

IRM ou CT?

Imagerie des accidents vasculaires cérébraux (ischémiques)

Suite aux développements dans le diagnostic et le traitement dans le domaine des accidents vasculaires cérébraux, la place de l'imagerie dans le diagnostic, le traitement et le suivi des AVC est devenue centrale. Les AVC étant une pathologie fréquente chez la personne âgée et une source de morbidité considérable, il est important de bien choisir la modalité radiologique pour la question donnée. Effectivement, après l'examen clinique, il est nécessaire d'effectuer au plus vite une exclusion d'hémorragie par imagerie (fig. 1). L'examen de choix est actuellement le scanner car celui-ci est actuellement plus rapide, plus disponible et la détection des hémorragies reste plus facile. Par contre, en théorie l'IRM est une technique plus puissante mais semble réservée actuellement à des situations où le temps joue moins de rôle, comme des accidents ischémiques transitoires (AIT). Peu importe la technique choisie, celle-ci doit exclure une hémorragie, démontrer une ischémie, montrer l'endroit de l'occlusion et faire la preuve d'une hypoperfusion.

L'accident vasculaire cérébral ischémique est une des principales causes de morbidité et de mortalité dans les pays industrialisés. Traditionnellement, les AVC étaient associés à un pronostic vital et fonctionnel mauvais avec peu d'espoir à part une longue réhabilitation. L'imagerie dans ce contexte ne servait qu'à constater un dommage ou à exclure une pathologie plus grave souvent chirurgicalement traitable, comme éventuellement une hémorragie cérébrale. Dans les années 1990 sont parues les premières études sur l'efficacité du traitement des accidents vasculaires cérébraux par thrombolyse intraveineuse (1,2). Dès lors, il a été nécessaire de développer des techniques d'imagerie qui permettent de détecter plus précisément ce qui se passe dans le cerveau de ces patients (3-5). Toutefois le traitement était associé à une très brève « fenêtre thérapeutique » (période pendant laquelle on peut administrer le médicament en sécurité, celui-ci faisant plus tard saigner le cerveau ischémique), il faut une technique d'imagerie rapide à effectuer et facile à interpréter.



Fig. 1: Patient retrouvé avec un hémisyndrome faciobrachial gauche et une hémignégligence gauche (heure de début inconnue). Sur le CT natif, présence d'une dédifférenciation entre le cortex et la substance blanche au niveau temporal et occipital droit (entre les deux flèches), en rapport avec une lésion ischémique, avec quelques hyperdensités en son sein (étoile), correspondant à des zones de transformation hémorragique.



Pr Karl-Olof Lövblad
Genève



Dr Isabelle Barnaure
Genève



Dr José Boto
Genève

Ceci a poussé à un développement simultané à partir de ce moment des techniques d'imagerie cérébrales capables de détecter un AVC de manière très précoce. Effectivement les techniques de diffusion par IRM ou les techniques de perfusion par IRM et scanner ont à ce moment-là rapidement évolué, surtout dus au développement des techniques d'imagerie rapides. Plus récemment il a pu être constaté que l'utilisation de techniques endovasculaires angiographiques permettaient de traiter avec un plus grand succès les AVC avec moins de complications hémorragiques dues au traitement pharmacologique (6-10). Dans le concept actuel nous avons donc deux cibles: le vaisseau qu'il faut ouvrir et le tissu cérébral qu'il faut reperfuser. Effectivement, mis à part une lésion initiale probablement définitive, on accepte qu'il existe un territoire cérébral non infarci mais à risque de le devenir si rien n'est fait et qu'on appelle traditionnellement pénombre. Cette pénombre peut être détectée soit par scanner de perfusion ou par l'utilisation simultanée des techniques d'IRM et de scanner. La prise en charge radiologique se fait généralement par une imagerie cérébrale planaire de type scanner à rayons X ou imagerie par résonance magnétique, suivie d'une angiographie cérébrale pour faire la thrombolyse ou l'extraction du caillot. Le suivi se fera généralement par une imagerie à 24 heures de type scanner ou mieux IRM pour détecter une éventuelle complication mais surtout pour juger de l'étendue de l'accident vasculaire.

