

I

Imagerie
dans les pathologies
du système nerveux central
et du rachis

Experts

G. COSNARD, Radiologue, Hôpital d'instruction des armées - Val-de-Grâce - Paris - président du groupe

A BONAFÉ, Radiologue, Hôpital Purpan – Toulouse

M. BRAUN, Radiologue, Hôpital Saint-Julien – Nancy

H. DERAMOND, Radiologue, Centre hospitalier Pellegrin Tripode – Bordeaux

J-L. DIETEMANN, Radiologue, Hôpitaux universitaires de Strasbourg

L. DI GIAMBERARDINO (INSERM U.334) - Service Hospitalier Frédéric-Joliot - Orsay

A DORMONT, Radiologue, Hôpital de la Pitié-Salpêtrière – Paris

P. HALIMI, Radiologue, Hôpital Laënnec- Paris

J-P LAISSY, Radiologue, Hôpital Bichat- Paris

M. LAVAL-JEANTET, Radiologue, Hôpital Saint-Louis – Paris

J-F. LE BAS, Radiologue, Centre hospitalo-universitaire – Grenoble

J. PHILIPPON, Neuro-chirurgien, Hôpital Pitié-Salpêtrière – Paris

J-P. PRUVO, Radiologue, Centre hospitalier - Hôpital B – Lille

C. RAYBAUD, Radiologue, Hôpital Nord- Marseille

I Imagerie dans les pathologies du système nerveux central et du rachis

Sommaire

Synthèse	55
Analyse	57
1. Imagerie, stratégie diagnostique et pathologie dégénérative du rachis	57
2. Stratégie diagnostique et pathologie tumorale et inflammatoire du rachis	65
3. Traumatismes de la moelle et du rachis	73
4. Stratégie diagnostique en imagerie des lésions encéphaliques (en dehors de la pathologie vasculaire et traumatique)	79
5. Pathologies cérébro-vasculaires. Stratégies diagnostiques et thérapeutiques	90
6. Traumatismes crâniens	95
7. Stratégies diagnostiques en imagerie ORL	100
8. Stratégies diagnostiques en neuroradiologie pédiatrique	108
9. Imagerie et stratégie diagnostique de l'ostéoporose vertébrale	117
Annexe: Stratégie documentaire	124

Synthèse

- Les techniques nouvelles, sans effet délétère, plus confortables pour les patients et séméiologiquement plus riches, ont été le plus souvent adoptées sans le support d'études scientifiques. Dès lors, ce rapport traduit une réflexion fondée plus sur l'état de la pratique d'équipes hospitalo-universitaires de services d'imagerie (ou au moins sur l'idéal d'une pratique) que sur l'analyse d'une étude de la littérature qui semble, en tout état de cause, pauvre ou discutable.
- Dans le cadre des investigations de la tête, du cou et du rachis, la place de l'imagerie par résonance magnétique apparaît à l'évidence prédominante dans toutes les indications neuroradiologiques. En première intention, cette technique peut le plus souvent se substituer aux autres techniques et, en particulier, aux clichés standards et au scanner, à l'exception des situations d'urgence.
- La pratique systématique des clichés standards en première intention devrait être remise en cause. Elle est inutile en ce qui concerne l'examen de la tête. Elle est souvent abusive en ce qui concerne le rachis pour lequel elle ne devrait être le plus souvent réservée qu'à l'étude des traumatismes, qu'au bilan initial et évolutif des pathologies rhumatismales, qu'à l'étude des troubles statiques ainsi qu'au suivi postopératoire des affections nécessitant un geste chirurgical. Par contre, en pathologie ORL, le panoramique dentaire conserve toutes ses indications.
- La scintigraphie osseuse reste l'examen primordial en pathologie rachidienne pour rechercher des métastases.
- L'imagerie par résonance magnétique (IRM) devrait se substituer pour une très large part au scanner. La substitution devrait être totale en pathologie encéphalique tumorale, dégénérative, inflammatoire... Le scanner reste cependant indispensable, parfois en complément de l'examen IRM, mais surtout en situation d'urgence et en particulier chez les polytraumatisés. Le scanner est encore indiqué dans certaines pathologies de la sphère ORL sinus, rocher...
- L'imagerie par résonance magnétique et le scanner sont donc encore indissociables et devraient être implantés sur un même site d'imagerie disposant de toutes les technologies (conventionnel, tables polyvalentes permettant l'angiographie, échographie, écho-Doppler...).
- En neuroradiologie vasculaire, l'angiographie par résonance magnétique s'impose progressivement et les indications de l'angiographie diagnostique en technique conventionnelle sont aujourd'hui limitées. Cette technique sera surtout

utilisée dans un but thérapeutique qui nécessitera des appareillages de haute technologie, réservés à long terme à un nombre restreint de centres interventionnels.

