



HAL
open science

Évaluation du score ASPECTS appliqué au scanner de perfusion cérébrale chez les patients présentant un AVC ischémique: corrélation avec le territoire ischémié

Amandine Osaer

► **To cite this version:**

Amandine Osaer. Évaluation du score ASPECTS appliqué au scanner de perfusion cérébrale chez les patients présentant un AVC ischémique: corrélation avec le territoire ischémié. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03219236

HAL Id: dumas-03219236

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03219236>

Submitted on 6 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

**FACULTE DE MEDECINE
2021**

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

**ÉVALUATION DU SCORE ASPECTS APPLIQUE AU SCANNER DE
PERFUSION CEREBRALE CHEZ LES PATIENTS PRÉSENTANT UN AVC
ISCHÉMIQUE : CORRÉLATION AVEC LE TERRITOIRE ISCHÉMIÉ
N° 2021 - 4**

Radiodiagnostic et Imagerie médicale

Présentée et soutenue publiquement le 5 Février 2021 à la salle des thèses

Par Amandine OSAER

JURY

Président:

Monsieur le Professeur Jean-Marc CONSTANS

Assesseurs:

Monsieur le Professeur Olivier GODEFROY

Madame le Professeur Marie-Antoinette SEVESTRE-PIETRI

Monsieur le Professeur Patrick TOUSSAINT

Monsieur le Docteur Nicolas DELEVAL

Directeur de thèse:

Monsieur le Docteur David MICHEL

Monsieur le Professeur Jean-Marc CONSTANS

Responsable du centre d'activité de Neuroradiologie

Coresponsable de l'équipe universitaire CHIMERE

Coordonnateur du DES d'Imagerie médicale

Responsable Médical et de la recherche clinique sur l'IRM de recherche du GIE Faire Face

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Pôle Imagerie

Vous me faites l'honneur de présider mon jury de thèse.

Je vous remercie pour votre disponibilité et votre bienveillance tout au long de mon internat.

Soyez assuré de ma plus profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur Olivier GODEFROY

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Neurologie)

Directeur du Laboratoire de Neurosciences Fonctionnelles et Pathologies (UR UPJV 4559)

Chef du Service de Neurologie Pôle « Autonomie »

Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

Vous me faites l'honneur de participer à mon jury de thèse. Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail.

Soyez assuré de ma profonde reconnaissance.

Madame le Professeur Marie-Antoinette SEVESTRE-PIETRI

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Médecine vasculaire)

Chef du Service de Médecine Vasculaire

Vous me faites l'honneur de participer à mon jury de thèse. Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail.

Soyez assuré de ma profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur Patrick TOUSSAINT

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Neurochirurgie)

Vous me faites l'honneur de participer à mon jury de thèse. Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail.

Soyez assuré de ma profonde reconnaissance.

Monsieur le docteur Nicolas DELEVAL

Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Je te remercie de m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de thèse. Merci également pour ta gentillesse et ton enseignement au quotidien. Ce sera un réel plaisir de travailler avec toi, en musique, ces prochaines années.

Monsieur le docteur David MICHEL

Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Merci de m'avoir fait confiance lorsque je t'ai demandé un sujet de thèse. C'est un véritable honneur pour moi de présenter aujourd'hui ce travail réalisé sous ta direction. Merci pour ton enseignement ainsi que pour ta disponibilité tout au long de mon internat. Merci également de m'avoir transmis la passion de la neuroradiologie. Ce sera un réel plaisir de travailler à tes côtés dans les années à venir.

Remerciements

A ma famille :

- A Matthieu pour ton soutien sans faille depuis le début de cette aventure. Tu es toujours prêt à te lancer dans un nouveau projet à mes côtés, le prochain arrivant dans neuf mois, et je suis sûre que la vie nous réserve encore de belles surprises à vivre ensemble.
- A mes parents pour avoir rendu tout cela possible, pour m'avoir encouragée dès mon plus jeune âge à l'école mais aussi dans le monde de la musique et de la danse. J'aurais difficilement pu avoir une enfance plus heureuse. Merci de m'avoir transmis des valeurs bienveillantes, que j'espère être capable de pouvoir transmettre moi-même un jour à mon enfant.
- A mon grand-père Bertrand, pour la fierté qui se lisait dans tes yeux quoique je fasse (du flocon jusqu'à la faculté de médecine). Ton courage pour te battre contre la maladie aura été un exemple pour nous tous et mon seul regret est que tu ne sois plus parmi nous ce jour.
- A ma grand-mère Thérèse, pour ta gentillesse et tes bons gâteaux qui ont toujours fait office de soutien de premier plan.
- A mon grand-père Eugène, pour ta bienveillance à mon égard depuis mon enfance ainsi que pour m'avoir transmis la passion de la lecture, même si j'ai encore beaucoup d'ouvrages à découvrir.
- A ma grand-mère Claude, pour ta générosité sans faille (incluant ton abonnement Disney Channel quand j'étais malade, enfant), ainsi que ta passion pour les chaussures.
- A mon grand-père Robert, pour m'avoir donné un père formidable sans qui je ne serai pas là aujourd'hui.
- A mon arrière-grand-mère Odette, qui nous a quittés il y a quelques semaines, tu resteras à jamais dans nos cœurs.
- A mes arrières grands-parents maternels et paternels, partis trop tôt mais tous réunis autour d'une même passion, la musique.
- A Martine, Francis et Jonathan, pour avoir fait de mes premières années de vie les plus belles possibles (même si tout ne se passe pas toujours comme dans Mary Poppins)
- A mes oncles et tantes maternels, Sabine et Manu (les randonneurs de la famille), Christelle et Philippe (et nos gamelles au ski).
- A mes oncles et tantes paternels, Sophie et Joan (merci pour votre accueil pendant mon internat), Vincent et Ji Kang (merci de m'avoir transmis la passion des études), Antoine et

Sandra (pour tous ces concerts géniaux que l'on a faits ensemble), Stéphanie et Patrice (pour votre amour des livres).

- A mes cousins et cousines : Marine (la super maman), Mathilde (la passionnée), Théo (le cinéphile), Thibaut (le casse-cou qu'on adore), Marie (la référence concert de la famille), Loup (l'avenir du LOSC), Anna (l'avenir de la natation Witternessoise), Alex (la crevette qui sera bientôt un requin), et Léanne (pour les LEGO Harry Potter que l'on a encore à construire).
- A Peggy et Alain, j'espère avoir mieux réussi ce travail que mon projet d'art plastique en 6^{ème} sur les ampoules !
- A la famille de Matthieu, pour votre soutien durant mes études.

A mes chefs et collègues :

- Roger Bouzerar : merci pour votre investissement dans ce projet, ainsi que pour le temps que vous y avez consacré, j'espère qu'à l'avenir nous aurons l'occasion de retravailler ensemble.

- Aux médecins amiénois que j'ai eu la chance de rencontrer pendant mon internat et qui ont participé à ma formation : Dr Thierry Yzet, Dr Cédric Renard (et son humour imbattable, merci pour tes conseils et ta bienveillance pendant mon internat), Dr Marianne Auquier, Dr Laura Colta, Dr Thomas Bernasconi, Dr Parfait Assako, Dr Antoine Delval (notre référent en imagerie pédiatrique), Dr Brice Robert, Dr Cyril Chivot, Dr Brigitte Deschepper, Dr Serge Métanbou, Dr Catherine Gondry, Dr Pierre-Oliver Boulet, Dr Bruno Bonnaire, Dr Mathilde Warin, Dr Gilles Boulu, Dr Catherine Mancheron, Dr Mickaël Zitoun.

- Au Pr Pruvo et aux médecins lillois rencontrés en inter-CHU : Pr Leclerc (et vos cours passionnant sur l'ASL), Dr Gregory Kuchcinski, Dr Gustavo Soto-Ares, Dr Farah et Dr Masy ainsi que mes co-internes lillois (Paul, Marjorie, Alexandre, Thomas, Nicolas, Clémence, Pierre et Mathis).

- A Céline, à mes côtés depuis le début de l'internat, qui n'aurait pas été pareil sans toi. Tu as su être à l'écoute quand j'en avais besoin, être disponible en cas de problèmes. Je garderai également en tête toutes ces soirées mémorables pendant le DU d'ORL et j'espère conserver longtemps cette formidable amie que tu es.

- A Charlotte, pour ton amitié, ta patience au quotidien, ainsi que tous ces bons moments à Lille comme à Amiens, plateau de fromages et gifs de chats inclus ! Tu es une véritable amie et je suis persuadée que nous allons encore vivre de grands moments !

- A Julie, la maman du service, qui veille sur chacun d'entre nous. Merci pour ton amitié et ta gentillesse. Je suis sûre que tu seras une super-chef en Imagerie de la femme mais aussi une super maman, au quotidien pour tes deux enfants.

- A Raphaël et Jérémie, mes grands frères de la radiologie. Votre tolérance en terme de style vestimentaire ainsi que les goûts douteux de Jerem' pour les équipes de football de seconde zone sont à revoir mais mon internat n'aurait clairement pas été le même sans vous. Merci pour le formidable compagnonnage auquel j'ai eu le droit à vos côtés. Raphaël, merci également d'être l'ami sur lequel Matthieu et moi pouvons toujours compter.

- A mes anciens et actuels co-internes : Riyad (et les surnoms magiques auxquels j'ai eu droit, je ne retiendrai que les meilleurs !), Kévin (Fémoseal restera dans les mémoires), Aurélien, Floriane, Florine, Fabrice, Charles (on est pas là pour être sympa ! tellement contente de savoir que nous allons travailler ensemble ces prochaines années), Alexandre, Wesley, Émilie, Jessy, Geoffrey, Simon, Quentin (reviens quand tu veux pour une crêpe à la maison !), Xavier (et ses chemises colorées), Constance, Kévin, Loïc, Jean Rovillain, Jean Carras, Victor, Amélie, et Jean-Baptiste.

