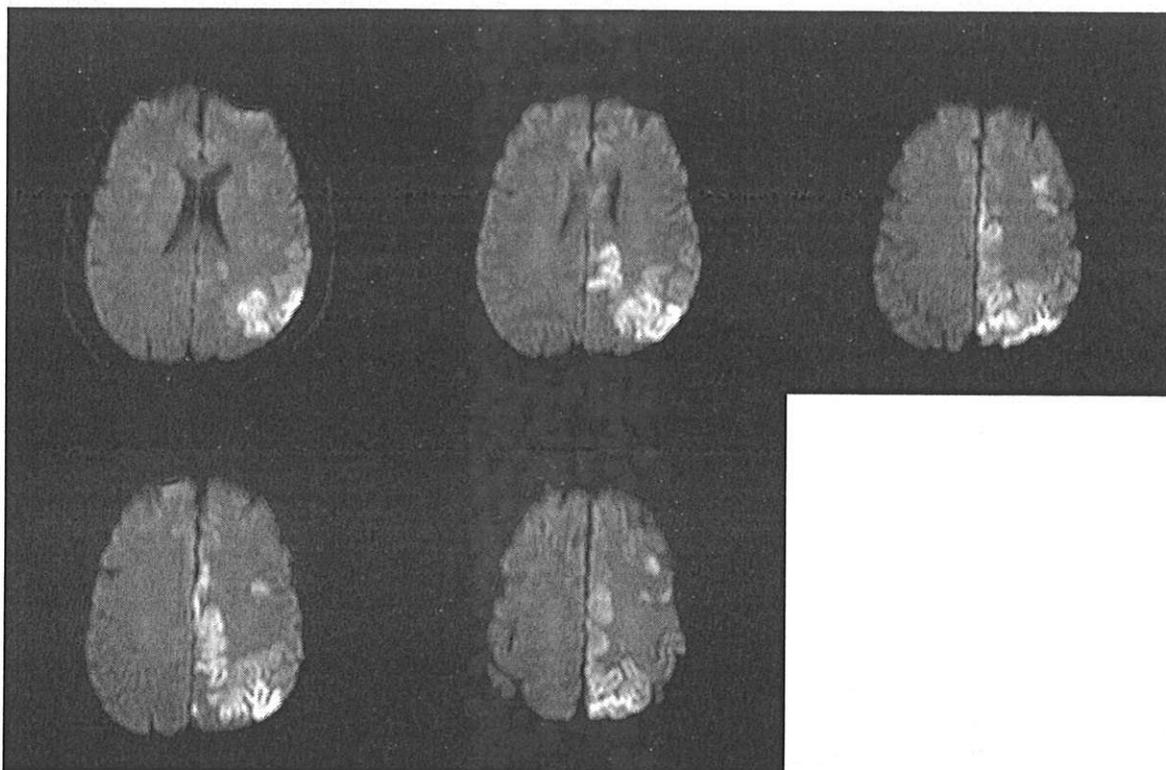


Schéma d'après J-A LOTTERIE

- 1 : territoire jonctionnel entre les territoires cérébral antérieur et cérébral moyen
- 2 : territoire jonctionnel entre les territoires cérébral moyen et cérébral postérieur
- 3 : territoire jonctionnel profond entre les territoires sylviens superficiel et profond