L'imagerie

Le premier but de l'examen clinique et radiologique est d'exclure une autre cause de déficit neurologique, principalement une hémorragie comme le traitement pour l'AVC a longtemps été la thrombolyse avec le rTPA (11). Actuellement les protocoles d'imagerie sont du type one-stop shopping, c'est-à-dire qu'en une ses-

sion d'imagerie on va étudier plusieurs aspects de l'organe étudié: on va regarder la présence ou l'absence d'un dommage tissulaire (sur les images standards) on va également regarder la présence ou l'absence d'une occlusion vasculaire par les séries d'images de type angiographiques puis on va étudier l'hémodynamique vasculaire avec les séquences de type perfusion. Avec la perfusion il est possible d'obtenir des cartographies du flux sanguin et du volume sanguin cérébral; dans l'ischémie, il y a une chute initiale du débit sanguin cérébral suite à l'occlusion qui sera suivie initialement d'une compensation par le volume sanguin qui peut être maintenu voire légèrement augmenté en périphérie; dans la lésion centrale initiale on a souvent une chute du débit et du volume signifiant une nécrose (le cœur de la lésion) qui aura tendance à s'étendre en périphérie si rien n'est fait pour rétablir la perfusion. Au scanner tout comme en IRM, l'étude des paramètres de perfusion permettent de mettre en évidence ou non la présence d'un tissu hypoperfusé mais non définitivement nécrosé appelé pénombre. Ces données sont connues grâce aux études faites précédemment avec les techniques comme le PETR ou le SPECT cérébral, qui, malgré une validation comme standard sont difficiles à utiliser dans l'urgence et ont été presque totalement remplacés par les techniques de CT et d'IRM. Chez la personne âgée il est aussi important de travailler avec le type d'imagerie le plus rapide pour des questions de confort. Le scanner et l'IRM ont beaucoup gagné en rapidité avec le développement des techniques rapides de type écho-planaire pour l'IRM et de type spirale pour le scanner. La discussion actuelle se centre sur le choix entre l'IRM et le CT pour l'imagerie des accidents vasculaires cérébraux (12).

Le scanner à rayons X

Le scanner à rayons X (appelé auparavant tomodensitométrie), qui existe depuis les années 70, permet de mettre en évidence la différence d'absorption des rayons X par les tissus. Il en résulte des images qui sont très sensibles à la présence du sang qui sera blanc (hyperdense). Sur les images de scanner non injecté, il est possible

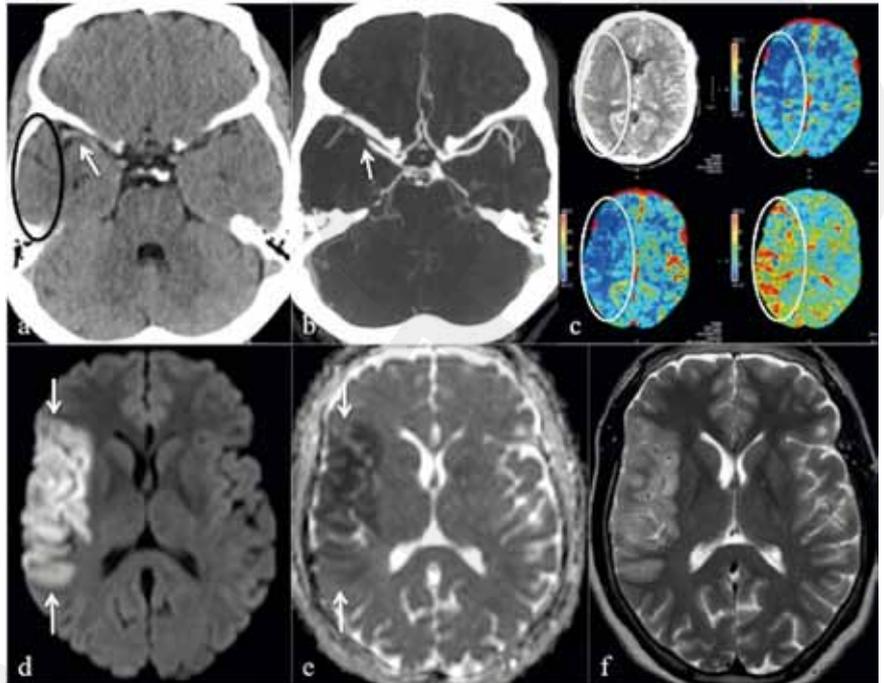
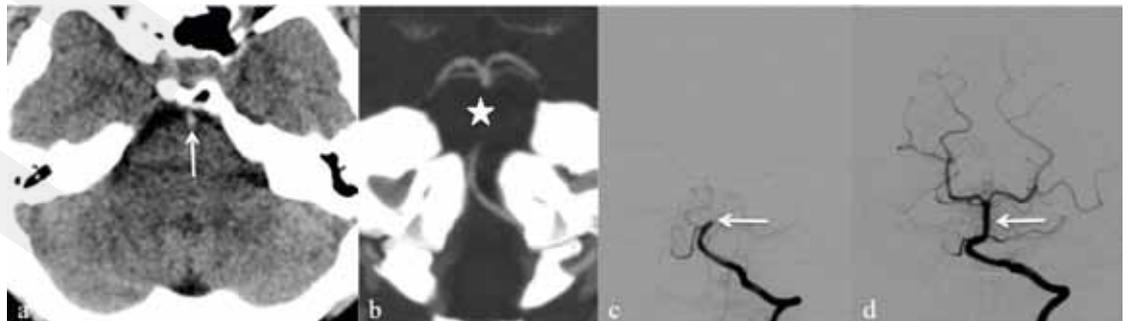