- A l'équipe de radiologie interventionnelle (Junior, Vincent, Pierre-Arnaud, Véronique, Marie-Paule, Laura et Camille) pour votre gentillesse et votre bienveillance (et les blagues de Junior) lors de mon semestre avec une dédicace spéciale pour l'équipe des secrétaires (Carine, Marie-Christine, Laetitia et Fred)

- Toute l'équipe des manipulateurs et secrétaires du CHU d'Amiens, qui rendent ce service plus joyeux chaque jour.

- A toute l'équipe du bloc opératoire de la polyclinique de La Clarence (Arnaud, Jean-Claude, Franck, Sandrine, Julie, Mathilde, Rémi, Arnaud, et bien sûr Jonathan), pour m'avoir accueilli l'été précédent mon internat. Travailler avec vous aux côtés de mon papa restera un souvenir mémorable !

A mes amis :

- Aux copains de la musique : Coralie et Maxime, même si plusieurs milliers de kilomètres nous séparent maintenant, c'est toujours un plaisir de se retrouver à Amiens pour un babyfoot ou une partie de Monopoly.

- A Antoine et Jonathan, je crois qu'il n'y a pas de doutes, si vous n'étiez pas intervenus il y a 12 ans ma vie serait bien différente aujourd'hui !

- A Oriane, merci pour ton amitié depuis toutes ces années, tu es l'une des personnes les plus fortes que je connaisse et je t'admire pour cela !

- A Maxime Bessa, le jeune médecin dynamique du Pas-de-Calais, ça va jizzer à Busnes en février !

- A Laure, Elise (Aziz), Maxime Weppe de l'équipe 7 de l'intégration pour ces supers années d'externats en votre compagnie (et toujours avec de la bonne musique)

- A Pauline, Marjorie, Vincent, Guillaume, Émilie, Jeannot, Victoria, Florian, Fiona, Filbix, Claire pour tous ces week-ends mémorables passés en votre compagnie.

ÉVALUATION DU SCORE ASPECTS APPLIQUÉ AU SCANNER DE PERFUSION CÉRÉBRALE CHEZ LES PATIENTS PRÉSENTANT UN AVC ISCHÉMIQUE : CORRÉLATION AVEC LE TERRITOIRE ISCHÉMIÉ

Objectif : Déterminer s'il existe une corrélation entre les modifications des cartographies de perfusion cérébrales estimées via le score ASPECTS, et le territoire réellement ischémié réévalué également via le score ASPECTS sur l'imagerie de contrôle, chez des patients présentant un AVC ischémié pour lesquels un scanner de perfusion a été réalisé en première intention.

Matériel et méthodes : Cette étude rétrospective a été approuvée par notre comité d'éthique local. 52 patients ont été inclus entre Août 2016 et Janvier 2019. Les images des scanners de perfusion ont été lues par une interne en radiologie ayant fait trois stages de neuroradiologie et un stage en neuroradiologie interventionnelle. Le score ASPECTS a été utilisé en cas d'AVC sylvien et le score PC-ASPECTS en cas d'AVC de la fosse postérieure. Les coefficients de corrélation entre le score appliqué aux cartographies de perfusion cérébrale et l'imagerie de contrôle ou le score de Rankin ont été obtenus grâce au rang de Spearman, et au test des rangs signés de Wilcoxon.

Résultats : Il n'y avait pas de différence significative entre le score CBF30 (CBF fenêtré entre 0 et 30) et le score de référence ($p = 0,45$). En revanche, pour les 4 autres cartographies de perfusion, une différence significative était observée. Sur l'ensemble de la population, il existe une corrélation positive statistiquement significative pour les scores ASPECTS appliqué au CBV ($\rho = 0,46$; $p < 10^{-3}$) ainsi que pour le TMAX ($\rho = 0,28$), le CBF100 ($\rho = 0,32$) et le CBF30 ($\rho = 0,35$) avec l'imagerie de contrôle. Aucune corrélation n'était par contre observée pour le score MTT. Pour le sous-groupe des sujets traités, aucune corrélation n'était observée pour les 5 scores de perfusion par rapport au score contrôle, alors que pour le groupe des sujets non-traités, la corrélation restait statistiquement significative pour les scores CBV, CBF30 et CBF100. Il existe une corrélation significative entre le score ASPECTS appliqué au CBV ($\rho = -0,33$; $p < 0,05$) et le score de Rankin de sortie alors qu'aucune corrélation statistiquement significative n'était observée pour les 4 autres scores de perfusion.

Conclusion : L'utilisation du score ASPECTS appliqué au CBV, en cas d'AVC ischémié, est une méthode rapide et simple à mettre en place en pratique courante qui semble être la plus fiable et la plus robuste pour l'estimation du volume ischémié et offre des perspectives intéressantes pour l'estimation du mismatch radiologique.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Table des matières..... | 12 |
| 1. Introduction..... | 13 |
| 1.1 Confirmation du diagnostic par imagerie cérébrale..... | 13 |
| 1.2 Décision thérapeutique..... | 14 |
| 1.3 Score ASPECTS | 15 |
| 2. Matériel et méthodes..... | 16 |
| 2.1 Patients | 16 |
| 2.2 Imagerie par scanner et suivi | 17 |
| 2.3 Analyse des images | 18 |
| 2.4 Analyse statistique | 22 |
| 3. Résultats..... | 23 |
| 3.1 Description de la population | 23 |
| 3.2 Différence entre le score ASPECTS sur les cartographies de perfusion et l'imagerie de contrôle..... | 25 |
| 3.3 Corrélation entre le score ASPECTS sur les cartographies de perfusion et l'imagerie de contrôle..... | 26 |
| 3.4 Corrélation entre le score ASPECTS sur les cartographies de perfusion et le score de Rankin de sortie | 26 |
| 3.5 Mismatch score | 27 |
| 4. Discussion..... | 28 |
| 4.1 Principaux résultats et études antérieures | 28 |
| 4.2 Limites et perspectives..... | 29 |
| 5. Conclusion | 30 |
| Références bibliographiques | 31 |
| Annexes..... | 33 |

1. Introduction

En 2021, l'accident vasculaire cérébral est encore un problème majeur de santé publique. Il reste la première cause de handicap, la deuxième cause de troubles cognitifs et la troisième cause de mortalité dans le monde.(1) Il s'agit d'une pathologie fréquente dont les conséquences sont potentiellement graves. La prise en charge est donc déterminante pour l'avenir du patient, et repose sur la rapidité de la confirmation du diagnostic par l'imagerie cérébrale et sur la rapidité de l'instauration des thérapeutiques.

Cliniquement, un AVC se manifeste par un déficit neurologique focal, brutal, et d'emblée maximal. Les signes sémiologiques varient selon le territoire anatomique atteint. Les AVC de cause ischémique sont les plus fréquents (80% des cas), et peuvent relever de différents mécanismes : athérosclérose, cardio-embolique, micro angiopathie, dissection artérielle...

1.1 Confirmation du diagnostic par imagerie cérébrale

L'imagerie de l'AVC s'est complètement transformée ces dernières années : initialement basée sur le scanner cérébral sans injection pour différencier les formes ischémiques et hémorragiques, puis sur l'imagerie de diffusion en IRM pour déterminer précocement l'infarctus (2), elle est aujourd'hui orientée sur le développement de techniques d'imagerie de perfusion pour appréhender la pénombre hémodynamique (correspondant à une zone hypo perfusée, potentiellement réversible) et la nécrose (irréversible, responsable de séquelles neurologiques).(1)

Le scanner de perfusion cérébral est un scanner avec injection indiqué en première intention dans l'AVC ischémique en cas de contre-indication ou d'indisponibilité de l'IRM.(3)Aux États-Unis par exemple, le scanner de perfusion cérébral est réalisé en première intention s'il existe une potentielle indication de thrombectomie(2) car il est facilement accessible, rapide et il possède une bonne résolution spatiale. (3)

L'imagerie de perfusion permet, quant à elle, une approche radiologique du concept de pénombre hémodynamique. (1) Celle-ci est basée sur une analyse de l'évolution du produit de contraste après injection. (3) Le premier passage parenchymateux d'un bolus de produit de contraste permet d'obtenir une évaluation dynamique du débit sanguin capillaire. (2)

Par ailleurs la sélection des patients éligible à un geste de revascularisation est basée sur l'évaluation d'un mismatch entre une zone hypo perfusée et une zone infarctie.

La zone hypo perfusée, en partie récupérable, est représentée par l'augmentation du temps de transit moyen (MTT) et du Tmax (temps maximum jusqu'au pic).

La définition d'un territoire nécrosé se base sur une diminution du volume sanguin cérébral (CBV « Cerebral Blood Volume » inférieur à 2ml/100g non sauvable) et une diminution du débit sanguin cérébral (CBF « Cerebral Blood Flow » <10ml/100g/minute). Lors de la survenue d'une occlusion, il existe précocement une augmentation du TMAX, du MTT, une diminution du CBF et un CBV conservé. Lorsque l'auto régulation est dépassée (en raison d'un diagnostic tardif ou de l'absence de collatérales), le CBF et le CBV diminuent tous les deux à cause de l'apparition d'une zone de nécrose. Dans la littérature, on considère un territoire nécrosé si le CBF du côté atteint est inférieur à 30% par rapport au côté contro latéral. Cependant, l'utilisation de ces seuils est arbitraire et il peut exister une variabilité en fonction du logiciel de post-traitement utilisé, où l'opérateur n'a parfois pas la main pour modifier lui-même les cartographies en cas d'erreur de segmentation

Immédiatement après une occlusion artérielle, on observe une vasodilatation associée à une augmentation du recrutement des flux collatéraux dans le territoire ischémié, qui tentent de normaliser le flux sanguin parenchymateux et entraînent une augmentation globale du CBV. (2)

L'augmentation du CBV permet d'entretenir la pénombre, et est observée si la circulation collatérale est suffisamment robuste pour maintenir les mécanismes neuro biochimiques compensateurs. (2)

Le CBF est contrôlé par des mécanismes complexes d'autorégulation, représentés essentiellement par une variation des résistances vasculaires cérébrales.(1) Le CBF est un paramètre qui a une place importante pour déterminer l'issue du parenchyme cérébral après un accident vasculaire ischémié. Certaines études émettent l'hypothèse que le CBF pourrait permettre d'identifier à l'avenir les patients à risques de lésions ischémiques. (4)

Cependant, le scanner de perfusion est soumis à des variations qui peuvent donner une estimation erronée du volume l'infarctus, avec une variabilité importante dans les mesures quantitatives. (2) Le calcul du CBF se fait selon un modèle mathématique qui peut entraîner une sous-estimation du CBF non quantifiable. (2)

1.2 Décision thérapeutique

En cas d'occlusion, l'urgence thérapeutique est de rétablir la perméabilité artérielle avant une souffrance cérébrale irréversible.(1) Le panel thérapeutique actuel repose sur un traitement médical comprenant la thrombolyse par rt-PA et l'aspirine, et sur un traitement endovasculaire par thrombectomie. Pour être efficace, la thrombolyse doit être administrée dans les 4h30 suivant le début des symptômes ou, en cas de mismatch en imagerie, entre les séquences FLAIR et Diffusion en IRM.