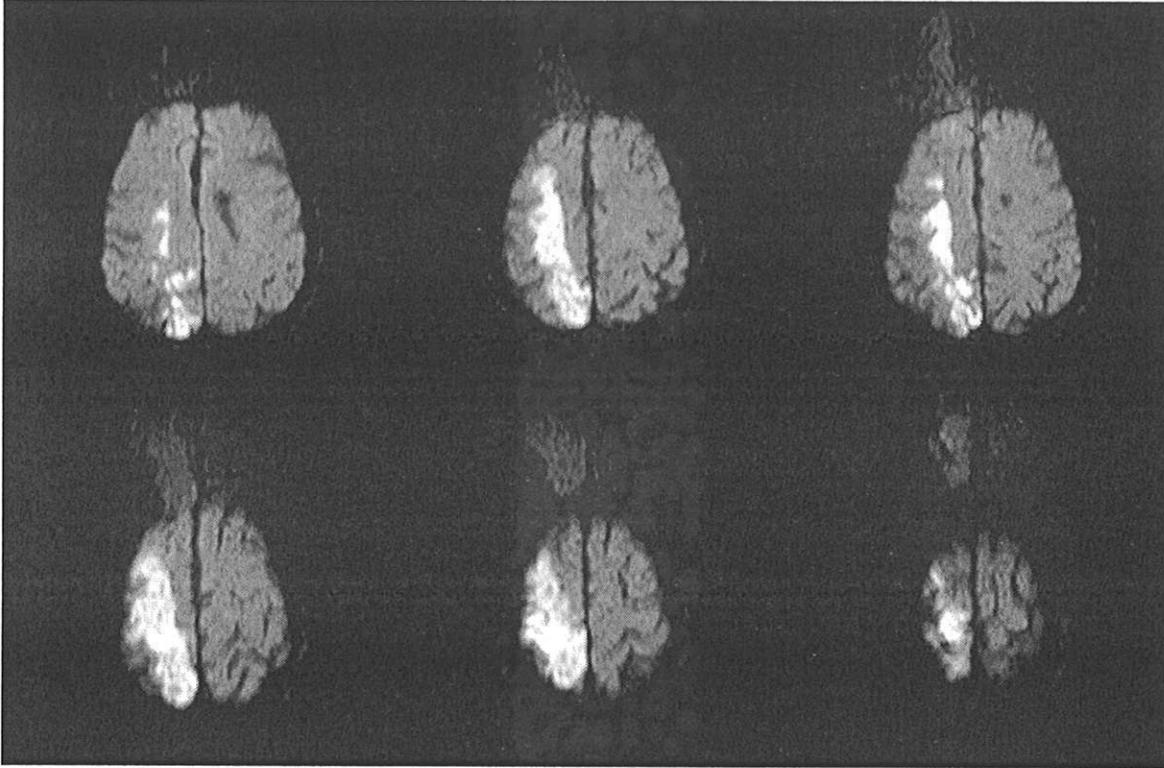
ILLUSTRATION IRM DES TERRITOIRES JONCTIONNELS

ISCHEMIE JONCTIONNELLE ENTRE LES TERRITOIRES CEREBRAL ANTERIEUR ET POSTERIEUR

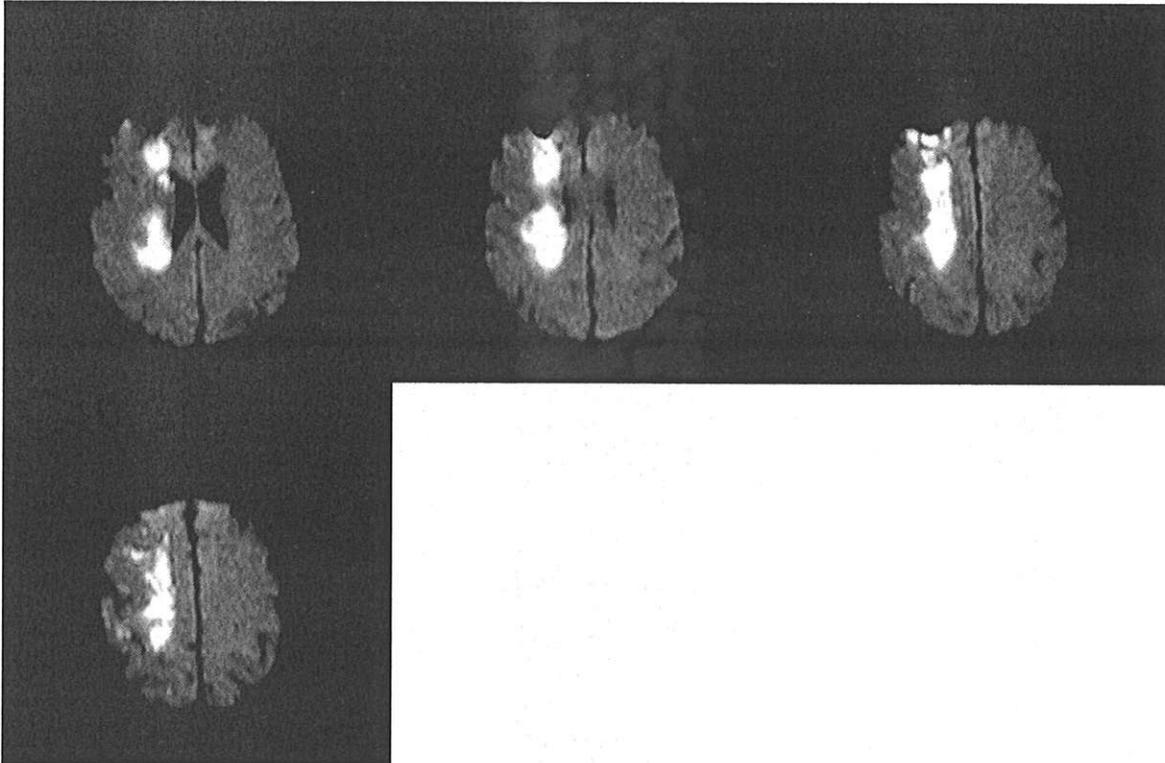


Ischémie frontière entre les territoires cérébral antérieur et postérieur gauche

ISCHEMIE JONCTIONNELLE ENTRE LES TERRITOIRES CEREBRAL ANTERIEUR ET MOYEN

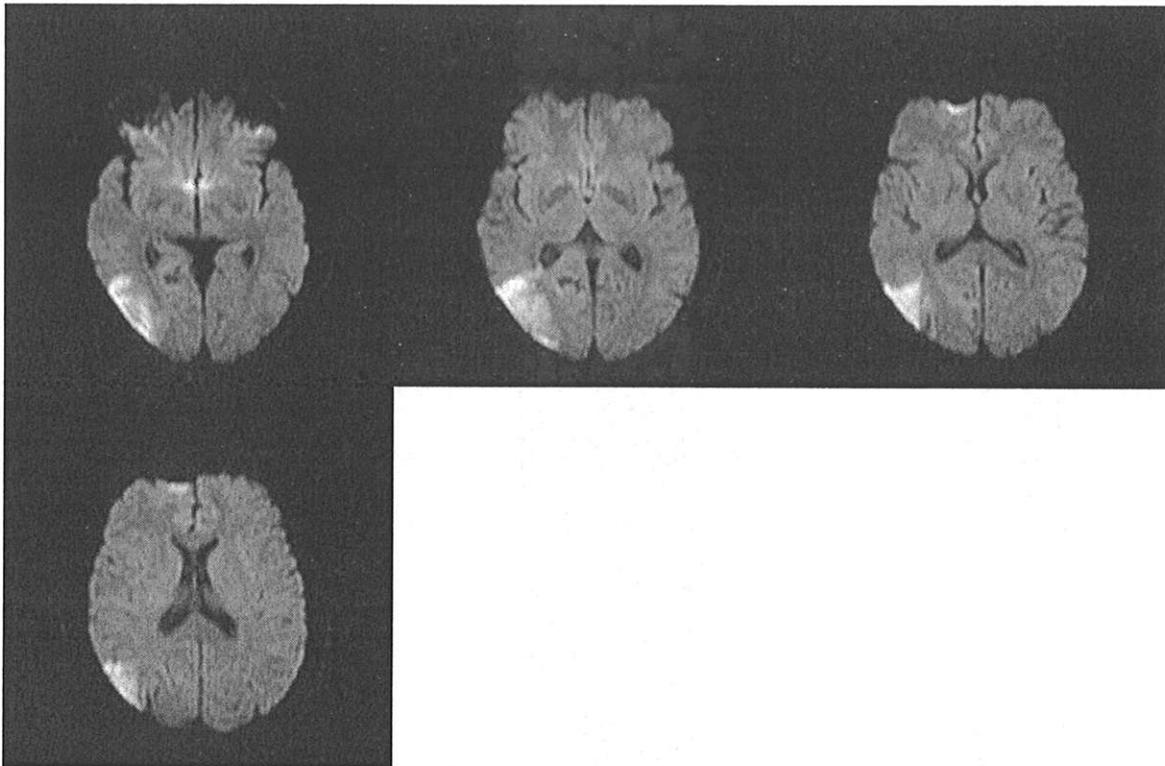


Ischémie jonctionnelle entre les territoires cérébral antérieur et cérébral moyen à droite

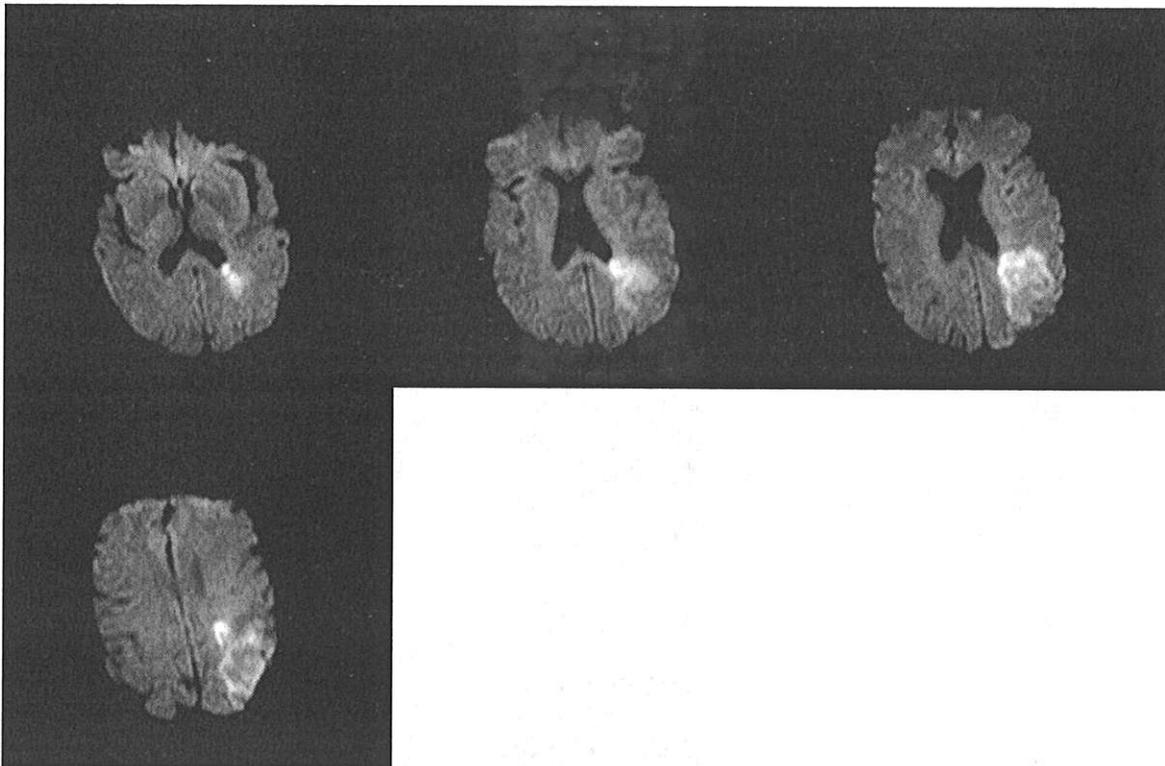


Ischémie jonctionnelle entre les territoires cérébral antérieur et cérébral moyen à droite

ISCHEMIE JONCTIONNELLE ENTRE LES TERRITOIRES CEREBRAL MOYEN ET POSTERIEUR



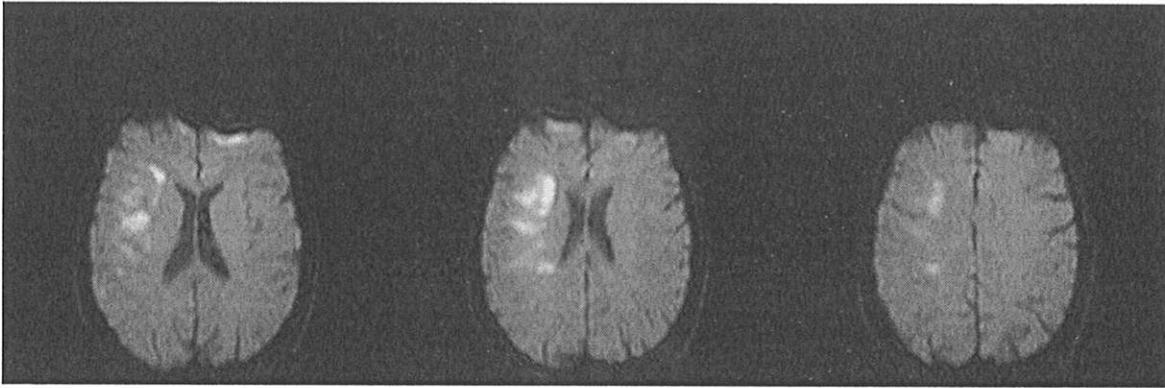
Ischémie jonctionnelle entre les territoires cérébral moyen et cérébral postérieur droits



Ischémie jonctionnelle entre les territoires cérébral moyen et cérébral postérieur gauche

ISCHEMIE JONCTIONNELLE SOUS-CORTICALE (OU JONCTIONNELLE PROFONDE)

Il s'agit d'une zone frontière entre les territoires sylviens superficiel et profond.



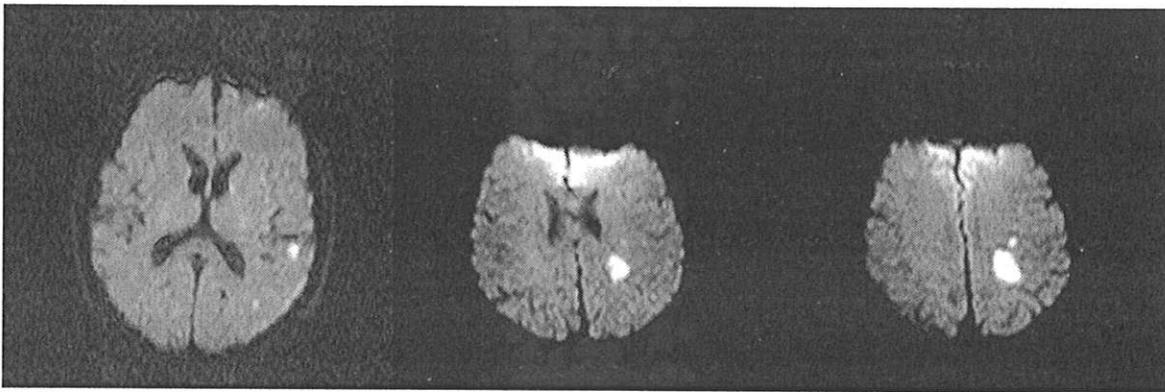
Ischémie jonctionnelle profonde droite

CAS ORIGINAUX

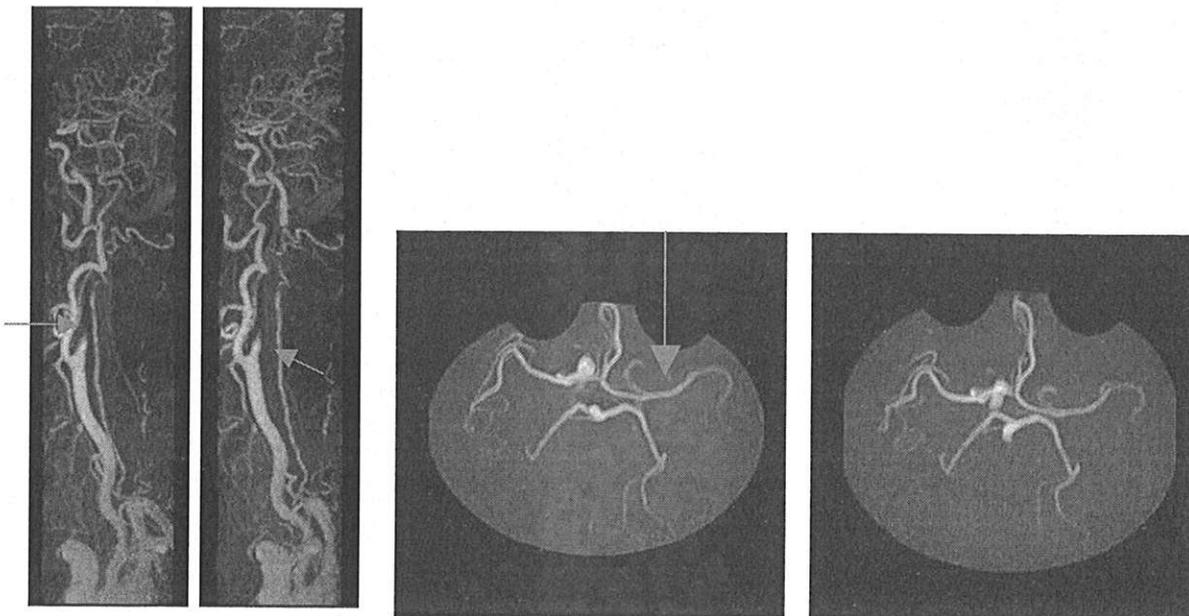
Sont rapportés ici des cas d'accidents ischémiques constitués d'étiologies diverses ou présentant un intérêt iconographique.