- En conclusion, la technologie de base d'une unité de neuroradiologie devrait être aujourd'hui l'imagerie par résonance magnétique. Si le nombre de scanners apparaît satisfaisant en France, ce n'est pas le cas du nombre des appareils IRM dont certains sont par ailleurs obsolètes. L'institution d'un contrôle de qualité de ces équipements apparaît en outre nécessaire.

- La technologie IRM est encore très évolutive. Tout achat de matériel devrait impliquer la prévision d'une enveloppe budgétaire annuelle réservée à son développement (environ 10 % du coût de l'imageur).

1

Imagerie, stratégie diagnostique et pathologie dégénérative du rachis

État actuel de la prescription

La dégénérescence rachidienne est d'une extrême fréquence, à l'origine d'une importante demande de soins et d'imagerie. Elle comprend la pathologie arthrosique souvent sténosante, la dégénérescence discale et ligamentaire et les hernies discales en particulier. Elle est responsable de nombreuses rachialgies, de fréquentes radiculalgies et de rares myélopathies cervicarthrosiques.

Dans les hôpitaux publics, la radiologie standard du rachis représenterait une activité de 2,3 millions d'examen, dont la plus large part revient à la pathologie dégénérative, pour un coût estimé à 900 ME. Dans les hôpitaux publics, 86 % des scanners et 54 % des IRM (imagerie par résonance magnétique) du rachis seraient indiqués pour des bilans de radiculalgie cervicale ou lombaire. Scanners et IRM du rachis représenteraient alors respectivement 218 000 et 63 000 examens pour un coût, en l'état actuel de la nomenclature, d'environ 150 et 170 ME [1].

Malgré l'absence de statistiques, l'expérience montre que les indications des 3 types d'examen sont de type cumulatif.

Les clichés standard, sont quasiment toujours réalisés en première intention. Cette attitude est confortée par les recommandations actuelles et notamment par les conclusions de la conférence de consensus de l'AP-HP (Assistance publique - Hôpitaux de Paris) et de la SFR (Société française de radiologie) de 1990, même si cet examen n'est pas recommandé dans les deux premières semaines qui suivent l'apparition d'une sciatique [2]. Les clichés standards sont également exclus en 1995 du domaine des références médicales opposables en cas de sciatique.

Le scanner est indiqué en seconde intention, probablement en raison du plus grand nombre d'appareillages disponibles.

L'indication d'un examen IRM n'est en général posée qu'en dernière intention en raison des insuffisances diagnostiques du scanner.

Il n'est pas prouvé que ces attitudes, bien que généralement admises, soient scientifiquement ou économiquement fondées. Elles sont basées, en l'absence de données épidémiologiques et de recommandations, sur l'habitude, sur des

notions discutables d'économie de santé qui voudraient que l'on indique toujours en première intention l'examen le moins cher et elles sont favorisées par la pénurie d'équipements lourds. Les études comparant la sensibilité et la spécificité des différents examens sont rares dans la littérature. Il est d'ailleurs à craindre que ces études à matériel identique et même compétence de lecteur ne puissent plus se faire. Il est difficile d'imaginer aujourd'hui une étude recommandant la comparaison d'une myélographie (irradiation, injection de produit intrathécal...), d'un scanner (irradiation et étude segmentaire) et d'une IRM, a priori sans effet délétère, et apparaissant "à l'évidence", plus efficace.

Indications de l'imagerie

En pathologie dégénérative, les grandes indications de l'imagerie concernent les rachialgies et les radiculalgies. L'imagerie est indiquée

En diagnostic différentiel, pour éliminer une autre pathologie que dégénérative et éliminer avant tout le diagnostic de lésion tumorale osseuse, rarement primitive, surtout secondaire chez l'adulte, d'une rare tumeur nerveuse souvent suspectée cliniquement et exceptionnellement une lésion infectieuse.