En ce qui concerne la thrombectomie, les indications retenues sont les thrombus proximaux, correspondant à la portion distale de l'artère carotide interne ou à la portion proximale de l'artère cérébrale moyenne. Celle-ci doit par ailleurs être réalisée dans les 6 premières heures suivant le début des symptômes.

L'heure de début n'est pas toujours connue et peut restreindre le panel thérapeutique du patient. Cependant, les indications de thrombectomie cérébrale ont été considérablement élargies ces dernières années.

Plusieurs études remettent en question le délai de prise en charge et se sont intéressées très tôt au mismatch FLAIR-DIFFUSION.(5) L'étude DAWN (6) s'est intéressée au bénéfice d'une thrombectomie étendue à 24h et a montré que les patients avaient une récupération clinique possible en cas de recanalisation, même tardive.

Plus récemment l'étude DEFUSE 3(7), basée sur le volume de l'infarctus et le volume de la pénombre, a montré que les patients sélectionnés pour un geste recanalisation entre 6 et 16h après le début des symptômes avaient un meilleur pronostic par rapport aux patients non traités.

La thrombectomie cérébrale reste par ailleurs une procédure non dénuée de risques, notamment liés au dispositif (perforation, dissection, hémorragie sous arachnoïdienne), à l'accès vasculaire, ou au produit de contraste.(8)

Il est important d'avoir une estimation précise du volume de l'AVC en imagerie pour poser de bonnes indications de thrombectomie et ne pas récuser à tort un patient.(9)

1.3 Score ASPECTS

Le score ASPECTS (Alberta Stroke Program Early CT Score)(10) est un score de décroissance commençant à 10 utilisé depuis 2001 pour quantifier le territoire ischémié sur un scanner cérébral sans injection. Il divise le territoire de l'artère cérébrale moyenne en 10 secteurs avec 3 régions profondes et 7 régions superficielles. Il s'agit d'un score fiable, reproductible, facilement applicable et bien connu des radiologues ainsi que des neurologues.

Sa facilité d'utilisation et de mise en pratique ont également développé son utilisation pour la fosse postérieure(11).

D'autre part, le score ASPECTS est un score bien connu des Neuro radiologues, simple à utiliser, et qui pourrait être étendu au scanner de perfusion.(12) Une étude américaine récente(13) a d'ailleurs montré une bonne corrélation de ce score entre une intelligence artificielle et des neuroradiologues expérimentés pour quantifier le CBV.

Actuellement, lorsqu'un scanner de perfusion cérébrale est réalisé en cas de suspicion d'AVC ischémique, le radiologue dispose de plusieurs cartographies (TMAX, MTT, CBV, CBF). L'estimation visuelle du mismatch radiologique est basée sur un faisceau d'arguments issus de ces différentes cartographies, cependant nous ne connaissons pas laquelle est la mieux corrélée à la zone de nécrose finale.

L'objectif principal de l'étude est donc de déterminer s'il existe une corrélation entre les modifications des cartographies de perfusion cérébrale estimées via le score ASPECTS, et le territoire réellement nécrosé réévalué également via le score ASPECTS sur l'imagerie de contrôle, chez des patients présentant un AVC ischémique pour lesquels un scanner de perfusion a été réalisé en première intention.

Notre but est donc d'étudier si l'emploi d'un score simple d'utilisation et facile à mesurer tel que le score ASPECTS serait applicable sur les cartographies CBF et CBV, ainsi que Tmax et MTT du scanner de perfusion cérébrale, pour déterminer les patients éligibles à un geste de revascularisation en cas d'AVC ischémique.

2. Matériel et méthodes

2.1 Patients

Il s'agit d'une étude rétrospective, approuvée par notre comité d'éthique local.

Entre août 2016 et janvier 2019, 65 patients ont bénéficié d'un scanner de perfusion cérébral mettant en évidence un AVC ischémique. 13 patients ont été exclus dont 8 pour absence d'imagerie de contrôle et 5 pour défaut de protocole du scanner de perfusion rendant les cartographies ininterprétables (**Figure 1**). Les données recueillies étaient le sexe, l'âge, le score NIHSS d'entrée, le territoire vasculaire, le niveau de l'occlusion, la réalisation ou non d'une thrombolyse et d'une thrombectomie, leur délai respectif, le score TICI à l'issue de la thrombectomie, la largeur du pic à mi-hauteur de la fonction d'entrée artérielle, le score ASPECTS appliqué aux cartographies CBV, CBF, MTT, TMAX et à l'imagerie de contrôle (scanner ou IRM), le délai de réalisation de l'imagerie de contrôle, le NIHSS de sortie et le score de Rankin.

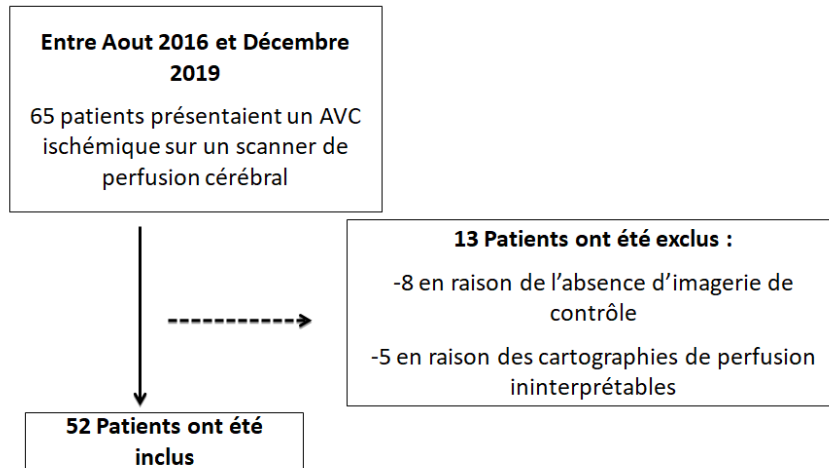


Figure 1 Flow Chart de la population de l'étude

2.2 Imagerie par scanner et suivi

Les acquisitions ont été réalisées sur le Scanner Optima CT 660 ou sur un scanner Discovery CT 750HD (GE Healthcare, Milwaukee, Wis. USA). Les paramètres d'acquisition du scanner de perfusion cérébrale sont donnés dans le tableau 1.

Table 1 Paramètres d'acquisition du scanner de perfusion cérébrale

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Tension du tube (kVp) | 80 |
| Intensité du tube (mA) | 150 |
| Temps de rotation (s) | 0.5 |
| FOV (cm) | 25 |
| Épaisseur de coupe (mm) | 5 |
| Nombre d'images par rotation | 8 |
| Filtre de reconstruction | SS50 |
| Type de reconstruction | ASIR 50% |

Le patient était placé en décubitus dorsal, tête première dans la têtère, les bras le long du corps. Un accès veineux d'au moins 18G était posé sur table au niveau d'une veine du pli du coude. La tête du patient était placée perpendiculairement à la table du scanner, dans le plan orbito-méatal. Le produit de contraste utilisé aux urgences était le IOMEPROL 400mg Iode /ml (IOMERON®). Une première hélice sans injection était réalisée. Ensuite, la boîte était placée en fonction de la zone d'intérêt (sylvienne ou fosse postérieure), après vérification avec le radiologue, recouvrant une hauteur de 8cm. L'acquisition standard était réalisée du bas vers le haut, avec injection simultanée, en utilisant 50 cc de produit de contraste ayant une concentration minimum de 350 mg/ml, à 5 cc/s puis en rinçant avec du sérum physiologique (50 cc à 5cc/s).

Un scanner cérébral sans injection, de contrôle ou une IRM cérébrale étaient habituellement réalisés.

2.3 Analyse des images

Les mesures ont été réalisées par une interne de 5^{ème} année ayant fait trois stages en neuroradiologie et un stage en neuroradiologie interventionnelle. Les cartographies de perfusion ont été obtenues en utilisant le logiciel CT perfusion 4D sur une console Advantage Windows 4.7 (GE Healthcare, Milwaukee, Wisconsin). La ROI de localisation de la Fonction d'Entrée Artérielle (AIF) a été placée manuellement au niveau de la portion extra-crânienne de l'artère carotide interne (**Figure 2**). La ROI de la fonction veineuse a elle été placée au niveau du torcular ou du sinus longitudinal supérieur. Ces deux opérations permettant de s'assurer du profil optimal des courbes d'une part, et de mesurer la largeur à mi-hauteur de la courbe AIF d'autre part (**Figure 2**). Pour tous les patients, la ROI utilisée correspondait aux 2/3 du diamètre du vaisseau en utilisant la détection automatique.