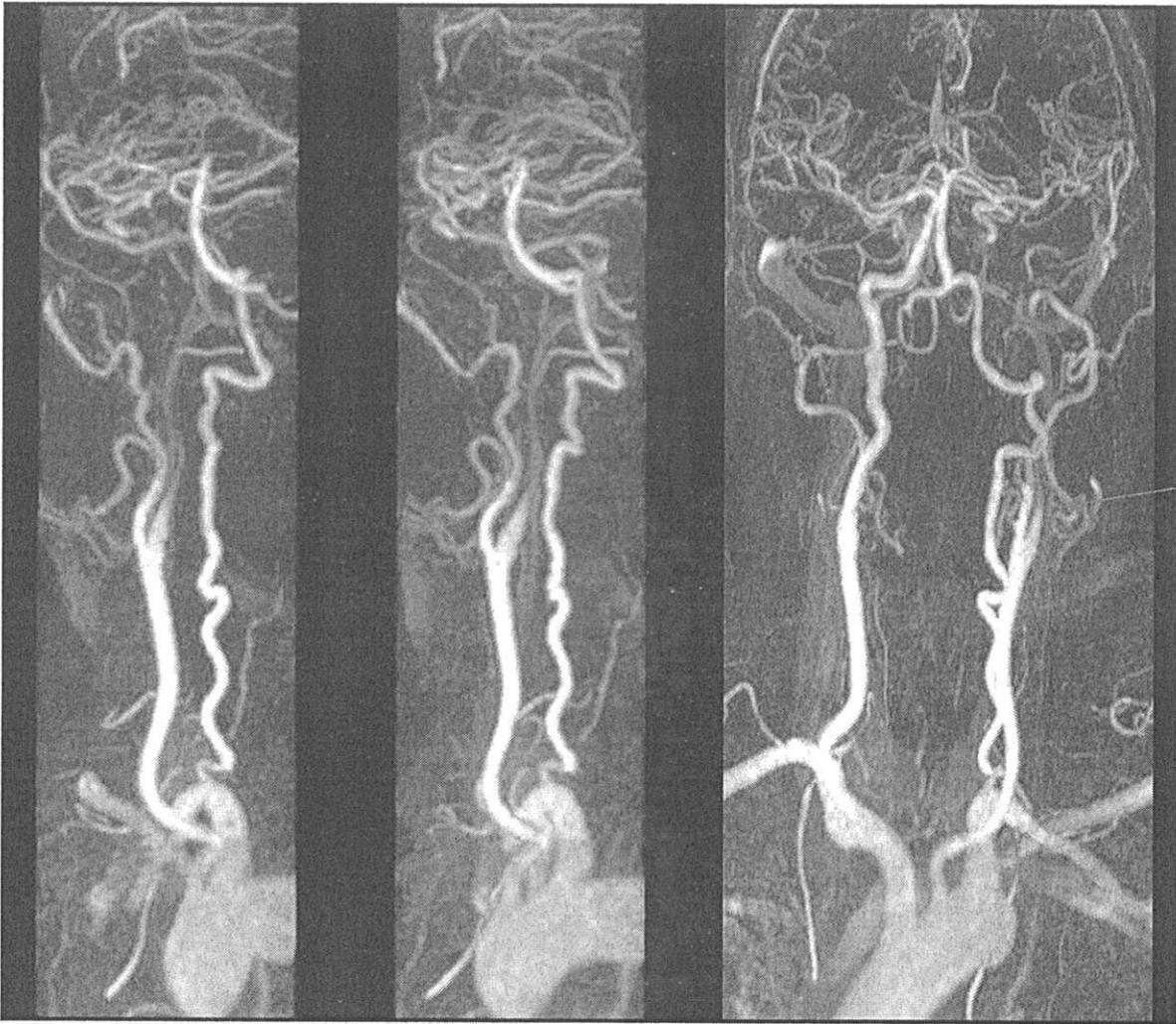
DISSECTION CAROTIDIENNE

Ramollissement ischémique essentiellement jonctionnel postérieur gauche (avec une ischémie punctiforme dans le territoire pré-rolandique gauche).



Sur l'angio-IRM des troncs supra-aortiques, on retrouve un aspect de dissection vasculaire avec un aspect en « queue de radis » à l'origine de la carotide interne gauche, sans signal en aval, témoignant d'une thrombose complète (petites flèches). A l'étage encéphalique, il existe un signal témoignant de la persistance d'un flux au sein de l'artère cérébrale moyenne gauche grâce à l'existence d'anastomoses fonctionnelles au niveau du polygone de Willis (grosse flèche).

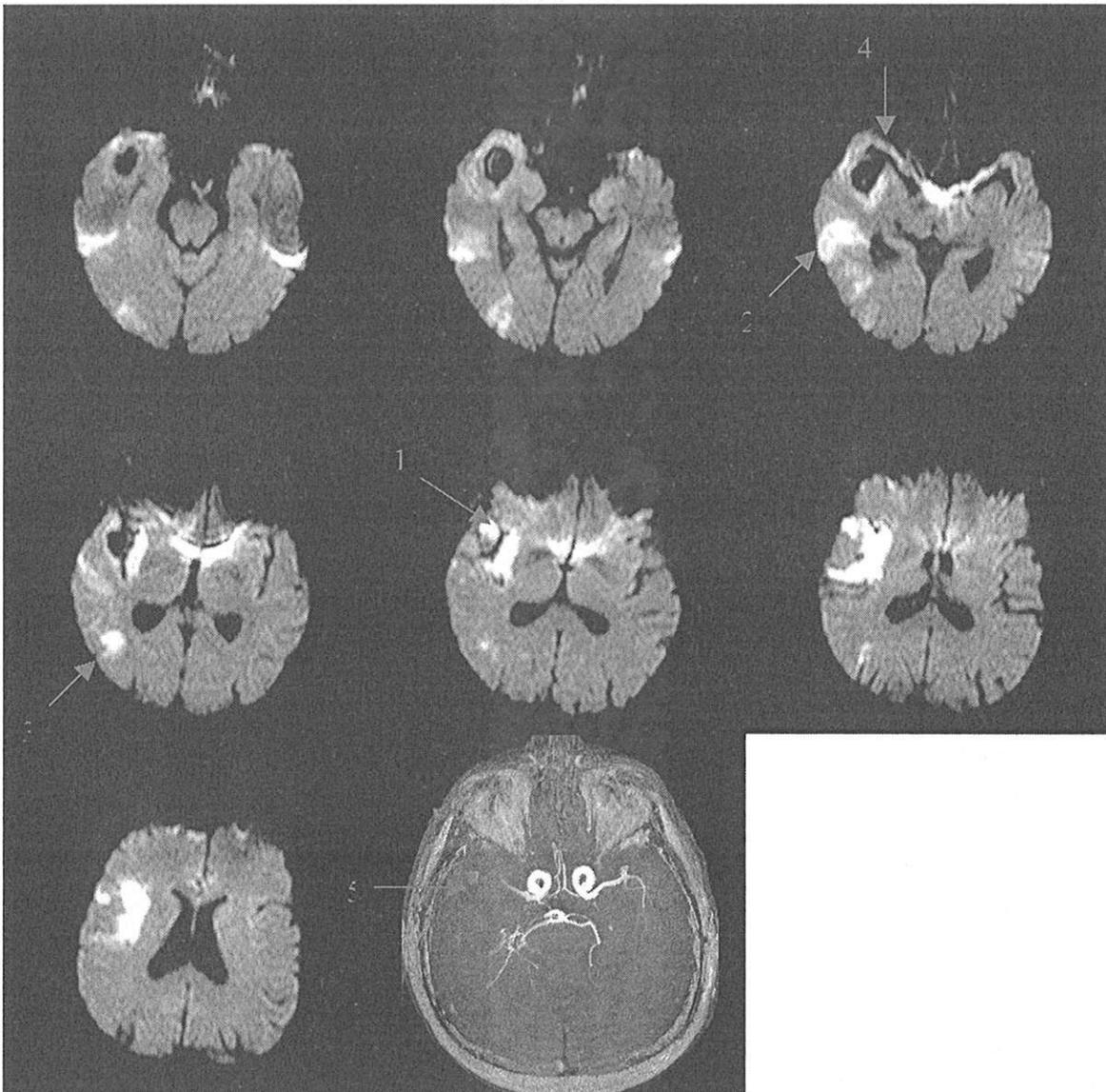




Reconstructions MIP de la séquence d'angio-IRM des troncs supra-aortiques montrant un aspect de dissection de l'artère carotide interne gauche à son origine (flèche)