En diagnostic positif, pour confirmer le diagnostic de hernie discale, sachant que ni le pronostic, ni les indications thérapeutiques ne dépendent de l'aspect et du type de la hernie [3]. Sachant également que le nombre d'anomalies discales, bombements discaux intracanaux ou hernies discales, chez les patients Symptomatiques est très important, évalué en rachis cervical ou lombaire de 30 à 50 %. Les hernies exclues n'étant dépistées que dans 1 % des cas [4,5].

En bilan pré-thérapeutique, avant un geste invasif nucléotomie, chimionucléolyse, discectomie chirurgicale... Le principal renseignement recherché étant de définir le niveau lésé et d'apprécier le degré de cohérence radio-clinique avant intervention. Le second renseignement utile est de prédire le caractère exclu ou non de la hernie. Les autres renseignements attendus de l'imagerie consistent à définir les lésions associées, à apprécier les diamètres canaux, à prédire l'état des disques sus et sous-jacents avant une éventuelle arthrolyse...

Mais il faut encore souligner que plus de 90 % des radiculalgies se résolvent spontanément à l'issue d'un traitement conservateur, indépendamment de toute donnée d'imagerie. Ni le pronostic, ni la décision d'un geste thérapeutique ne dépendent de l'aspect ou du type de la hernie discale visualisée en imagerie [6,7].

Avantages et inconvénients des trois techniques d'imagerie

CLICHÉS STANDARDS

Ils ont été largement prescrits à une époque où ils étaient la seule méthode d'investigation paraclinique. Ils sont encore prescrits car leur réalisation est facile et les moyens techniques largement disponibles, parce que la lecture des clichés est

enseignée à l'université et que tout médecin pense connaître leur séméiologie, parce que leur pratique est encouragée et parce que cet examen est de moindre coût apparent.

Les clichés standards ne montrent pourtant que les anomalies morphologiques constitutionnelles osseuses, les signes osseux de la dégénérescence rachidienne, les signes évolués des tumeurs osseuses secondaires, les signes indirects de lésions infectieuses. Ils ne montrent d'autre anomalie discale que les signes du pincement intervertébral. Concernant le diagnostic positif de hernie discale, leur valeur diagnostique est nulle.

Leur coût est élevé: déplacement du patient, accueil-secrétariat, immobilisation des salles et du personnel radiologique, temps d'interprétation. Leur efficacité est très limitée en pathologie dégénérative puisque ne mettant pas en évidence le conflit disco-radiculaire. Ses performances en diagnostic différentiel sont très inférieures à celles de la scintigraphie osseuse ou de l'IRM pour rechercher des localisations secondaires. L'irradiation bien que faible n'est pas négligeable à l'échelle des populations. Le coût annuel de ces examens standards, estimé à 900 MF dans les hôpitaux publics, est exorbitant rapporté à leurs performances.

SCANOGRAPHIE OU SCANNER

C'est une technique qui s'est très vite imposée en pathologie rachidienne et dont les performances et le caractère non invasif ont contribué à la multiplication des explorations jusqu'alors réservées aux seules indications préopératoires, telle la myélographie. En effet, là où dans un centre hospitalier étaient réalisées 200 sac-coradiculographies annuelles en 1982, plus de 800 scanners lombaires étaient effectués en 1987 [8]. En 1993, les scanners du rachis lombaire représentaient 30 % de l'activité totale quotidienne [9].

La substitution n'a pas été immédiate et complète, en raison du nombre longtemps limité des scanners en France et des pesanteurs sociales mais également parce que le scanner ne permettait qu'une étude segmentaire et limitée du rachis dans un plan horizontal. Aujourd'hui encore, nombreux sont les chirurgiens de CHU qui souhaitent encore la réalisation systématique d'une myélographie avant une cure de hernie discale lombaire.

Les progrès technologiques actuels concernant la rapidité d'acquisition des images et de leur traitement, les possibilités de reconstruction multiplanaires en temps quasi réel repoussent les limites du scanner, ceci cependant au prix d'une irradiation individuelle relativement importante.