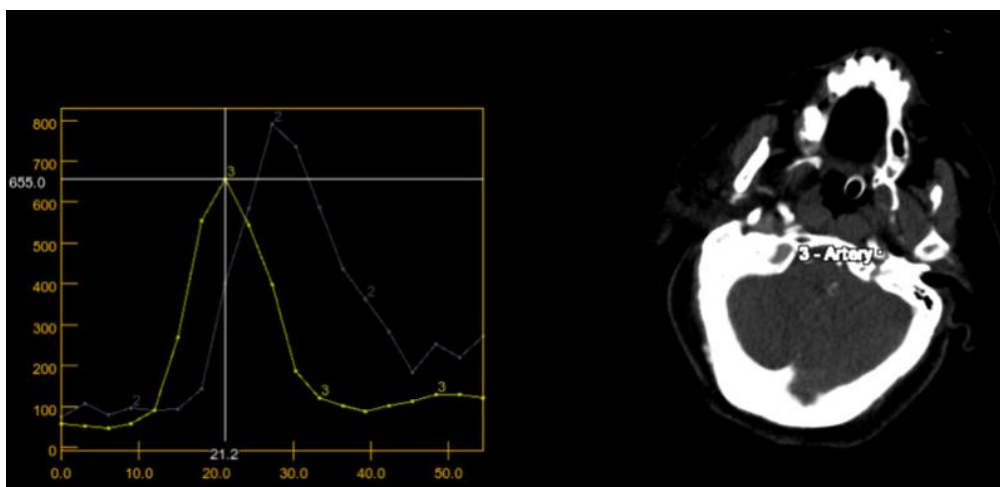


Figure 2 Courbe AIF (à droite) et localisation de la ROI dans l'artère carotide interne gauche dans sa portion extra-crânienne (à gauche)

Le score ASPECTS a été utilisé en cas d'AVC Sylvien (**Figure 3**). Il comprend 3 régions profondes, sous-corticales : le noyau caudé (C), le noyau lenticulaire (L) et la capsule interne (IC). Il est également composé de 7 régions superficielles, corticales : le territoire antérieur de l'artère cérébrale moyenne (M1), le territoire de l'artère cérébrale moyenne en avant du ruban insulaire (M2), le territoire postérieur de l'artère cérébrale moyenne (M3), le territoire antéro-supérieur de l'artère cérébrale moyenne (M4), le territoire latéro-supérieur de l'artère cérébrale moyenne (M5), le territoire postéro supérieur de l'artère cérébrale moyenne (M6), et le ruban insulaire (I).

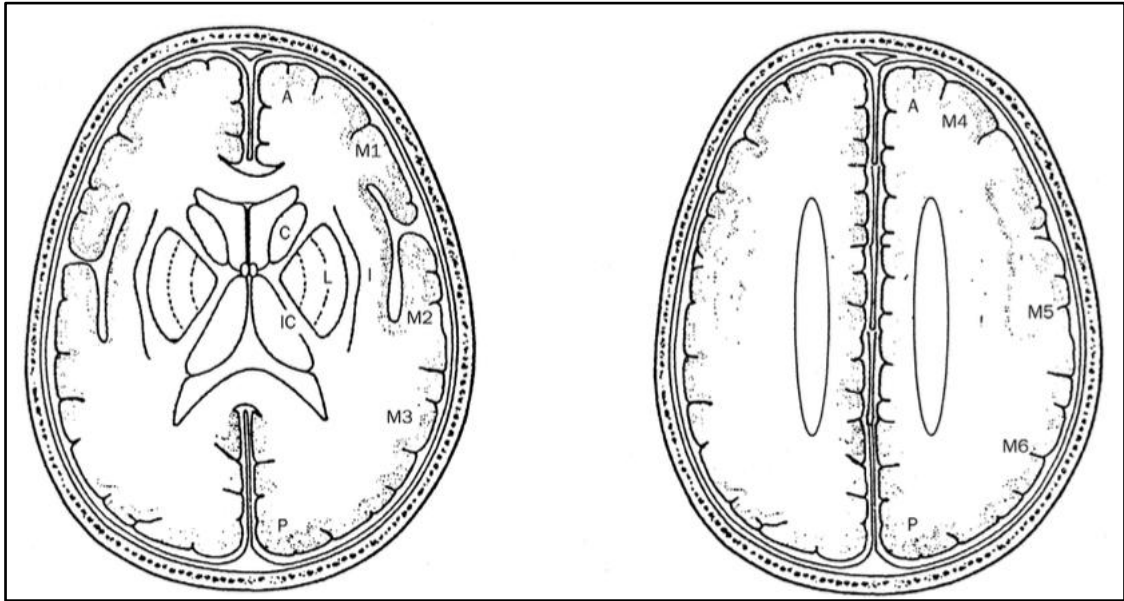


Figure 3 Score ASPECTS sur 10 points

Le score PC-ASPECTS a été utilisé pour la fosse postérieure (**Figure 4**). Un point était attribué pour chaque thalamus, un point pour chaque lobe occipital, un point pour chaque hémisphère cérébelleux, deux points pour le pont, et deux points pour le mésencéphale.

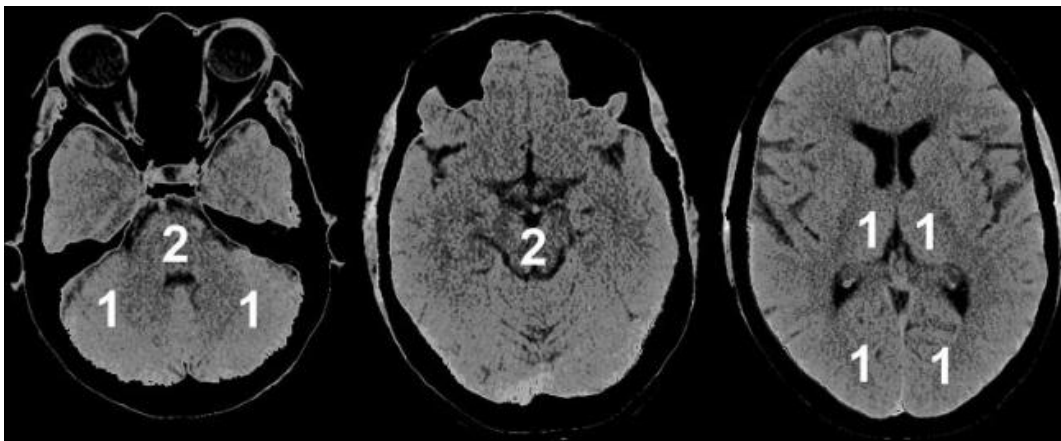


Figure 4 Score PC-ASPECTS pour la fosse postérieure sur 10 points

Pour s'assurer de la précision de la localisation de la zone anatomique étudiée, un repérage anatomique a été fait au préalable sur la séquence AVERAGE (**Figure 5**).

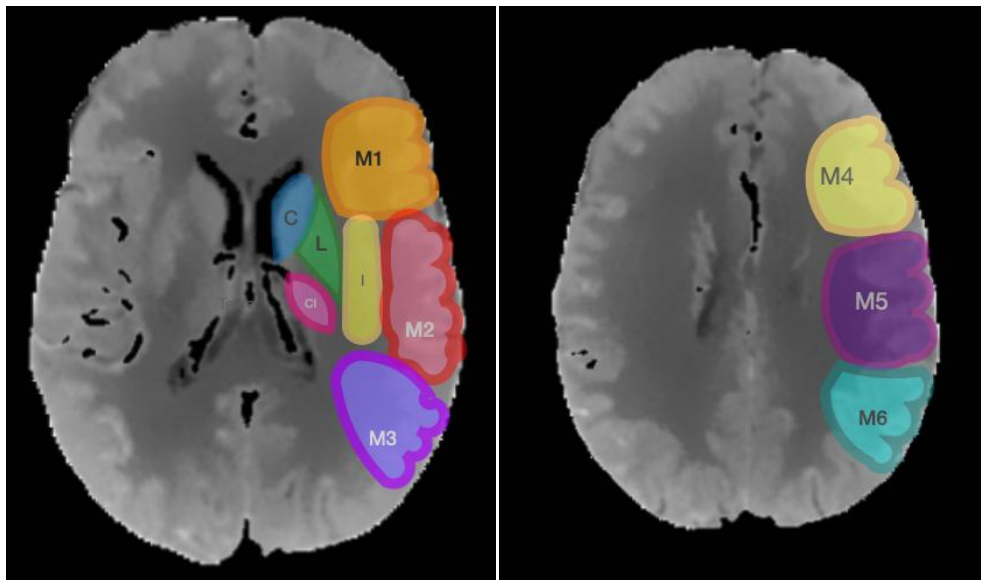


Figure 5 Adaptation du score ASPECTS sur la séquence AVERAGE

Le score ASPECTS (ou PC-ASPECTS) a été calculé pour chaque patient sur la cartographie du CBV, puis du CBF, puis du TMAX, puis du MTT, en changeant l'ordre des cartographies entre chaque patient. Le fenêtrage de l'échelle de couleur était compris entre 0 et 6 pour le CBV, 0 et 7 pour le TMAX et le MTT et 0 et 30 ou 0 et 100 pour le CBF (CBF30 ou CBF100).

Le lecteur avait également accès au scanner cérébral sans injection initial ainsi qu'à l'angioscanner des troncs supra aortiques et du polygone de Willis. Le score ASPECTS a ensuite été calculé sur l'imagerie de contrôle qui pouvait être soit un scanner cérébral sans injection ou la séquence de diffusion de l'IRM cérébrale. Plusieurs exemples sont présentés en **Figures 6,7, 8, 9, et 10**.