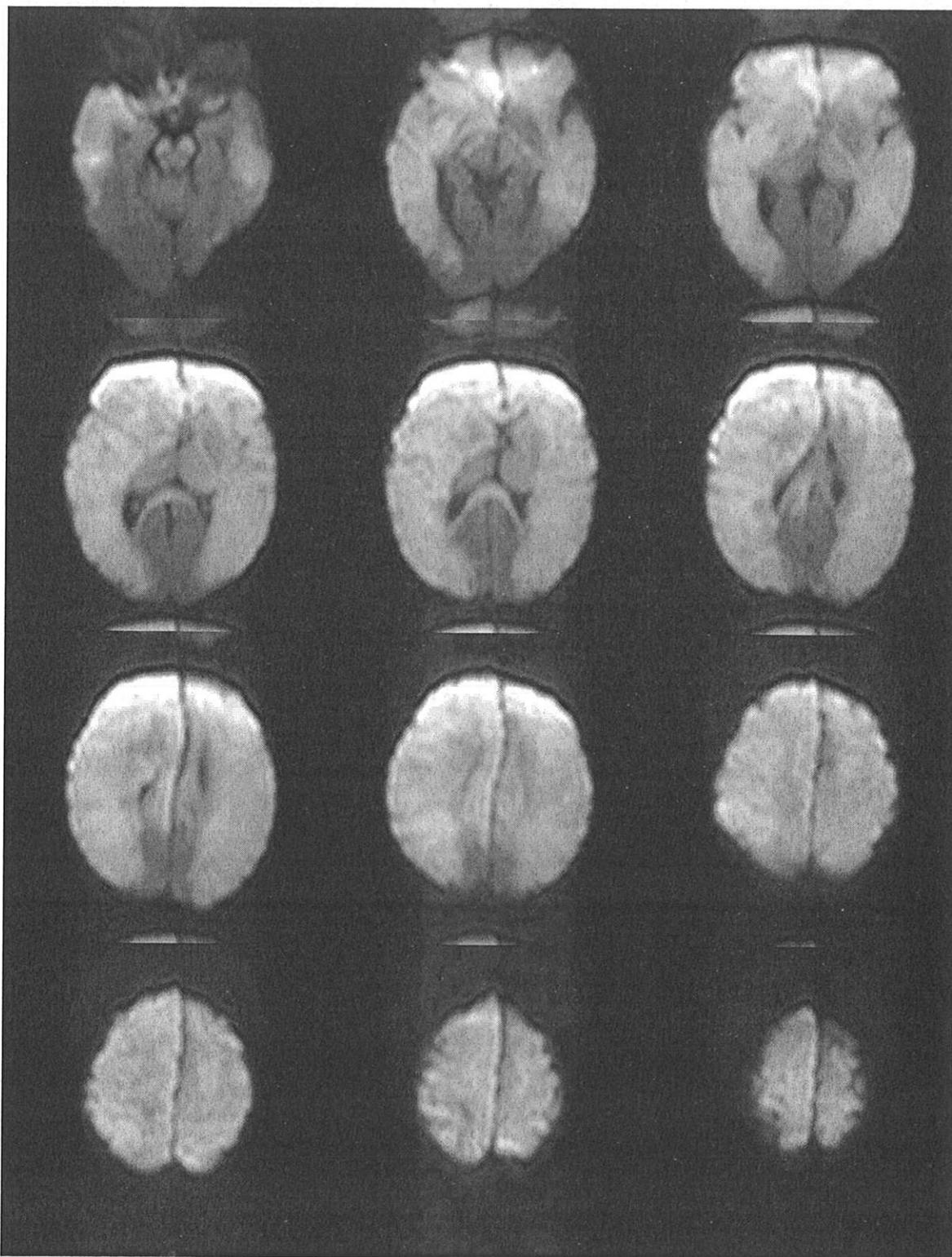
THROMBOSE D'UN ANEVRIзме ET DE SON ARTERE PORTEUSE

Ischémie insulaire droite (flèche 1), temporale moyenne droite (flèche 2) et jonctionnelle postérieure droite (flèche 3) par thrombose d'un anévrisme sylvien droit et de son artère porteuse (flèche 4). La reconstruction en mode MIP montre une absence de signal au niveau de l'artère cérébrale moyenne et de l'anévrisme témoignant de leur thrombose (flèche 5).

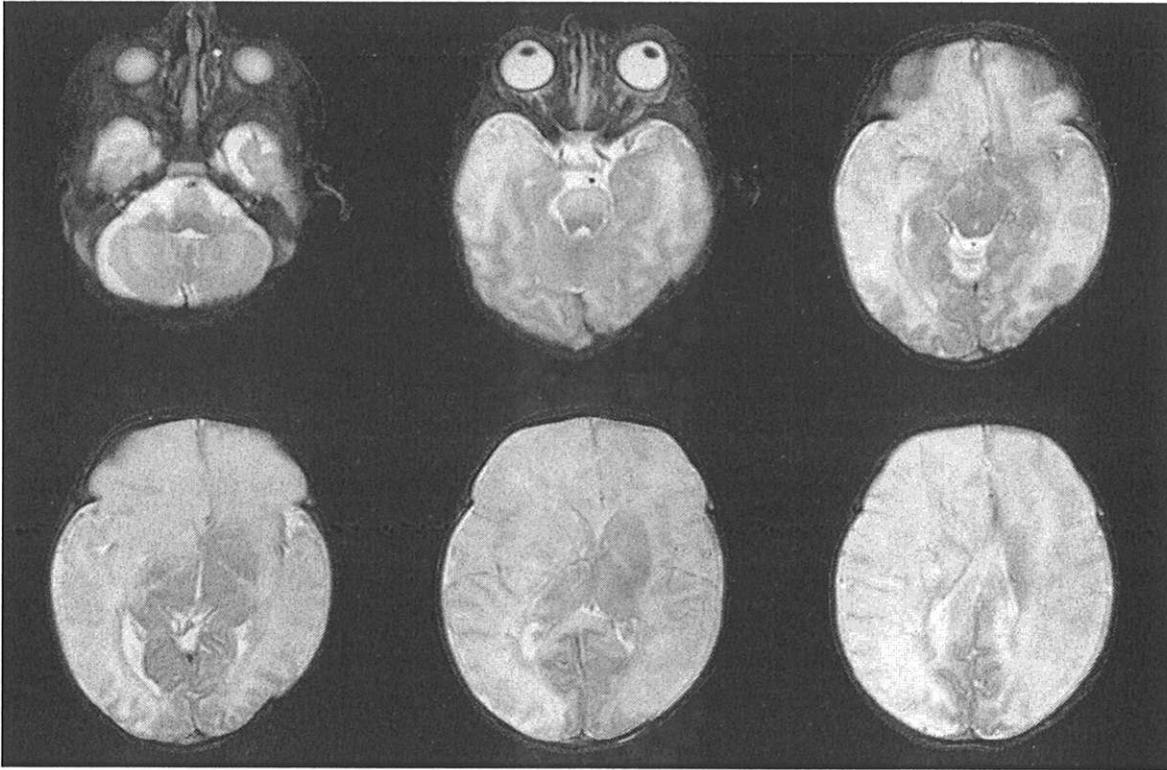


ISCHEMIE NEONATALE

Vaste ischémie chez un nouveau-né n'épargnant que le territoire du tronc basilaire.



Ischémie intéressant la totalité des territoires cérébraux antérieurs et moyens en imagerie de diffusion



Séquence axiale pondérée en T2 GRASE

HYPERSIGNAL ARTERIEL EN PONDERATION T2-FLAIR COMME SIGNE PRECOCE D'ISCHEMIE EN IRM

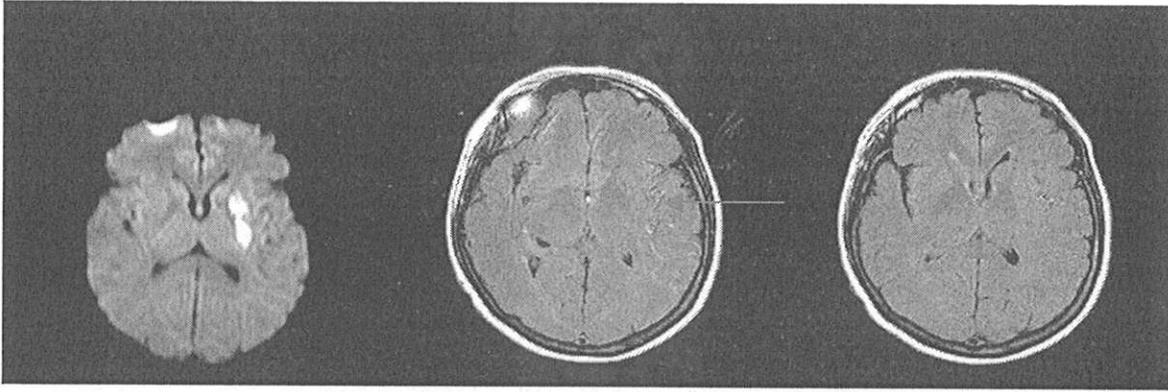
En pondération T2-Flair il n'est pas inhabituel d'observer un hypersignal intra-arteriel⁴⁵. Dans notre série plusieurs cas ont ainsi été répertoriés. Quelques uns d'entre eux sont rapportés ci-dessous.

Cet hypersignal est la conséquence de la disparition de l'hyposignal intra-vasculaire lié au flux en pondération T2 (« flow void »). Il est souvent observé en distalité et correspond non pas à la visualisation directe du thrombus comme en scanner mais il est la conséquence de perturbations hémodynamiques dans le territoire ischemié.