Fig. 2: Artère hyperdense. Patient avec un hémisyndrome sensitivomoteur gauche d'installation brutale. **a)** Sur le CT natif, présence d'une perte de la différenciation corticomédullaire au niveau temporal droit (zone entourée) et d'une hyperdensité dans la vallée sylvienne, avec **b)** sur l'angioCT un arrêt brutal de l'opacification de l'artère cérébrale moyenne droite, en rapport avec un thrombus artériel. Sur les cartographies de perfusion **c)**, asymétrie de la perfusion du territoire sylvien avec altération à droite (zone entourée). Sur l'IRM réalisée par la suite, **d)** hypersignal de diffusion (entre les flèches) avec **e)** diminution de l'ADC (entre les flèches) et **f)** hypersignal T2 correspondant, en rapport avec une lésion ischémique du territoire sylvien superficiel à droite.

de voir, même dans la fenêtre thérapeutique, des signes d'AVC aigus tels que le signe de l'artère hyperdense, la perte de sillons ou encore la perte de la différenciation entre la matière blanche et la matière grise. Un scanner fait actuellement avec toutes les phases angiographiques et de perfusion dure approximativement 10 minutes. Le scanner présente l'avantage d'un accès facile pour le patient, ne nécessitant pas beaucoup de précautions comme en IRM, et il permet également une surveillance meilleure du patient. Le premier but de l'examen est toujours l'exclusion d'une autre pathologie source de déficit neurologique aigu, la première cause étant évidemment l'hémorragie. Le scanner est nettement supérieur pour la détection de l'hémorragie aiguë, surtout dans une situation d'urgence et pour des médecins de garde parfois peu expérimentés (13). Ensuite, il y a une série de signes aigus d'AVC

Fig. 3: Thrombus basilaire.

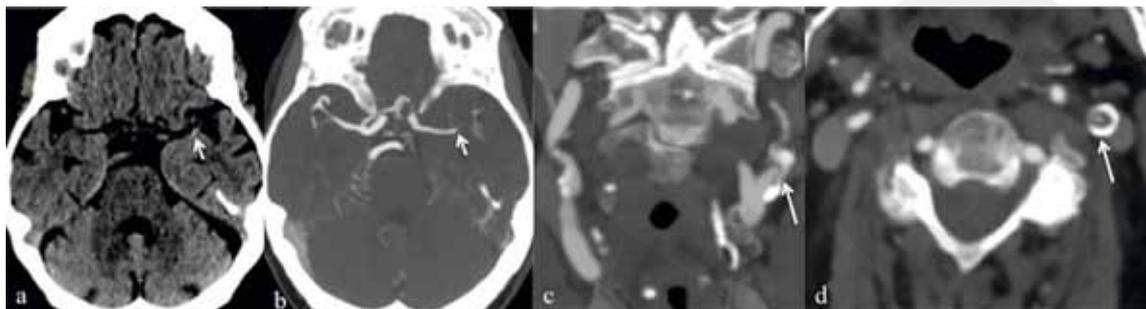
Patient avec un début brutal de céphalées, nausées et vomissements associés à des vertiges rapidement suivis par un état de « locked in ».