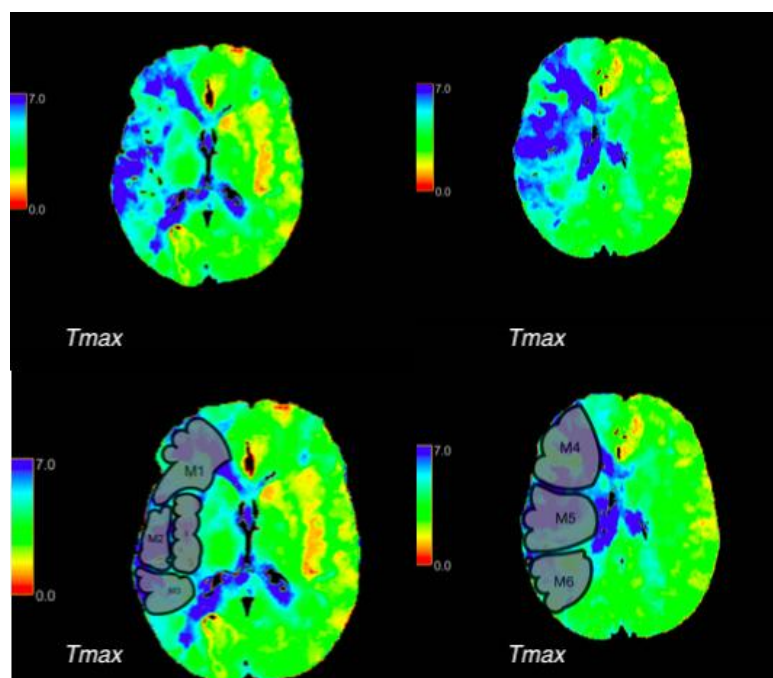


Figure 6 Exemple d'un patient présentant un déficit de l'hémicorps gauche avec un score ASPECTS calculé à 3/10 en sylvien droit sur la cartographie du TMAX

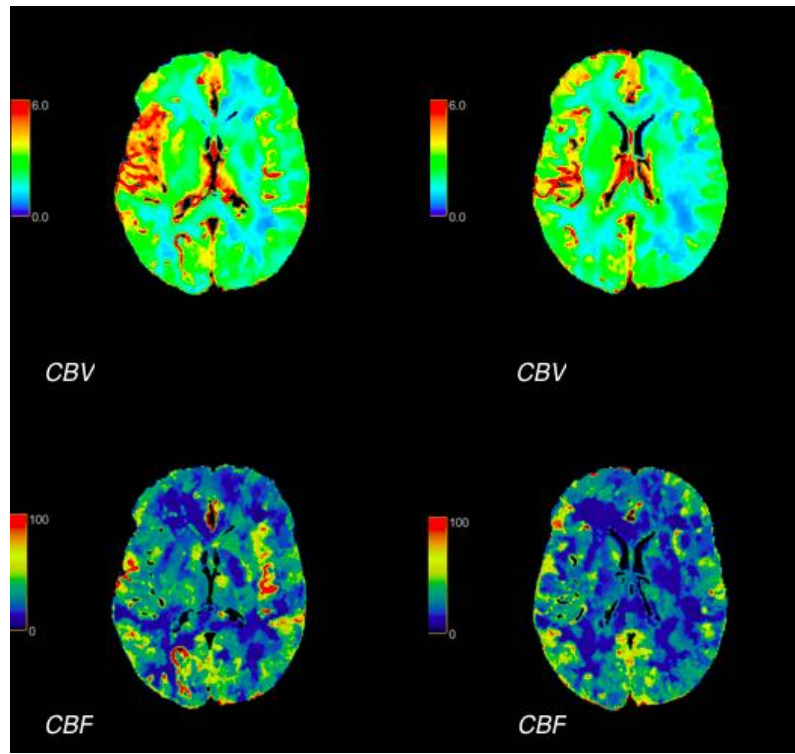


Figure 7 Cartographies CBV et CBF du patient précédent avec un score calculé à 10/10 pour chacune d'entre elles (à noter qu'il existe même une augmentation réflexe du CBV dans le territoire hypoperfusé)

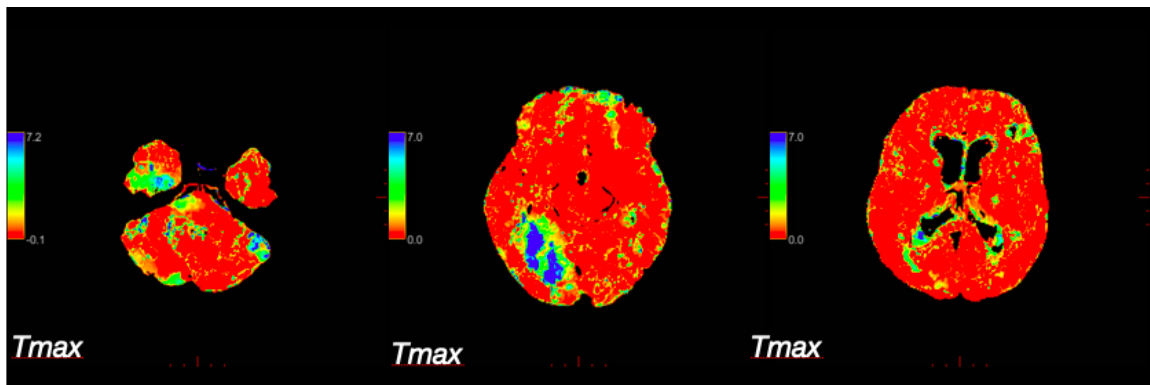


Figure 8 Cartographie du TMAX appliqué à la fosse postérieure avec un score calculé à 9/10 chez un patient présentant une hémianopsie latérale homonyme gauche

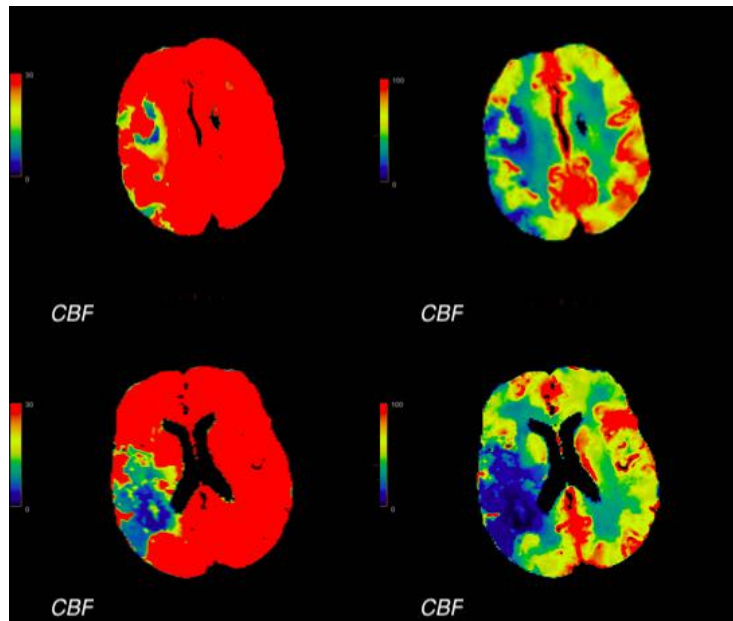


Figure 9 Cartographies du CBF avec un fenêtrage compris entre 0 et 30 (à gauche) et 0 et 100 (à droite) chez un patient présentant une hémiplégié gauche

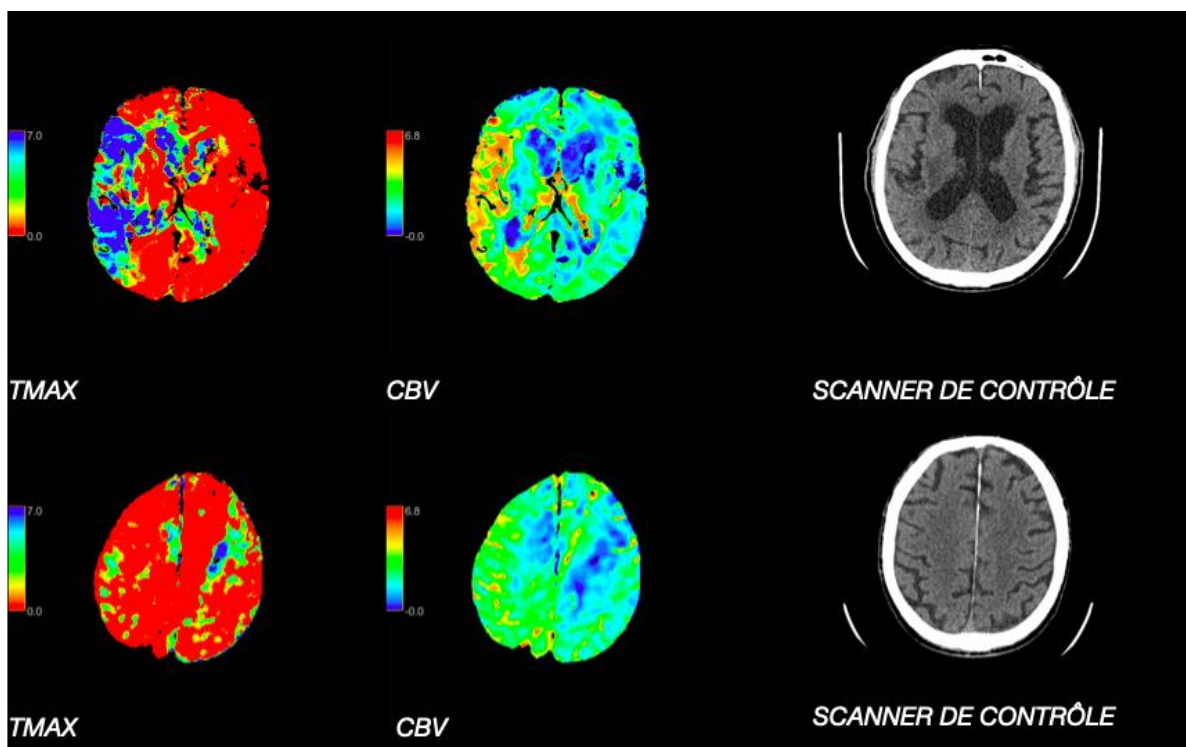


Figure 10 Cartographies où le score ASPECTS est calculé en sylvien droit à 5 pour le TMAX, 10 pour le CBV et 9 pour l'imagerie de contrôle chez un patient présentant une hémiplégié gauche

2.4 Analyse statistique

Les données sont exprimées en moyenne \pm écart type. La comparaison des scores a été effectuée par un test des rangs signés de Wilcoxon. Le test de corrélation des rangs de Spearman a

été utilisé pour l'évaluation des corrélations entre les scores de perfusion et le score de référence ou le score de Rankin. Une analyse en sous-groupes (sujets avec ou sans traitement) a également été effectuée.