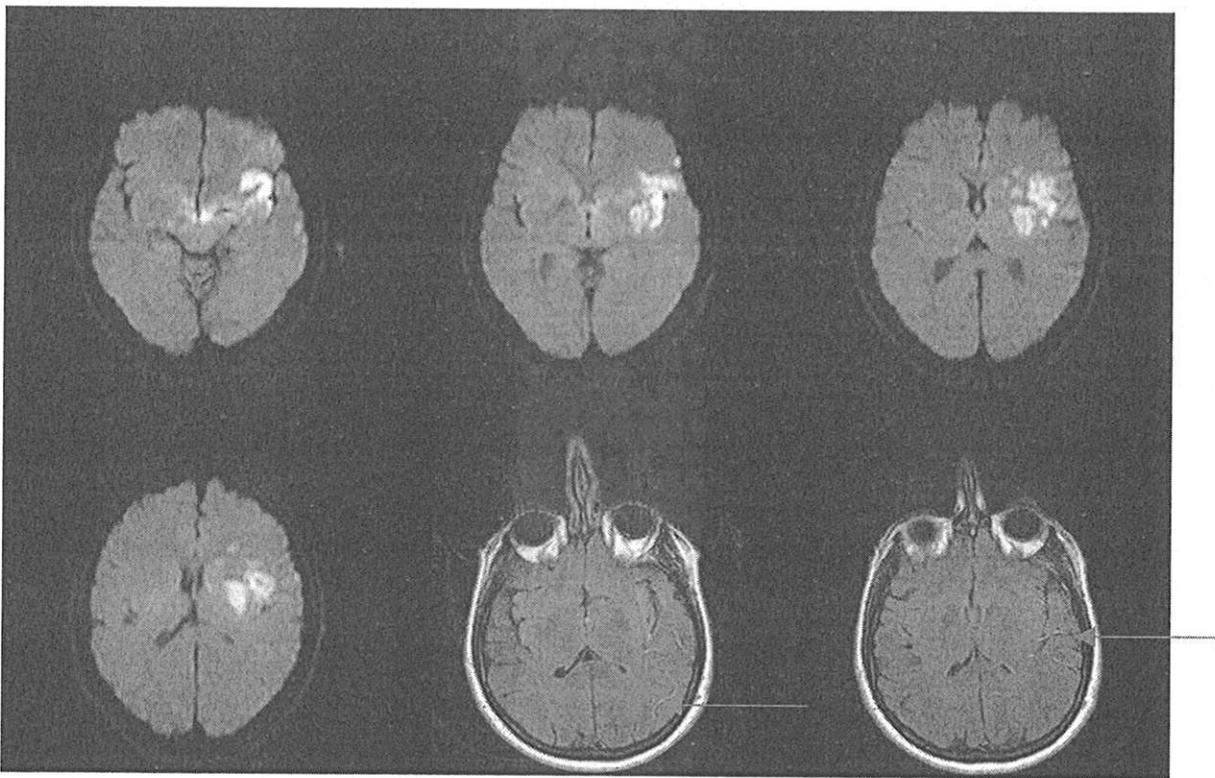
Ce signe serait même d'apparition plus précoce que l'hypersignal en imagerie de diffusion comme le rapporte Maeda⁴⁶.



Ischémie insulaire gauche en imagerie de diffusion (flèche n°1). Thrombose de l'artère carotide interne gauche sur la séquence d'angio-IRM (flèche n°2) avec persistance d'un flux minime au niveau de l'artère cérébrale moyenne gauche témoignant de l'existence d'une communicante antérieure fonctionnelle. Sur la séquence axiale pondérée en T2 Flair, l'artère cérébrale moyenne gauche apparaît en hypersignal (flèche n°3)

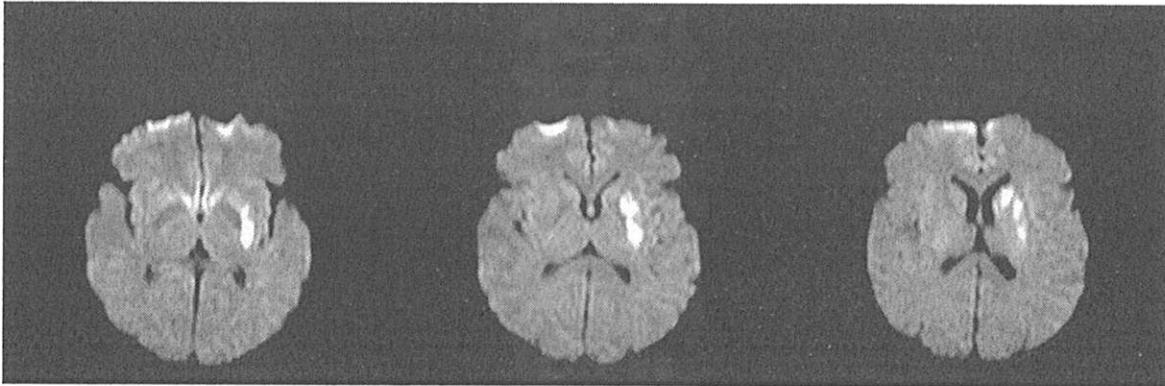


Ischémie lenticulaire gauche dans le territoire des artères lenticulo-striées latérales en imagerie de diffusion avec aspect hyperintense de l'artère cérébrale moyenne gauche en T2 Flair (flèche)

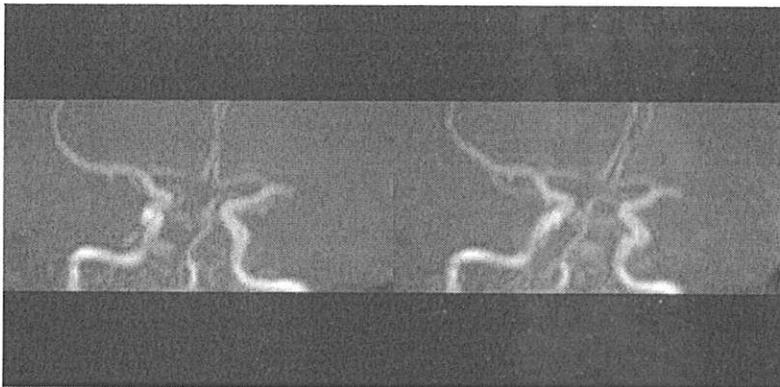


Ischémie insulaire gauche en imagerie de diffusion avec hypersignal de l'artère cérébrale moyenne en T2 Flair (flèches)

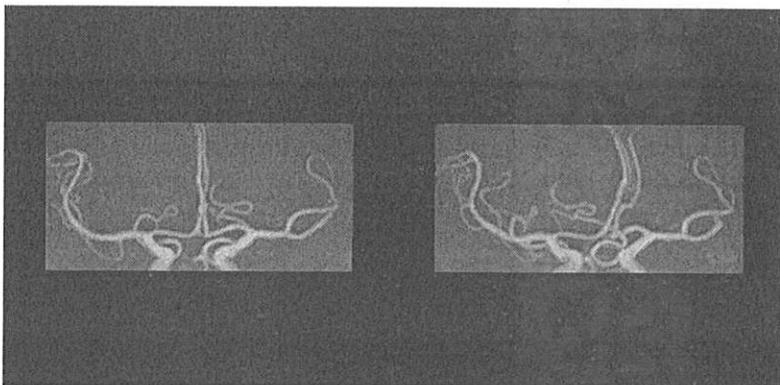
THROMBOLYSE INTRA-VEINEUSE



Imagerie de diffusion mettant en évidence une ischémie lenticulaire et caudée gauche dans le territoire des artères lenticulo-striées



L'angio-IRM réalisée lors du même examen met en évidence une thrombose de l'artère cérébrale moyenne gauche

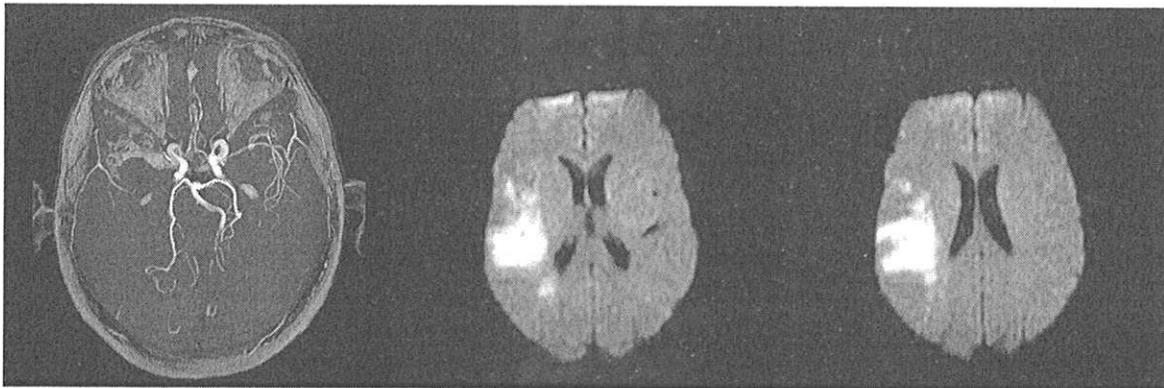


Angio-IRM réalisée 3 heures après thrombolyse intra-veineuse, mettant en évidence une reperméabilisation de l'artère cérébrale moyenne

VASOSPASME ARTERIEL APRES RUPTURE D'UNE MALFORMATION ANEURISMATALE



Hémorragie sous-arachnoïdienne dans la vallée sylvienne droite en hypersignal sur la séquence T2 Flair (image de gauche) par rupture d'un anévrisme à l'origine de la communicante postérieure (non visible sur ces clichés)



Présence d'un vasospasme artériel associé : Non visualisation de l'artère cérébrale moyenne droite sur la reconstruction en MIP de l'angio-IRM du polygone de Willis (image de gauche) et ischémie dans le territoire sylvien en aval (artère pré-rolandique) visible en imagerie de diffusion (images de droite)

DISCUSSION

La place de l'imagerie est capitale dans la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux à la phase aiguë, puisqu'il faut en établir le diagnostic avec certitude, émettre des hypothèses quant à son étiologie, et en apprécier la gravité de façon à permettre au neurologue de poser l'indication éventuelle d'une thrombolyse.

Dans les années 1970, le scanner a révolutionné la prise en charge des accidents ischémiques cérébraux en permettant de différencier les ramollissements ischémiques des hématomes intra-crâniens.

Cependant durant les premières heures, la plupart des patients ont un scanner cérébral strictement normal. Il est alors impossible de différencier un ramollissement ischémique d'une autre pathologie mimant un AVC.

Au cours des dix dernières années, l'IRM a profondément modifié l'approche diagnostique des AVC ischémiques, notamment grâce à l'imagerie de diffusion qui permet de visualiser le territoire ischémié avant la fin de la première heure avec une sensibilité qui dépasse 90%⁴⁷.

Aujourd'hui l'IRM est devenue le « gold standard » dans l'imagerie des accidents vasculaires cérébraux, se substituant progressivement au scanner dans les unités vasculaires dédiées (« les stroke centers »).

L'imagerie de diffusion permet de délimiter la zone et donc le territoire vasculaire artériel ischémié avec une précision très nettement supérieure au scanner et à l'artériographie.

Une bonne connaissance des divers territoires artériels cérébraux, et notamment en IRM, est donc capitale. L'objet de ce travail est d'en faciliter l'identification, car si de nombreux atlas des territoires vasculaires cérébraux ont déjà été publiés en scanner ou en artériographie, nous n'en avons pas trouvé d'exemple à ce jour en IRM.

Elle est tout d'abord nécessaire au diagnostic même d'accident ischémique cérébral. En effet, l'hypersignal en imagerie de diffusion est loin d'être spécifique d'une pathologie ischémique d'origine artérielle.