a) Sur le CT natif, hyperdensité prépontique (flèche) avec **b)** sur l'angioCT (reconstruction coronale) une absence d'opacification de la partie moyenne du tronc basilaire (étoile). Images artériographiques avant **c)** et après **d)** thromboaspiration, avec arrêt de l'opacification du tronc basilaire après son tiers proximal avant l'intervention et rétablissement de sa perméabilité par la suite.

Fig. 4: AVC d'origine artériotérielle.

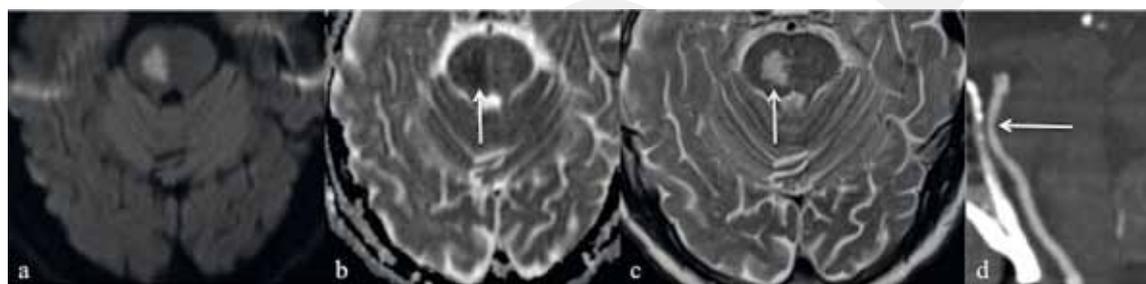
Patient ayant présenté un hémisyndrome faciobrachio-cural droit et une aphasie d'installation brutale



a) Sur le CT natif, petite hyperdensité (flèche) dans la vallée sylvienne gauche, avec sur b) l'angioCT un arrêt brutal de l'opacification de l'artère cérébrale moyenne gauche (flèche), en rapport avec un thrombus. Sur les reconstructions c) coronale et d) axiale de l'angioCT au niveau cervical on trouve une plaque hétérogène (flèche) du bulbe carotidien gauche avec composantes calcifiées et sténose de la lumière.

Fig. 5: AVC lacunaire.

Patient ayant présenté un hémisyndrome moteur faciobrachio-cural gauche et une dysarthrie de début brutal



a) Séquence de diffusion montrant un hypersignal pontique paramédian droit, avec b) une diminution de l'ADC (flèche) sur la cartographie ADC et c) un hypersignal en T2 (flèche), en rapport avec une lésion ischémique récente. Le tronc basilaire est perméable comme montré sur d) une reconstruction sagittale de l'angioCT (flèche).