Nous avons réalisé une analyse par courbe ROC afin d'évaluer la valeur prédictive d'un score de mismatch, basé sur Tmax, sur le succès du traitement.

Le seuil de significativité était fixé à $p = 5\%$. Les analyses ont été effectuées en utilisant le logiciel RStudio version 1.3 (RStudioInc).

3. Résultats

3.1 Description de la population

Les caractéristiques de la population sont données dans le tableau 2. La population, dont l'âge moyen était de 75,7 ans, comprenait 48,1% d'hommes. Le NIHSS d'entrée moyen était de 10,3/42 et le score NIHSS de sortie moyen était de 7,1/42.

L'occlusion était localisée au niveau de l'artère carotide interne pour 10 patients (19,2%), au niveau de l'artère cérébrale moyenne pour 27 patients (51,9%), au niveau de l'artère cérébrale postérieure pour 4 patients (7,6%) et au niveau du tronc basilaire pour 3 patients (5,7%). Huit patients (15,3%) ne présentaient pas d'occlusion. 16 patients ont bénéficié d'une thrombolyse (30,7%) et 22 patients ont bénéficié d'une thrombectomie (42,3%). Les délais moyens de thrombolyse et de thrombectomie étaient respectivement de 2h32 et 6h06. Le score TICI était satisfaisant (2B ou 3) chez 14 patients (63,6%). La largeur moyenne du pic à mi-hauteur de la fonction d'entrée artérielle était de 15,4 secondes avec un écart-type large allant de 9 à 26 secondes.

La répartition des scores ASPECTS de la population pour chaque type de cartographie de perfusion cérébrale ainsi que pour l'imagerie de contrôle est présentée en **Figure 11**. L'imagerie de contrôle a été réalisée par scanner cérébral pour 48 patients et par IRM cérébrale pour 3 patients. Le délai moyen de réalisation de l'imagerie de contrôle était de 23,5 jours, avec un écart type allant de 1 à 450 jours. La répartition des effectifs des scores ASPECTS sur les cartographies de perfusion cérébrale par rapport à l'imagerie de contrôle est annexée à ce document.

Table 2:Description de la population

| | Moyenne |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Age (années) | 75,7 ± 13,4 [31,0 ; 96,0] |
| Délai thrombolyse (h:min) | 02:32 ± 01:00 [00:40 ; 04:30] |
| Délai thrombectomie (h:min) | 06:06 ± 02:37 [01:00 ; 10:00] |
| NIHSS entrée | 10,3 ± 7,6 [0,0 ; 26,0] |
| NIHSS sortie | 7,1 ± 6,9 [0,0 ; 26,0] |
| Largeur de pic à mi-hauteur (s) | 15,4 ± 5,18 [9,0 ; 26,0] |
| Délai imagerie de contrôle (j) | 23,5 ± 71,31 [1 ; 450] |

| | | Nombre | Répartition |
|--------------------|---------------------|--------|-------------|
| Sexe | Homme | 25 | 48,1% |
| | Femme | 27 | 51,9% |
| Thrombolyse | Oui | 16 | 30,8% |
| | Non | 36 | 69,2% |
| Thrombectomie | Oui | 22 | 42,3% |
| | Non | 30 | 57,7% |
| TICI | 0 / 1 / 2A | 6 | 27,3% |
| | 2B / 3 | 14 | 63,6% |
| | Non disponible | 2 | 9,1% |
| Position occlusion | Absence d'occlusion | 8 | 15,4% |
| | ACM | 27 | 51,9% |
| | ACI | 10 | 19,2% |
| | ACP | 4 | 7,7% |
| | ACA | 0 | 0,0% |
| NIHSS entrée | TB | 3 | 5,8% |
| | Calculé | 46 | 88,5% |
| NIHSS sortie | Non calculé | 6 | 11,5% |
| | Calculé | 41 | 78,8% |
| | Non calculé | 9 | 17,3% |
| RANKIN | Décès patient | 2 | 3,8% |
| | 0 - 2 | 17 | 32,7% |
| | 3 - 5 | 30 | 57,7% |
| | Non calculé | 5 | 9,6% |

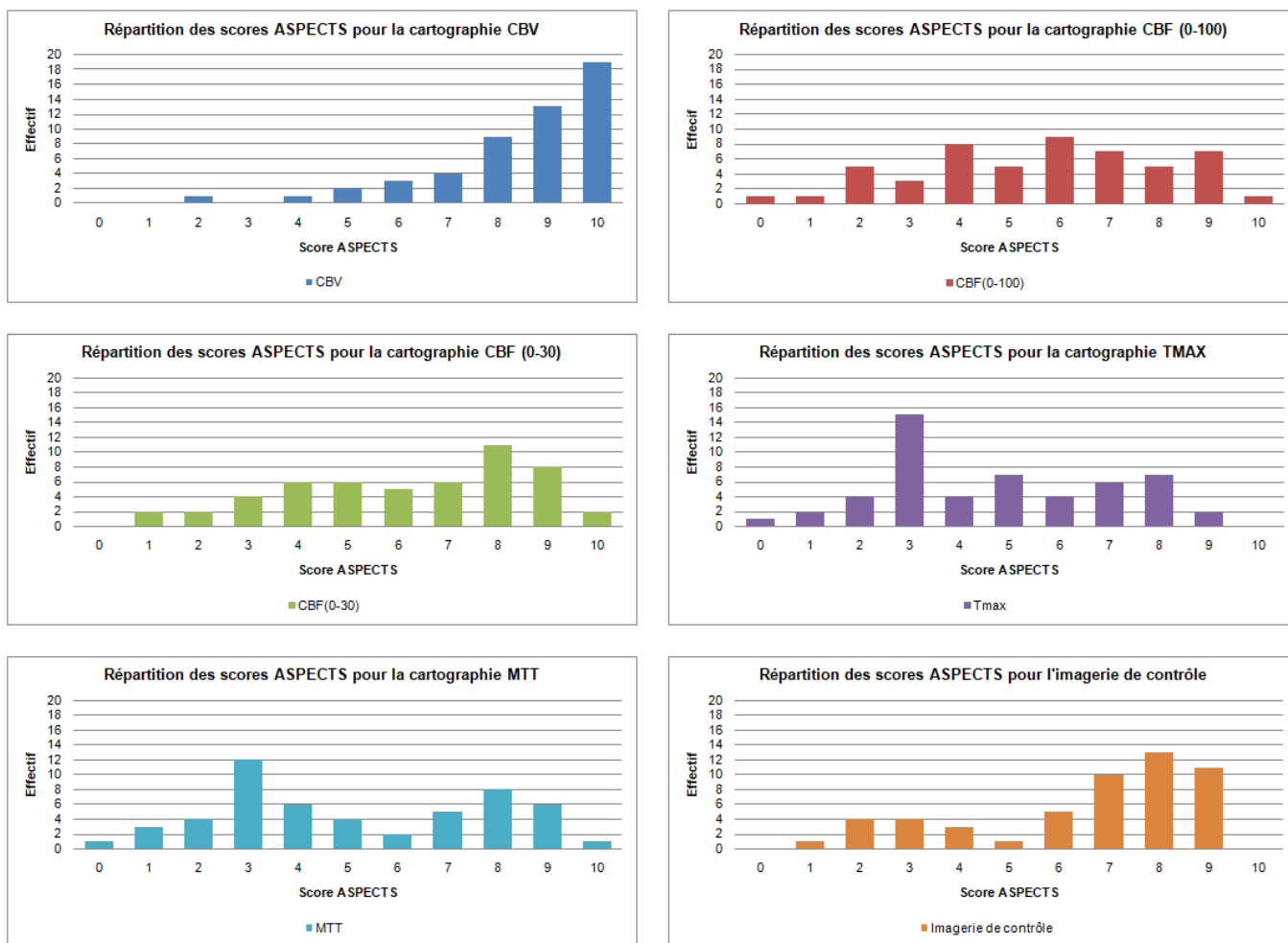


Figure 11 Répartition des scores ASPECTS pour les cartographies de perfusion et l'imagerie de contrôle

3.2 Différence entre le score ASPECTS sur les cartographies de perfusion et l'imagerie de contrôle

Il n'y avait pas de différence significative entre le score CBF30 (CBF fenêtré entre 0 et 30) et le score de référence ($p = 0.45$). En revanche, pour les 4 autres cartographies de perfusion, une différence significative était observée (**Table 3**).

Table 3 : Différences entre scores de perfusion et score de l'imagerie de contrôle (*les valeurs en gras indiquent la significativité statistique*)

| | Score CBV | Score CBF100 | Score CBF30 | Score Tmax | Score MTT |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|
| Différence scores Perfusion vs Réf. (p) | Oui (<10-3) | Oui (0,039) | Non (0.45) | Oui (<10-3) | Oui (2.10-3) |

3.3 Corrélation entre le score ASPECTS sur les cartographies de perfusion et l'imagerie de contrôle

Sur l'ensemble de la population, il existe une corrélation positive statistiquement significative entre le score ASPECTS appliqué au CBV ($\rho = 0,46$; $p < 10^{-3}$) et l'imagerie de contrôle. Il existe également une corrélation positive statistiquement significative pour les scores TMAX ($\rho = 0,28$), CBF100 ($\rho = 0,32$) et CBF30 ($\rho = 0,35$). Aucune corrélation n'était par contre observée pour le score MTT.