Ainsi, certaines pathologies peuvent être responsables d'un hypersignal trompeur en imagerie de diffusion. Dans ces cas, l'analyse du coefficient apparent de diffusion (ADC) permet alors d'orienter en partie le diagnostic.

Les lésions tumorales, encéphalitiques, les leuco-encéphalopathies postérieures réversibles et certaines ischémies veineuses peuvent apparaître en hypersignal en imagerie de diffusion mais contrairement aux accidents ischémiques artériels à la phase aiguë, elles ont un ADC augmenté (traduisant un œdème vasogénique, extracellulaire).

Cependant, la baisse de l'ADC n'est pas spécifique d'une ischémie artérielle, et certaines pathologies se présentent, tout comme les accidents ischémiques artériels récents, sous la forme d'un hypersignal en imagerie de diffusion avec un coefficient apparent de diffusion diminué. Ces aspects peuvent notamment se rencontrer lors de la maladie de Creutzfeld-Jakob, les abcès collectés, les tumeurs à cellularité élevée, l'œdème cortical post-critique, mais également certaines ischémies d'origine veineuse.

Ainsi dans certains cas, le diagnostic différentiel peut s'avérer difficile. Une bonne connaissance des territoires artériels permet d'apporter des arguments déterminants.

En outre, l'analyse de l'imagerie de diffusion à la phase aiguë d'un infarctus cérébral artériel, permet selon le(s) territoire(s) vasculaire(s) atteint(s) d'orienter fortement le diagnostic étiologique, tout d'abord en permettant de distinguer les différentes formes d'AVC.

Les infarctus territoriaux affectent tout ou une partie d'un territoire artériel. Ils traduisent un mécanisme embolique d'origine cardiaque ou une lésion athéroscléreuse de la bifurcation carotidienne. La connaissance anatomique des territoires artériels est indispensable à leur diagnostic.

Les infarctus lacunaires sont des lésions ischémiques de petite taille (de moins de 15mm) secondaires à l'occlusion d'une artère perforante par lipohyalinose, embolie ou athérosclérose.

Les infarctus jonctionnels, situés sur des territoires frontières, traduisent un mécanisme hémodynamique à type de baisse de la perfusion cérébrale, le plus souvent en rapport avec une sténose pseudo-occlusive de l'artère carotide interne ou une insuffisance cardiaque.

Enfin, les infarctus multiples ont le plus souvent une cause cardio-embolique.

Par ailleurs, l'imagerie de diffusion a des implications majeures dans les choix thérapeutiques.

Ainsi, l'identification précise du territoire artériel ischémié est naturellement indispensable lorsque sont envisagées des procédures endovasculaires telles que la thrombolyse intra-artérielle voire la thrombectomie.

Par ailleurs, l'indication éventuelle d'une thrombolyse est classiquement conditionnée à l'existence de ce que l'on appelle une zone de pénombre ischémique.

Au sein d'une zone d'ischémie, on oppose en effet classiquement deux zones : le centre, au niveau duquel les lésions sont irréversibles, et la périphérie, ou zone de « pénombre ischémique » dans laquelle les lésions sont potentiellement réversibles.

En imagerie de diffusion, la zone visible en hypersignal est considérée comme correspondant à la région lésée de façon irréversible. Cependant, en cas de recanalisation rapide, certains auteurs rapportent une normalisation en imagerie de diffusion de la région la plus périphérique de l'hypersignal⁴⁸.

La zone de pénombre ischémique se situe en périphérie, elle apparaît en isosignal ou en discret hypersignal en imagerie de diffusion. On l'évalue en IRM par la séquence de « perfusion ». Ainsi, à partir d'une acquisition séquentielle en écho-

planar T2* après injection intra-veineuse de produit de contraste para-magnétique. La pénombre ischémique correspond à la zone d'inadéquation entre l'hypersignal en imagerie de diffusion et le défaut perfusionnel (appelée zone de « mismatch » par les anglo-saxons).

De nombreuses études ont montré l'intérêt de la thrombolyse intra-veineuse, quand la zone d'hypoperfusion est plus grande que la zone en hypersignal en imagerie de diffusion.

Dans notre institution, la cartographie de perfusion n'est que très rarement réalisée en urgence pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, le plus souvent, sa réalisation et son interprétation nous demanderaient plus de temps qu'il ne nous en est techniquement imparti. En effet, il est exceptionnel que des patients pris en charge à leur domicile par le SAMU puis par les urgences puissent bénéficier d'une IRM dans un délai inférieur à deux heures suivant le début des symptômes. Le temps pour réaliser l'IRM est donc le plus souvent très restreint, puisqu'à l'heure actuelle, la thrombolyse intra-veineuse n'est théoriquement réalisable que dans les trois heures après la survenue du déficit.

Par ailleurs de nombreux patients à la phase aiguë présentent un état d'agitation qui s'il permet tout de même d'obtenir une imagerie de diffusion interprétable, est incompatible avec la réalisation d'une cartographie de perfusion.

Mais surtout, les indications retenues pour la thrombolyse intra-veineuse dans notre institution sont l'absence d'amélioration spontanée du déficit, et le caractère peu étendu de l'ischémie en imagerie de diffusion (occupant moins du tiers du territoire artériel). En conséquence la réalisation systématique d'une cartographie de perfusion ne nous semble pas justifiée.

Ainsi une bonne connaissance des territoires artériels cérébraux est nécessaire, à la fois pour le diagnostic positif, mais également pour le diagnostic étiologique, et le traitement à la phase aiguë.

La prévention secondaire, elle aussi se base en grande partie sur les constatations initiales du territoire artériel ischémié, notamment quand se discute une éventuelle endartériectomie carotidienne.

L'ensemble des territoires que nous présentons dans ce travail sont ceux que nous avons observés sur le CHU de Limoges de janvier 2001 à juin 2005.

Sur les 8.500 IRM encéphaliques réalisées sur cette période, 921 ont mis en évidence un accident ischémique artériel récent.

Malgré un nombre de cas initialement relativement élevé, nombre d'entre eux ont dus être écartés.

En effet, de nombreux cas ne présentaient pas de caractère iconographique intéressant, le plus souvent il s'agissait alors d'ischémies très limitées, n'étant pas représentatives d'un territoire vasculaire.

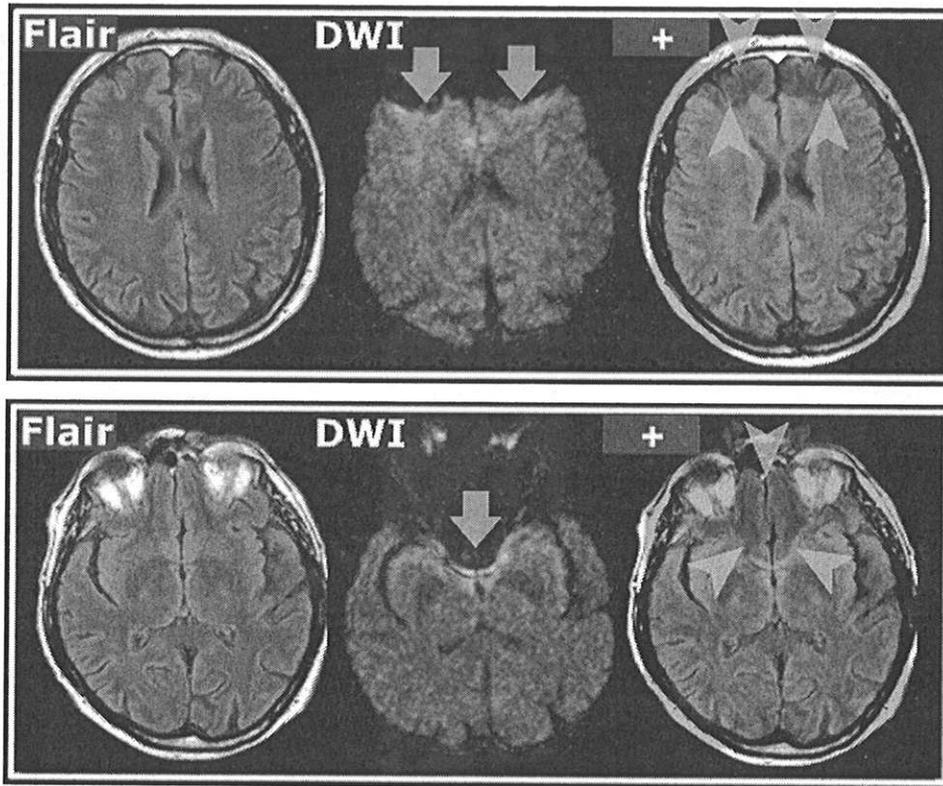
Par ailleurs, plusieurs examens, bien qu'interprétables, n'étaient pas exploitables pour ce travail, certains patients explorés présentant une agitation confuse dégradant de façon importante la qualité des images obtenues.

Enfin pour les territoires vasculaires les plus représentés, seuls certains d'entre eux sont reproduits dans cet atlas afin d'éviter des redondances.

Ainsi seuls 110 cas ont finalement été utilisés pour illustrer ce travail. Pour autant cet atlas n'a pas la prétention d'être exhaustif, mais de représenter les divers territoires vasculaires observés sur notre site durant la période de recueil.

Outre le fait qu'il soit possible que la période de recueil des données n'ait pas permis de recueil exhaustif de l'ensemble des territoires vasculaires cérébraux, il existe en imagerie de diffusion des artéfacts de susceptibilité (distorsion) responsables d'une baisse de la sensibilité de la séquence de diffusion dans certaines régions.

De nouvelles séquences de diffusion sont amenées dans l'avenir à réduire ces artefacts⁴⁹ (Propeller^{vi}, Sense).



Images d'après Savatovsky J

L'image de droite (+) a été obtenue en superposant l'image morphologique (Flair) avec l'image de diffusion (DWI). Sur cette construction apparaissent des zones non explorées par les séquences de diffusion classiques.

Ces limitations techniques d'une part, mais aussi le fait que les accidents ischémiques cérébraux de la circulation antérieure sont moins fréquents que les topographies sylviennes ou cérébrales postérieures, rend compte de la moindre représentation des territoires frontaux dans les cas que nous avons observés.