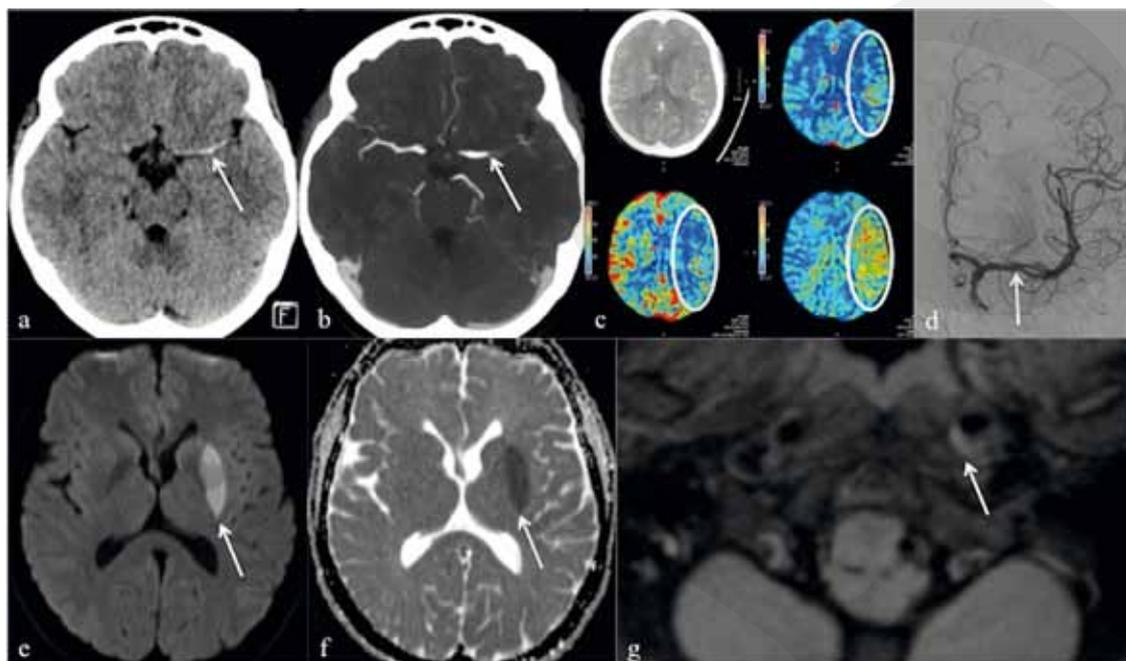
au scanner présents dans la phase de la fenêtre thérapeutique et qui permettent d'aider à poser le diagnostic (14). Tout d'abord le signe de l'artère hyperdense est présent dans une grande majorité des cas et correspond au thrombus directement visible sur les images sans contraste (15) (fig.2). Ces signes d'artère hyperdense peuvent être présents au niveau de tout vaisseau intracrânien (fig.3). Ensuite viennent les signes dus à l'augmentation de l'eau dans le tissu due à l'ischémie : initialement on note une disparition des sillons dans le territoire vasculaire cérébral touché ainsi qu'une perte de la différenciation entre la matière blanche et grise, signe d'un œdème local. On notera la non visualisation des ganglions de la base. Ensuite vient plus tardivement l'hypodensité, signifiant la nécrose du territoire; si cette hypodensité touche plus de 30 % du territoire vasculaire en question, ceci représente une contre-indication à l'utilisation du rTPA, car le rTPA dans cette situation va entraîner une augmentation nette des hémorragies fatales. Ensuite les techniques de perfusion permettent de démontrer la présence ou non d'une hypoperfusion ainsi que d'exclure des « stroke mimicks » (16); une ischémie initiale aura un core central avec une chute des valeurs du débit et du volume sanguins cérébraux, entouré d'une zone avec une baisse du débit seul qui sera la pénombre opérationnelle. C'est la présence de cette pénombre qui va motiver une prise en charge thérapeutique avec généralement une intervention pour ouvrir le vaisseau occlus. L'angiographie par CT va ensuite permettre de localiser le thrombus plus exactement que simplement la visualisation d'un caillot avec le signe de l'artère hyperdense et permet d'explorer les vaisseaux depuis l'arc aortique, permettant d'étudier la bifurcation carotidienne et de caractériser la plaque si celle-ci est présente au niveau de la bifurcation (17) (fig. 4). L'avantage étant qu'il est également possible de démontrer une dissection si elle est présente comme cause de l'ischémie.

La résonance magnétique

L'imagerie par résonance magnétique permet d'obtenir des séries d'images plus complexes appelées séquences et qui renseignent sur les propriétés magnétiques du tissu examiné (18). A la différence du scanner, l'IRM emploie des champs magnétiques et ne présente donc pas de risques induits par le rayonnement et peut être répété plus souvent. Toutefois la durée des examens est sensiblement plus longue et nécessite une plus grande coopération des patients, ce qui peut être difficile avec l'âge progressif. L'imagerie de diffusion est beaucoup plus sensible que le scanner car elle permet de détecter la survenue d'une lésion ischémique dans les minutes qui suivent un accident vasculaire cérébral (19) (fig.5 et 6). Ensuite des séquences telles que les séquences gradient echo T2* ou SWI permettent de détecter avec une très grande sensibilité des microhémorragies (20). L'angio-IRM de type temps de vol (time of flight) permet de mettre en évidence une occlusion d'un vaisseau cérébral (21) et l'angio-IRM injectée des vaisseaux du cou permet de couvrir tout l'axe vasculaire depuis l'arc aortique jusqu'au cercle de Willis (22). L'utilisation des séquences de perfusion permet d'étudier l'hémodynamique cérébrale et tout particulièrement d'obtenir des cartographies du flux sanguin cérébral et du volume sanguin cérébral pour montrer l'hypoperfusion (23), la pénombre et le tissu non récupérable. C'est en utilisant les techniques combinées de diffusion et de perfusion que le modèle du mismatch entre la diffusion et la perfusion ont été mis au point: au centre il y a la lésion visible en diffusion qui est définitive avec autour une zone hypoperfusée qui pourrait être traitée et qui est la pénombre (24). L'imagerie par résonance magnétique nécessite aussi des précautions particulières en raison de la présence d'un champ magnétique très élevé : celui de 1.5 T étant 15 000 fois plus fort que le champ magnétique terrestre.