Pour le sous-groupe des sujets traités, aucune corrélation n'était observée pour les 5 scores de perfusion par rapport au score contrôle. En revanche, dans le groupe des sujets non-traités, la corrélation restait statistiquement significative pour les scores CBV, CBF30 et CBF100 avec un coefficient de Spearman augmenté. Le coefficient rho du score CBV étant nettement plus important (0,61) que celui des autres scores de perfusion. La corrélation n'est plus statistiquement significative pour le score Tmax (0,30; $p = 0,08$) dans ce sous-groupe (**Table 4**).

Table 4 : Corrélations entre scores de perfusion et score de l'imagerie de contrôle (*les valeurs en gras indiquent la significativité statistique*)

| Coefficient corrélation rho (p) | Score CBV | Score CBF100 | Score CBF30 | Score Tmax | Score MTT |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Tous les sujets | 0,46 ($<10^{-3}$) | 0,32 (0,02) | 0,35 (0,01) | 0,29 (0,038) | 0,23 (0,1) |
| Sujets traités (n= 17) | 0,25 (0,33) | 0,18 (0,49) | 0,32 (0,21) | 0,26 (0,31) | 0,16 (0,35) |
| Sujets non traités (n= 38) | 0,61 ($<10^{-3}$) | 0,38 (0,026) | 0,40 (0,018) | 0,30 (0,08) | 0,37 (0,15) |

3.4 Corrélation entre le score ASPECTS sur les cartographies de perfusion et le score de Rankin de sortie

Il existe une corrélation significative entre le score ASPECTS appliqué au CBV ($\rho = -0,33$; $p < 0,05$) et le score de Rankin de sortie. Pour les 4 autres scores de perfusion aucune corrélation statistiquement significative n'était observée. A titre comparatif, nous observons une corrélation négative statistiquement significative entre l'imagerie de contrôle ($\rho = -0,65$; $p < 0,05$) et le score de Rankin de sortie (**Table5**).

Table 5 : Corrélations entre scores de perfusion et score de Rankin de sortie (*les valeurs en gras indiquent la significativité statistique*)

| | <i>Score CT contrôle</i> | <i>Score CBV</i> | <i>Score CBF100</i> | <i>Score CBF30</i> | <i>Score Tmax</i> | <i>Score MTT</i> |
|--|------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------|
| Coefficient correlation rho (p) | -0,65 (<10-3) | -0,33 (0,02) | -0,20 (0,18) | -0,28 (0,053) | -0,20 (0,17) | -0,12 (0,40) |

3.5 Mismatch score

Deux 'scores Mismatch' ont été calculés pour tenter d'appréhender le Mismatch. Le premier par différence (score CBV - score Tmax) et le second par division (score CBV/ score Tmax).

L'analyse par courbe ROC montre que la valeur prédictive de ces scores était très médiocre: aire sous la courbe AUC = 0,57 pour le score de différence et 0,45 pour le score de ratio.

Si l'on remplace le score CBV par les scores CBF, les résultats ne sont guère plus probants ($0,4 < AUC < 0,5$).

4. Discussion

4.1 Principaux résultats et études antérieures

L'objectif principal de cette étude était de déterminer s'il existe une corrélation entre les modifications des cartographies de perfusion cérébrale estimées via le score ASPECTS et le territoire réellement nécrosé sur l'imagerie de contrôle. L'utilisation du score ASPECTS est une méthode fiable, rapide et simple à mettre en place en pratique courante pour l'estimation du volume nécrosé sur l'imagerie de contrôle.

Notre étude a mis en évidence une corrélation positive statistiquement significative entre le score ASPECTS appliqué au CBV et l'imagerie de contrôle, et une corrélation négative statistiquement significative entre le score ASPECTS appliqué à l'imagerie de contrôle et le score de Rankin de sortie. Parmi les scores de perfusion, seul le score CBV était également statistiquement corrélé à ce score de Rankin. Nous avons également mis en évidence une corrélation significative entre le score de référence et, par ordre de coefficient rho croissant, les scores CBV, CBF (30&100) et TMAX. Le CBV semble donc être la cartographie la plus fiable pour quantifier le volume nécrosé lors d'un AVC.

L'extension de ce score pour quantifier le mismatch pourrait permettre de s'affranchir de l'évaluation volumétrique chronophage pour l'opérateur et soumise à des variations en fonction de l'expérience du radiologue(14), du logiciel et du constructeur.(15) Dans notre étude, ces variations apparaissent par exemple pour le fenêtrage utilisé sur les cartographies du CBF, où il existe une différence significative pour un fenêtrage allant de 0 à 30 alors que ce n'est pas le cas pour un fenêtrage compris entre 0 et 100 (**Figure 9**). Il est également intéressant de souligner que sur les graphiques présentés en **Figure 11**, le CBF30 présente la distribution des scores la plus proche de celle de l'imagerie de contrôle (statistiquement confirmé). Le score CBV, qui est le score le plus corrélé au score de référence, présente des scores surestimés par rapport à celui-ci: 19 patients présentent un score de 10 sur la cartographie du CBV alors que l'imagerie de contrôle n'en comportait aucun (**Figure 11 et Annexe 1**). De plus, le coefficient de corrélation du score CBV est meilleur pour les patients non traités que pour les patients traités.

D'autres études ont également montré qu'il existe une variation importante des mesures de volume sur les cartographies de perfusion par rapport à la diffusion : l'oligémie présentant des limites plus hétérogènes, le score aspect permettrait de la définir de manière plus nette.(14)

Actuellement les outils de mesure volumétriques pour quantifier le mismatch et le volume nécrosé restent la référence, mais ils ne sont pas disponibles partout et ne sont pas nécessairement

bien connus de l'ensemble de la population médicale. Ils sont souvent remplacés par une évaluation qualitative potentiellement sujette à l'erreur. (16)

Il est important d'avoir une estimation précise du volume de l'AVC et de connaître quelle est la meilleure carte à utiliser pour sélectionner les patients afin de ne pas exclure à tort un patient éligible à une thrombectomie. Certaines études ont montré que le volume de l'infarctus était considérablement plus faible lorsqu'on se basait sur le CBV plutôt que sur le CBF. (9) L'utilisation d'un seuil inférieur à 30% pour définir le territoire ischémié entraînerait donc une surestimation du volume nécrosé et il serait a priori préférable d'utiliser un seuil plus faible. De plus, les variations du CBF seraient accentuées en cas de pathologie sous-jacente. (17–19). Le CBF est basé sur une hypothèse absolue en supposant un flux normal du côté contro-latéral et non une calibration avec un étalonnage. (17) Son application en pratique clinique doit donc plutôt se contenter d'une analyse qualitative que quantitative. D'autre part, la précision du CBF dépend aussi de la proximité du lieu d'injection, de la régularité du flux, de la distribution du traceur dans le compartiment vasculaire, l'absence de diffusion en extra-vasculaire et de la qualité du bolus injecté(3). Cette qualité de bolus sur la fonction d'entrée artérielle peut se quantifier par la mesure de la largeur de bande à mi-hauteur basée sur un repérage précis du pic d'intensité. Cette mesure peut être discutable eut égard à la résolution temporelle des acquisitions qui explique en premier lieu la forte variabilité de ce paramètre dans notre étude. Ceci exclut la possibilité de créer des sous-groupes fiables, en terme qualité de bolus, qui permettraient de s'affranchir de la composante purement mathématique de la création des cartographies de perfusion.

4.2 Limites et perspectives

Notre étude présente également plusieurs limites. Il s'agit tout d'abord d'une étude rétrospective, avec certaines données manquantes. Treize patients ont été exclus pour cause d'absence d'imagerie de contrôle ou de scanner de perfusion ininterprétables. De plus il existait une variation, importante de la largeur à mi-hauteur montrant une inhomogénéité de l'injection. Par ailleurs, cette étude a été réalisée sur un échantillon de petite taille, notamment parce qu'une partie des patients inclus ont bénéficié d'un scanner de perfusion cérébrale avant la sortie des études DAWN et DEFUSE 3 (6,7). Ces études ont permis l'extension de la fenêtre thérapeutique d'accès à la thrombectomie et ont entraîné une augmentation des indications d'imagerie. Il existe également une inhomogénéité de la population concernant le délai de réalisation de l'imagerie de contrôle, celui-ci allant de 1 à 450 jours. Cela pourrait potentiellement expliquer certains résultats non significatifs.

Enfin, les relectures ont été réalisées par un seul lecteur, avec une étude séquentielle non aléatoire. De plus, le score ASPECTS est un score fiable mais demande un temps d'apprentissage. (14,20) Il serait également intéressant d'étendre cette étude à plusieurs relecteurs, et de s'intéresser à leur expérience (neuroradiologues ou non), l'imagerie de l'AVC étant souvent réalisée dans un contexte d'urgence, où il n'y a pas forcément de neuroradiologues dédiés à cette activité. Les sessions de relectures pourraient être réalisées en aveugle et en incluant des cas normaux.

5. Conclusion

L'utilisation du score ASPECTS appliqué au CBV et au CBF, en cas d'AVC ischémique, est une méthode rapide et simple à mettre en place en pratique courante qui pourrait être une piste intéressante pour l'estimation du volume ischémié. La cartographie du CBV semblerait être la plus fiable et la plus robuste pour approcher le volume nécrosé. D'autres études plus approfondies seraient nécessaire pour renforcer nos résultats ainsi que pour quantifier les modifications des cartographies liées au traitement et estimer le mismatch radiologique.