Pour chaque patient, nous avons déterminé le territoire vasculaire ischémié en nous basant sur des schémas précédemment publiés dans la littérature, réalisés à partir de scanners cérébraux et d'artériographies cérébrales.

^{vi} Periodically Overlapping Parallel Lines with Enhanced Reconstruction

Pour chaque patient, nous ne disposons donc pas de preuve formelle que le territoire vasculaire auquel son accident ischémique cérébral a été attribué est le bon.

Il convient de rappeler la notion de variabilité des territoires vasculaires cérébraux qui est un débat ancien qui débute en 1909, date à laquelle Beevor⁵⁰ évoque le premier l'existence d'une variation dans la distribution des territoires vasculaires cérébraux.

De nombreux auteurs ne valident pas alors ses travaux, notamment Shellshear⁵¹ qui rapporte en 1927 que les territoires des artères cérébrales correspondent à des aires fonctionnelles spécifiques du cortex cérébral. Il explique les variations de la distribution vasculaire observées par Beevor par un certain degré de variabilité des aires corticales fonctionnelles qu'il ne considère pas comme significative.

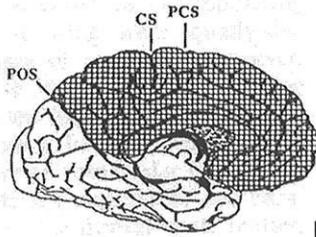
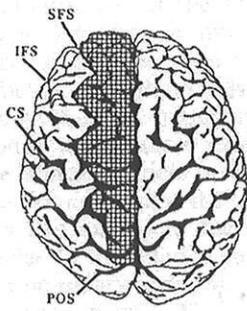
Depuis lors, le caractère relativement fixe des territoires vasculaires cérébraux avait été accepté, et la discussion quant à leur variabilité éventuelle close.

Le concept d'un mode de distribution vasculaire relativement constant a un impact majeur notamment sur le diagnostic différentiel entre les ramollissements ischémiques d'origine thrombo-embolique, et les infarctus jonctionnels.

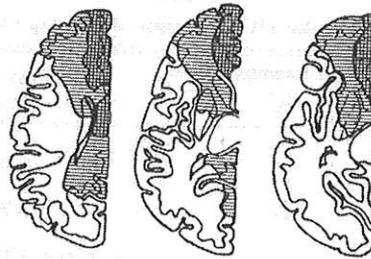
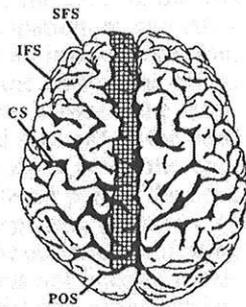
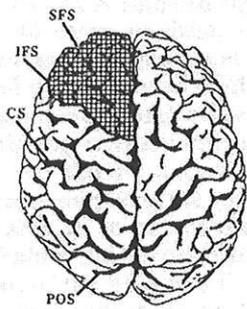
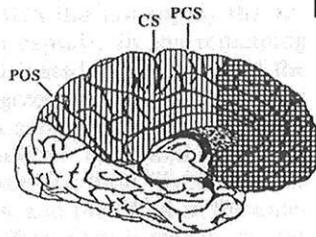
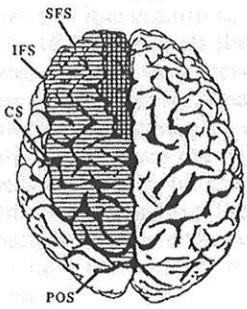
La localisation des infarctus cérébraux sur les techniques d'imagerie en coupe est déterminante pour le diagnostic différentiel de ces deux types d'infarctus.

En 1992, Van der Zwan⁵² étudie les territoires vasculaires des six principales artères cérébrales de 25 encéphales sains et met en évidence des variations interindividuelles significatives, qui sont rapportées sous forme schématique ci-après.

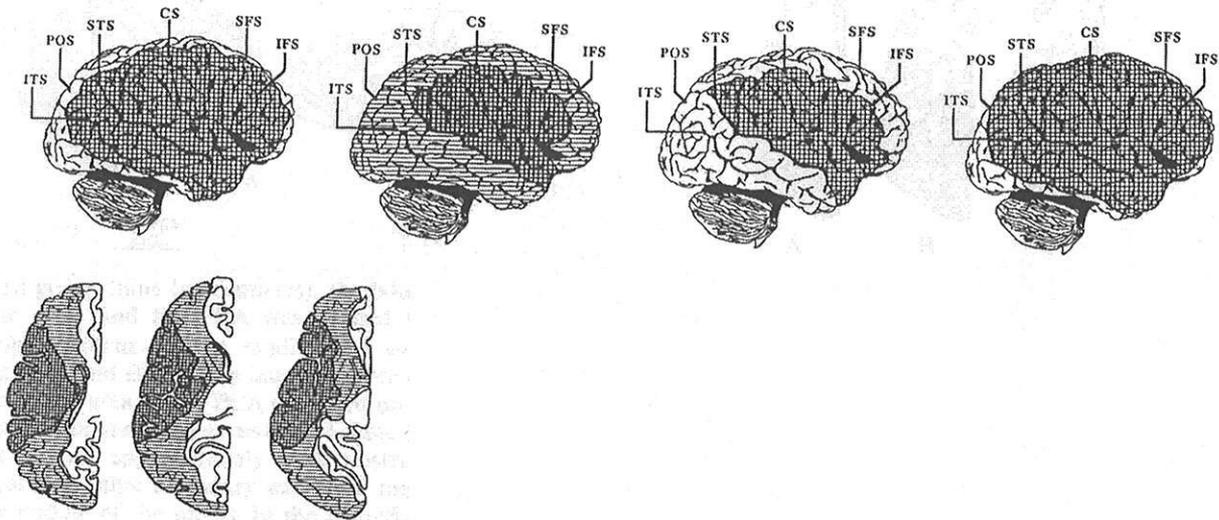
Variabilité du territoire de l'artère cérébrale antérieure : (d'après Zwan)



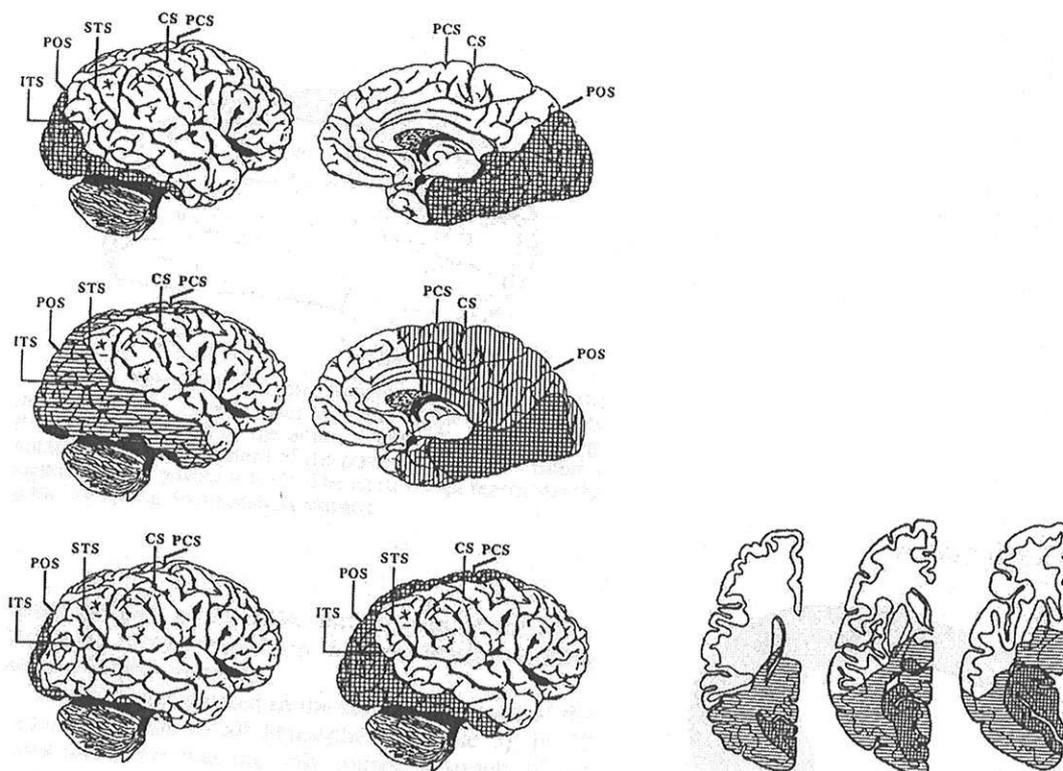
Région quadrillée = territoire minimal
Région rayée = territoire maximal



Variabilité du territoire de l'artère cérébrale moyenne : (d'après Zwan)



Variabilité du territoire de l'artère cérébrale postérieure : (d'après Zwan)



Ainsi, les aspects que nous présentons dans cet atlas sont ceux considérés comme typiques, sous réserve des variations inter-individuelles.

Cependant, dans notre expérience, les territoires vasculaires cérébraux pour lesquels nous avons pu obtenir plusieurs cas d'ischémie, présentent d'importantes similitudes.

Ainsi, sans nier un certain degré de variabilité des territoires artériels cérébraux, et sans qu'il ne nous soit possible d'en fournir une quantification, ce degré de variabilité nous a paru nettement inférieur aux aspects décrits par Zwan.

CONCLUSION

L'analyse rétrospective de l'ensemble des IRM encéphaliques réalisées sur le CHU de Limoges de janvier 2001 à juin 2005, nous a permis d'obtenir une illustration de chaque territoire vasculaire cérébral.

L'objectif de ce classement, réalisé par analogie avec les atlas antérieurement publiés en scanner, est de faciliter l'identification du territoire ischémié, préambule indispensable aux médecins confrontés en urgence à la prise en charge des victimes d'accident ischémique cérébral.