Fig. 6 : Artère hyperdense et dissection.

Patient avec une sensation brutale de malaise, un hémisyndrome sensitivomoteur droit et une aphasie.



a) Sur le CT natif, hyperdensité (flèche) dans la vallée sylvienne gauche, avec **b)** sur l'angioCT un arrêt brutal de l'opacification de l'artère cérébrale moyenne gauche (flèche) et **c)** sur les cartographies de la série de perfusion, des altérations dans le territoire sylvien gauche (zone entourée). **d)** L'image artériographique après thrombectomie démontre une perméabilité de l'artère cérébrale moyenne gauche (flèche). Sur l'IRM réalisée par la suite, **e)** présence d'un hypersignal de diffusion lenticulaire gauche (flèche) avec **f)** diminution de l'ADC, en rapport avec une lésion ischémique aiguë dans le territoire sylvien profond, mais épargnant le reste du territoire sylvien. **g)** Une séquence T1 avec saturation de graisse démontre un hypersignal pariétal en croissant (flèche) de l'artère carotide interne gauche sous-pétreuse, correspondant à un hématome pariétal en rapport avec une dissection.

Egalement certains implants métalliques nécessitent des précautions et les patients porteurs d'un pace-maker ne sont examinables que dans des conditions très spéciales avec des générations actuelles de boîtiers de pace-maker. Devant la situation d'urgence et l'impossibilité parfois d'avoir une anamnèse suffisante quant à la présence de ce type de corps étrangers, on préfère ne pas faire l'IRM. L'IRM a par contre une place de choix dans le suivi des AVC puisqu'il permet de mieux visualiser la lésion définitive et de soumettre moins le patient à des rayonnements ionisants. L'AIT, pendant lequel un déficit neurologique ne persiste que quelques heures, est devenu une indication de plus en plus reconnue pour l'IRM; effectivement, un AIT est souvent pré-annonciateur de la survenue d'un AVC majeur ultérieur. Il est donc recommandé de faire une IRM dans les 24 à 48 heures pour mettre en évidence une lésion cérébrale de type ischémique (25).

L'angiographie cérébrale

L'angiographie cérébrale avait longtemps été la méthode de choix pour explorer le système nerveux central et particulièrement le cerveau avant le développement du scanner et de l'IRM. Considérée comme le « gold standard » pour l'exploration des vaisseaux, la méthode n'a jamais vraiment disparu, mais a retrouvé une actualité avec le développement des techniques de traitement minimalement invasives principalement pour les maladies vasculaires cérébrales. Comme en cardiologie, il y a toujours eu un intérêt pour la revascularisation des vaisseaux à destination cérébrale. Avec la mise au point de la thrombolyse, certains ont estimé qu'il fallait la faire non de manière systémique mais in situ. Par la suite des techniques purement mécaniques comme la thrombectomie avec les stentrieviers ou l'aspiration des thrombus se sont développés et se sont avérés avoir moins de complications hémorragiques que la

thrombolyse. Il y a aussi eu une extension de la fenêtre thérapeutique au-delà de 4.5 h.