Références bibliographiques

1. Desal HA, Auffray-Calvier E, Guillon B, Toulgoat F, Madoz A, De Kersaint-Gilly A, et al. Imagerie des accidents vasculaires cérébraux en urgence. *J Neuroradiol.* sept 2004;31(4):327-33.
2. Donahue J, Wintermark M. Perfusion CT and acute stroke imaging: Foundations, applications, and literature review. *J Neuroradiol.* févr 2015;42(1):21-9.
3. Cosnard G, Duprez T, Grandin C, Dechambre S. IMAGERIES DE DIFFUSION ET DE PERFUSION EN IRM À LA PHASE HYPERAIGUË D'UN ACCIDENT VASCULAIRE CÉRÉBRAL ISCHÉMIQUE. *J Radiol.* :11.
4. Shen J, Li X, Li Y, Wu B. Comparative accuracy of CT perfusion in diagnosing acute ischemic stroke: A systematic review of 27 trials. Baron J-C, éditeur. *PLOS ONE.* 17 mai 2017;12(5):e0176622.
5. Collard M, Duprez T, Jamali S. DWI-FLAIR Mismatch at MRI Versus Infarct-Penumbra Mismatch on CT Perfusion. *J Belg Soc Radiol.* 31 oct 2019;103(1):61.
6. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, Bonafe A, Budzik RF, Bhuva P, et al. Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct. *N Engl J Med.* 4 janv 2018;378(1):11-21.
7. Albers GW, Marks MP, Kemp S, Christensen S, Tsai JP, Ortega-Gutierrez S, et al. Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging. *N Engl J Med.* 22 févr 2018;378(8):708-18.
8. Evans MRB, White P, Cowley P, Werring DJ. Revolution in acute ischaemic stroke care: a practical guide to mechanical thrombectomy. *Pract Neurol.* août 2017;17(4):252-65.
9. Sakai Y, Delman BN, Fifi JT, Tuhim S, Wheelwright D, Doshi AH, et al. Estimation of Ischemic Core Volume Using Computed Tomographic Perfusion: Bayesian Versus Singular Value Deconvolution Postprocessing. *Stroke.* oct 2018;49(10):2345-52.
10. Barber PA, Demchuk AM, Zhang J, Buchan AM. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy. *The Lancet.* mai 2000;355(9216):1670-4.
11. Puetz V, Sylaja PN, Coutts SB, Hill MD, Dzialowski I, Mueller P, et al. Extent of Hypoattenuation on CT Angiography Source Images Predicts Functional Outcome in Patients With Basilar Artery Occlusion. *Stroke.* sept 2008;39(9):2485-90.
12. Grand S, Lefournier V, Krainik A, Bessou P, Tropres I, Chabardes S, et al. Imagerie de perfusion : principes et applications cliniques. *J Radiol.* mars 2007;88(3):444-71.
13. Sundaram VK, Goldstein J, Wheelwright D, Aggarwal A, Pawha PS, Doshi A, et al. Automated ASPECTS in Acute Ischemic Stroke: A Comparative Analysis with CT Perfusion. *Am J Neuroradiol.* 14 nov 2019;ajnr;ajnr.A6303v1.
14. Butcher K, Parsons M, Allport L, Lee SB, Barber PA, Tress B, et al. Rapid Assessment of Perfusion–Diffusion Mismatch. *Stroke.* janv 2008;39(1):75-81.

15. Nael K, Tadayon E, Wheelwright D, Metry A, Fifi JT, Tuhim S, et al. Defining Ischemic Core in Acute Ischemic Stroke Using CT Perfusion: A Multiparametric Bayesian-Based Model. *Am J Neuroradiol*. 14 août 2019;ajnr;ajnr.A6170v1.
16. Coutts SB, Simon JE, Tomanek AI, Barber PA, Chan J, Hudon ME, et al. Reliability of Assessing Percentage of Diffusion-Perfusion Mismatch. *Stroke*. juill 2003;34(7):1681-3.
17. Sorensen AG. What is the meaning of quantitative CBF? *AJNR Am J Neuroradiol*. févr 2001;22(2):235-6.
18. Weisskoff RM, Chesler D, Boxerman JL, Rosen BR. Pitfalls in MR measurement of tissue blood flow with intravascular tracers: Which mean transit time? *Magn Reson Med*. avr 1993;29(4):553-8.
19. Furlan M, Marchal G, Derlon J-M, Baron J-C, Viader F. Spontaneous neurological recovery after stroke and the fate of the ischemic penumbra. *Ann Neurol*. août 1996;40(2):216-26.
20. Coutts SB, Hill MD, Demchuk AM, Barber PA, Pexman JHW, Buchan AM. ASPECTS Reading Requires Training and Experience. *Stroke* [Internet]. oct 2003 [cité 29 nov 2020];34(10).

Annexes

Annexe 1 Tableau de contingence entre les scores ASPECTS de perfusion et le score de référence (en bleu)

| Scores | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| CBF30 | ref | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| | 7 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 |
| | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Scores | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| CBV | ref | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 1 | 3 |
| | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 7 |
| | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Scores | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Tmax | ref | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | 7 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 8 | 1 | 1 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| | 9 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 0 |
| | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Scores | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| CBF100 | ref | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 7 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| | 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 |
| | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

| Scores | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| MTT | ref | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | 7 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| | 8 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| | 9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 | 2 | 0 |
| | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

ÉVALUATION DU SCORE ASPECTS APPLIQUÉ AU SCANNER DE PERFUSION CÉRÉBRALE CHEZ LES PATIENTS PRÉSENTANT UN AVC ISCHÉMIQUE : CORRÉLATION AVEC LE TERRITOIRE ISCHÉMIÉ

Objectif : Déterminer s'il existe une corrélation entre les modifications des cartographies de perfusion cérébrales estimées via le score ASPECTS, et le territoire réellement ischémié réévalué également via le score ASPECTS sur l'imagerie de contrôle, chez des patients présentant un AVC ischémié pour lesquels un scanner de perfusion a été réalisé en première intention.

Matériel et méthodes : Cette étude rétrospective a été approuvée par notre comité d'éthique local. 52 patients ont été inclus entre Aout 2016 et Janvier 2019. Les images des scanners de perfusion ont été lues par une interne en radiologie ayant fait trois stages de neuroradiologie et un stage en neuroradiologie interventionnelle. Le score ASPECTS a été utilisé en cas d'AVC sylvien et le score PC-ASPECTS en cas d'AVC de la fosse postérieure. Les coefficients de corrélation entre le score appliqué aux cartographies de perfusion cérébrale et l'imagerie de contrôle ou le score de Rankin ont été obtenus grâce au rang de Spearman, et au test des rangs signés de Wilcoxon.

Résultats : Il n'y avait pas de différence significative entre le score CBF30 (CBF fenêtré entre 0 et 30) et le score de référence ($p = 0.45$). En revanche, pour les 4 autres cartographies de perfusion, une différence significative était observée. Sur l'ensemble de la population, il existe une corrélation positive statistiquement significative pour les scores ASPECTS appliqué au CBV ($\rho = 0.46$; $p < 10^{-3}$) ainsi que pour le TMAX ($\rho = 0.28$), le CBF100 ($\rho = 0.32$) et le CBF30 ($\rho = 0.35$) avec l'imagerie de contrôle. Aucune corrélation n'était par contre observée pour le score MTT. Pour le sous-groupe des sujets traités, aucune corrélation n'était observée pour les 5 scores de perfusion par rapport au score contrôle, alors que pour le groupe des sujets non-traités, la corrélation restait statistiquement significative pour les scores CBV, CBF30 et CBF100. Il existe une corrélation significative entre le score ASPECTS appliqué au CBV ($\rho = -0.33$; $p < 0.05$) et le score de Rankin de sortie alors qu'aucune corrélation statistiquement significative n'était observée pour les 4 autres scores de perfusion.

Conclusion : L'utilisation du score ASPECTS appliqué au CBV, en cas d'AVC ischémié, est une méthode rapide et simple à mettre en place en pratique courante qui semble être la plus fiable et la plus robuste pour l'estimation du volume ischémié et offre des perspectives intéressantes pour l'estimation du mismatch radiologique.

Mots-clés : accident vasculaire cérébral, thrombolyse, thrombectomie, volume sanguin cérébral, scanner, circulation cérébro-vasculaire, sélection

ASPECT SCORE EVALUATION APPLIED TO CEREBRAL PERFUSION CT-SCAN FOR PATIENTS WITH ISCHEMIC STROKE: CORRELATION WITH ISCHEMIC TERRITORY

Objective: Determine if a correlation exists between cerebral perfusion maps modifications, estimated with ASPECT Score, and real ischemic lesions, evaluated with ASPECT Score on control imaging, for patients showing ischemic stroke who received a perfusion CT-Scan.

Material and methods: This retrospective study was approved by our local ethic committee. 52 patients were included between August 2016 and January 2019. Perfusion CT-Scan images were read by an intern in radiology who already spent 18 month in neuro-radiology and 6 months in interventional radiology. ASPECT Score was used for Middle Cerebral Artery Strokes and PC-ASPECTS for Posterior Circulation Stroke. Correlation coefficients between cerebral perfusion maps score and both control imaging and RANKIN score were calculated using Spearman's rank correlation coefficient and Wilcoxon signed-rank test.

Results: There was no significant difference between CBF30 score (window width from 0 to 30) and reference score ($p=0.45$). On the other hand, for the 4 other perfusion maps, a significant difference was observed. For the whole population, there is a significant positive statistical correlation between ASPECT Score applied to CBV ($\rho = 0.46$; $p < 10^{-3}$), TMAX ($\rho = 0.28$), CBF100 ($\rho = 0.32$), CBF30 ($\rho = 0.35$) and control imaging. No correlation was observed for MTT. For treated patients group, no correlation was observed for the 5 perfusion maps scores, whereas correlation was statistically significant for CBV, CBF30 and CBF100 for non-treated patients group. There is a significant correlation between ASPECT Score applied to CBV ($\rho = -0.33$; $p < 0.05$) and Rankin score before patient discharge, while there is no significant statistical correlation for the 4 other perfusion maps.

Conclusion: The use of ASPECT Score applied to CBV, in case of ischemic stroke, is a quick and convenient method to set up for everyday practice. It could be an opportunity to estimate lesion volume and gives interesting perspectives to estimate mismatch.

Keywords: stroke, thrombolysis, thrombectomy, cerebral blood volum, CT scan, cerebro-vascular circulation, selection