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ Duret H. Recherches anatomiques sur la circulation de l'encéphale. Arch Physiol Norm Pathol (deuxième série) 1874 ;60-91 :316-353
- ² Beevor CE. The cerebral arterial supply. Brain 1908;30:403-425
- ³ National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. N Engl J Med 1995;333:1581-87
- ⁴ Hacke W, Kaste M, Fieschi C et al, for the ECASS study group. Intravenous thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator for acute hemispheric stroke. JAMA 1995;274:1017-27
- ⁵ Wardlaw JM, Zoppo G, Yamaguchi T, Berge E. Thrombolysis for acute ischaemic stroke. Cochrane Database Syst Rev. 2003;(3):CD000213. Review.
- ⁶ Tanne D, Bates VE, Verro P et al. Initial Clinical experience with IV tissue plasminogen activator for acute stroke : a multicenter survey. Neurology 1999;53:424-27
- ⁷ Fisher M. Characterizing the target of acute stroke therapy. Stroke. 1997 Apr;28(4):866-72.
- ⁸ Schwamm LH, Koroshetz WJ, Sorensen AG, Wang B, Copen WA, Budzik R, Rordorf G, Buonanno FS, Schaefer PW, Gonzalez RG: Time course of lesion development in patients with acute stroke: serial diffusion- and hemodynamic-weighted magnetic resonance imaging. Stroke. 1998 Nov;29(11):2268-76.
- ⁹ Tomura N, Uemura K, Inugami A, et al. Early CT finding in cerebral infarction: obscuration of the lentiform nucleus. *Radiology* 1988;168:463-467
- ¹⁰ Truwit CL, Barkovich AJ, Gean-Marton A. Loss of the insular ribbon: another early CT sign of acute middle cerebral artery infarction. *Radiology* 1990;176:801-806
- ¹¹ von Kummer R, Nolte PN, Schnittger H, et al. Detectability of cerebral hemisphere ischaemic infarcts by CT within 6 h of stroke. *Neuroradiology* 1996;38:31-33
- ¹² Gibo H, Lenkey C, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the supraclinoid portion of the internal carotid artery. J Neurosurg 1981;55:560-574
- ¹³ Dunker RO, Harris AB. Surgical anatomy of the proximal anterior cerebral artery. J Neurosurg 1976;44:359-367
- ¹⁴ Fetterman GH, Moran TJ – Anomalies of the circle of Willis in relation with cerebral softening – Arch. Path., 1941,3,331-336
- ¹⁵ Kameyama M, Okinata S – Collateral circulation of the brain – Neurology, 1963,13,279-286
- ¹⁶ Alpers BJ, Berry RG – Circle of Willis in vascular disorders – Arch. Neurol. (Chicago), 1963,8,298-402
- ¹⁷ Schomer DF coll. The anatomy of posterior communicating artery as a risk factor for ischemic cerebral infarction. N Engl J Med 1994
- ¹⁸ Miralles M coll. The role of the circle of Willis in carotid occlusion : assessment with phase contrast MR angiography and transcranial duplex Eur J Vasc Endovasc Surg 1995
- ¹⁹ Buffard P, Dechance TP, Lapras C, Goutelle A, Michel D, Bouvier CL, Fischer G, Masquin A – La persistance de l'artère trigémينية primitive. Anastomose carotido-basilaire anormale – Ann. Radiol., 1965, 8, 1-2, 25-28
- ²⁰ Djindjian R, Hurt M, Bories J, Brunet P – L'artère trigémينية primitive. Aspects artériographiques et signification à propos de 12 cas – Presse Méd., 1965, 73, 2905-2910

-
- ²¹ Ringelstein EB, Koschorke S, Holling An Thron A, Lambertz H, Minale C. Computerized tomographic patterns of proven embolic brain infarctions. *Ann Neurol* 1989 ;26 :759-765
- ²² Blunk R, De Bleser R, Willmes K, Zeumer H. A refined method to relate morphological and functional aspects of aphasia. *Eur Neurol* 1981 ;20 :69-79
- ²³ Damasio H. A computed tomographic guide to the identification of cerebral vascular territories. *Arch Neurol* 1983 ;40 :138-142
- ²⁴ Poeck K, De Bleser R, Graf von Keyserlingk D. Neurolinguistic status and localisation of lesion in aphasic patients with exclusively consonant-vowel recurring utterances. *Brain* 1984 ;107 :199-217
- ²⁵ Bories J, Derhy S, Shiras J. CT in hemispheric ischemic attacks. In : Bories J, ed. *Cerebral ischemia. A neuroradiological study*. New York : Springer, 1985 :18-33
- ²⁶ Perlemutter D, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the distal anterior cerebral artery. *J Neurosurg* 1978;49:204-228
- ²⁷ Marinkovic S, Milisavljevic M, Marinkovic Z. Branches of the anterior communicating artery. *Acta Neurochir* 1990;106:78-85
- ²⁸ Crowell RM, Morawetz RB. The anterior communicating artery has significant branches. *Stroke* 1977;8:272-273
- ²⁹ Rosner SS, Rhoton AL, Ono M, Barry M. Microsurgical anatomy of the posterior perforating arteries. *J Neurosurg* 1984;61:468-485
- ³⁰ Fischer E., Die Lageabweichungen der vorderen Hirnarterie im Gefäßbild. *Zbl. Neurochir.*, 1938. 3,300-313
- ³¹ Gibo H, Carver CC, Rhoton AL, Lenkey C, Mitchell RJ. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *J Neurosurg* 1981;54:151-169
- ³² Marinkovic SV, Milisavljevic MM, Kovacevic MS, Stevic ZD. Perforating branches of the middle cerebral artery. Microsurgical anatomy of their intra-cerebral segments. *Stroke* 1985;16:1022-1029
- ³³ Otomo E. The anterior choroidal artery. *Arch Neurol* 1979;12:171-187
- ³⁴ Zeal AA, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the posterior cerebral artery. *J Neurosurg* 1978;48:534-559
- ³⁵ Duret H. Recherches anatomiques sur la circulation de l'encéphale. *Arch Physiol Norm Pathol*. 1874; series 2, vol 1:60-91,316-354, 915-957
- ³⁶ Lazorthes G. *Vascularisation et circulation cérébrale*. Paris, France : Masson ; 1961
- ³⁷ Schmähmann J. Vascular syndromes of the Thalamus. *Stroke*. 2003;34:2264-2278
- ³⁸ de Freitas GR, Bougousslavsky J. Thalamic infarcts, In : Donnan G, Norving B, Bamford J, Bougousslavsky J, eds. *Subcortical Stroke*. London, UK : Oxford University Press ; 2002 :255-285
- ³⁹ Schmähmann J. Vascular syndromes of the Thalamus. *Stroke*. 2003;34:2264-2278
- ⁴⁰ Percheron G. The anatomy of the arterial supply of the human thalamus and its use for the interpretation of the thalamic vascular pathology. *Z Neurol*. 1973;205:1-13
- ⁴¹ Duvernoy HM. *Human brainstem vessels*. New-York: Springer-Verlag, 1978
- ⁴² Tatu L, Moulin T, Bougousslavsky J, Duvernoy H – Arterial territories of human brain/ brainstem and cerebellum – *Neurology* – 96;47:1125-1134
- ⁴³ Zülch KJ : Über die Entstehung und Lokalisation der Hirninfarkte. *Zentralbl Neurochir* 21 :158-180, 1961
- ⁴⁴ Kumral E, Bayulkem G, Sagcan A. Mechanisms of single and multiple borderzone infarct: transcranial Doppler ultrasound/magnetic resonance imaging correlates. *Cerebrovasc Dis*. 2004;17(4):287-95.

-
- ⁴⁵ Noguchi K, Ogawa T, Inugami A, Fujita H, Hatazawa J, Shimosegawa E, Okudera T, Uemura K, Seto H. MRI of acute cerebral infarction: a comparison of FLAIR and T2-weighted fast spin-echo imaging. *Neuroradiology*. 1997 Jun;39(6):406-10.
- ⁴⁶ Maeda M, Yamamoto T, Daimon S, Sakuma H, Takeda K. Arterial hyperintensity on fast fluid-attenuated inversion recovery images: a subtle finding for hyperacute stroke undetected by diffusion-weighted MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001 Apr;22(4):632-6.
- ⁴⁷ Desal HA, Auffray-Calvier E, Guillon B et al. Imagerie des accidents vasculaires cérébraux en urgence. *J Neuroradiol* 2004 ;31 :327-33
- ⁴⁸ Kidwell CS, Alger JR, Di Salle F et al. Diffusion MRI in patients with transient ischemic attacks. *Stroke* 1999;30:1174-80
- ⁴⁹ Willinek WA, Gieseke J, von Falkenhausen M, Neuen B, Schild HH, Kuhl CK : Sensitivity encoding for fast MR imaging of the brain in patients with stroke. *Radiology*. 2003 Sep;228(3):669-75
- ⁵⁰ Beevor CE : On the distribution of the different arteries supplying the human brain. *Philos Trans R Soc Lond (B)* 200:1-55,1909
- ⁵¹ Shellshear JL : Contribution to our knowledge of the arterial supply of the cerebral cortex in man. *Brain* 50:236-253,1927
- ⁵² Van der Zwan : Variability of the territories of the major cerebral arteries. *J Neurosurg* 77:927-940,1992

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

BON A IMPRIMER N° 148

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

RESUME :

Objectif :

Représenter sous forme d'atlas les divers territoires artériels cérébraux

Matériel et Méthode :

Analyse rétrospective de l'ensemble des IRM encéphaliques réalisées sur notre site, de janvier 2001 à juin 2005. Sélection des patients présentant un AVC ischémique artériel récent apparaissant en hypersignal en imagerie de diffusion. Pour chaque patient, la détermination du territoire artériel ischémié est alors basée sur les tables antérieurement publiées dans la littérature.

Résultats :

Sur plus de 8.500 IRM encéphaliques réalisées sur cette période, 921 ont mis en évidence un accident ischémique artériel récent. Nous répertorions dans ce travail 110 de ces patients dont l'IRM à la phase aiguë présentait un caractère iconographique intéressant.

Sans avoir la prétention d'être exhaustif, ce travail rapporte les divers territoires vasculaires cérébraux artériels observés sur notre site. Il se veut être une aide à leur identification pour le radiologue et le clinicien, étape essentielle dans la prise en charge à la phase aiguë des patients victimes d'un AVC ischémique.

MRI ATLAS OF THE CEREBRAL ARTERIAL TERRITORIES

RADIODIAGNOSTIC ET IMAGERIE MEDICALE

MOTS-CLES : IRM, Imagerie de Diffusion, Territoires artériels cérébraux, AVC Ischémique

UNIVERSITE DE LIMOGES

CHRU DUPUYTREN