Pr Karl-Olof Lövblad

Dr Isabelle Barnaure

Dr José Boto

Dr Roman Sztajzel

Dr Aikaterini Fitsiori

Pr Maria Isabel Vargas

Hôpitaux Universitaires de Genève

Service de Neuroradiologie diagnostique et interventionnelle

Gabrielle Perret Gentil 4, 1205 Genève

karl-olof.lovblad@hcuge.ch

+ **Conflit d'intérêts:** Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

Messages à retenir

- ◆ L'accident vasculaire cérébral est devenu une urgence traitable
- ◆ Les techniques d'imagerie permettent de mettre en évidence l'occlusion vasculaire et la lésion ischémique
- ◆ Le scanner est la méthode la plus rapide et la plus sensible à l'hémorragie
- ◆ L'IRM reste plus sensible pour l'ischémie avec les images de diffusion
- ◆ Le traitement actuel consiste en une thrombectomie endovasculaire

Références :

1. The NINDS rt-PA stroke study group. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. *N Engl J Med* 1995;333:1581-7
2. Hacke W et al. Intravenous thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator for acute hemispheric stroke. The European Cooperative Acute Stroke Study (ECASS). *JAMA* 1995;274(13):1017-25
3. Lövblad KO, Baird AE. Computed tomography in acute ischemic stroke. *Neuroradiol* 2010;52(3):175-87
4. Lövblad KO, Baird AE. Actual diagnostic approach to the acute stroke patient. *Eur Radiol* 2006;16(6):1253-69
5. Lövblad KO, Pierot L. Neuroradiology of acute stroke, where are we today? *J Neuroradiol* 2015;42(1):1-2
6. Zeumer H. Vascular recanalizing techniques in interventional neuroradiology *J Neurol* 1985;231(6):287-94
7. Jovin TG et al. Thrombectomy within 8 hours after symptom onset in ischemic stroke. *N Engl J Med* 2015;372(24):2296-306
8. Saver JL et al. Stent-retriever thrombectomy after intravenous t-PA vs. t-PA alone in stroke. *N Engl J Med* 2015;372(24):2285-95
9. Campbell BC et al. Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection. *N Engl J Med* 2015;372(11):1009-18
10. Goyal M et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. *N Engl J Med* 2015;372(11):1019-30
11. Adams HP Jr et al. The American Academy of Neurology affirms the value of this guideline as an educational tool for neurologists. *Stroke* 38(5):1655-711
12. Lövblad KO et al. Imaging of acute stroke: CT and/or MRI. *J Neuroradiol* 2015;42(1):55-64
13. Kidwell CS et al. Comparison of MRI and CT for detection of acute intracerebral hemorrhage. *JAMA* 2004;292(15):1823-30
14. von Kummer R et al. Interobserver agreement in assessing early CT signs of middle cerebral artery infarction. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996;17(9):1743-8
15. Mair G et al. Sensitivity and specificity of the hyperdense artery sign for arterial obstruction in acute ischemic stroke. *Stroke* 2015;46(1):102-7
16. Donahue J, Wintermark M. Perfusion CT and acute stroke imaging: foundations, applications, and literature review. *J Neuroradiol* 2015;42(1):21-9
17. Menon BK et al. Multiphase CT Angiography: A New Tool for the Imaging Triage of Patients with Acute Ischemic Stroke. *Radiol* 2015;275(2):510-20
18. Edelman RR, Warach S. Magnetic resonance imaging (1). *N Engl J Med* 1993;328(10):708-16
19. Lövblad KO et al. Clinical experience with diffusion-weighted MR in patients with acute stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998;19(6):1061-6
20. Patel MR et al. Detection of hyperacute primary intraparenchymal hemorrhage by magnetic resonance imaging. *Stroke* 1996;27(12):2321-4
21. Wedeen VJ et al. Projective imaging of pulsatile flow with magnetic resonance. *Science* 1985;230(4728):946-8
22. Remonda L et al. Carotid artery stenosis, occlusion, and pseudo-occlusion: first-pass, gadolinium-enhanced, three-dimensional MR angiography—preliminary study. *Radiol* 1998;209(1):95-102
23. Siewert B et al. Comparison of EPSTAR and T2*-weighted gadolinium-enhanced perfusion imaging in patients with acute cerebral ischemia. *Neurol* 1997;48(3):673-9
24. Schlaug G et al. The ischemic penumbra: operationally defined by diffusion and perfusion MRI. *Neurol* 1999;53(7):1528-37
25. Souillard-Scemama R et al. An update on brain imaging in transient ischemic attack. *Neuroradiol* 2015;42(1):3-11