Les performances du scanner en pathologie dégénérative sont excellentes. Le scanner permet de mettre en évidence les hernies discales et les éventuels conflits disco-radiculaires, d'étudier la pathologie des articulaires postérieures et les lyses isthmiques, de montrer toutes les lésions osseuses sténosantes. Les études les plus récentes confirment la supériorité diagnostique du scanner relativement à la myélographie et même à l'IRM [10]. Chez le sujet jeune en particulier, le scanner suffit cependant dans la quasi-totalité des cas à réaliser un bilan suffisant de hernie discale avant un geste chirurgical.

Les performances du scanner sont cependant plus limitées en pathologie nerveuse, notamment intradurale. Le scanner ne permet pas le plus souvent le diagnostic de tumeur intradurale (neurinome, métastases méningées ..). Elles sont très inférieures à celles de l'IRM en pathologie infectieuse osseuse, discale, épidurale ou intradurale. Elles sont également très limitées pour le diagnostic de métastases osseuses à moins que n'existent des signes de lyse corticale ou d'importantes destructions trabéculaires spongieuses vertébrales.

IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE

Malgré la jeunesse de cette technique, elle s'impose vite comme l'une des plus performantes. Dès 1988, alors que ses performances sont encore très limitées en ce qui concerne les qualités de ses images et le temps de leur acquisition, elles apparaissent égales ou supérieures (notamment la sensibilité) à celles de la myélographie ou du scanner [1]. Depuis, la technique a notablement évolué. Les temps d'acquisition ont considérablement diminué. La qualité des antennes réceptrices s'est améliorée. La mise au point des antennes en réseau phasé permet des études de grands champs et de petites zones d'intérêt..

C'est une technique non irradiante. Ses performances en résolution spatiale sont proches de celles du scanner, celles de résolution en contraste sont très supérieures. Elle permet l'étude anatomique de l'ensemble des structures: osseuses, discales, ligamentaires, musculaires et surtout nerveuses dans tous les plans de l'espace. Elle permet de répondre à l'ensemble des questions posées pour le diagnostic positif et différentiel d'une radiculalgie. On peut lire dès 1989: " Plus grand confort du patient, étendue de l'exploration du rachis et de son contenu dans plusieurs plans, innocuité se conjuguent pour offrir au clinicien et au radiologue une meilleure approche de la séméiologie de cette région " [12]. C'est la technique qui permettra probablement de mieux comprendre la physiopathologie de la dégénérescence discale et de la radiculalgie. L'excellente résolution en contraste permet déjà de montrer des signes de souffrance radiculaire jusqu'alors jamais mis en évidence [13,14,15]. Elle permet également d'étudier les lésions inflammatoires péri-discales et donc peut être de prévoir quelles seront les hernies spontanément régressives [16]. L'un de ses inconvénients est de ne pas différencier les structures corticales ou ossifiées ou calcifiées des structures fibreuses sclérosées. Il est nécessaire dans ce cas de recourir au scanner en seconde intention si nécessaire, surtout en pathologie cervicale.

Mais l'inconvénient majeur est le petit nombre de machines disponibles en France et l'obsolescence d'un grand nombre d'entre elles. Les contraintes financières, l'état actuel de la nomenclature et les contraintes administratives ont figé la plupart des machines IRM en leur état de livraison et ce pour la durée de leur amortissement. La pauvreté du parc en matériel IRM et l'obsolescence de nombreux appareils expliquent le faible recours à cette technique et la réalisation plus facile d'exams scanners. Cela explique la bonne connaissance séméiologique de la pathologie discale en scanner des radiologues, d'une part, et de leurs correspondants, d'autre part, et donc une large prescription de scanners rachidiens. Cette attitude est confortée d'autant que les images fournies par de nombreuses

machines IRM actuelles sont de qualité médiocre Pour ces raisons, il n'y a pas actuellement en France de consensus quant à la supériorité de l'IRM en pathologie rachidienne dégénérative à l'inverse de l'ensemble des pays développés.

La pénurie actuelle favorise le cumul des indications. Un scanner est souvent prescrit avant la réalisation de l'IRM indiquée en dernier recours.

MYÉLOGRAPHIE

Les examens myélographiques sont aujourd'hui des examens de seconde intention, réservés aux contre-indications ou insuffisances du scanner ou de l'IRM Ils sont indiqués dans quelques cas de grandes scolioses, chez certains patients claustrophobes et surtout chez les patients qui requièrent un examen dynamique avec clichés en orthostatisme pour apprécier la sténose canalaire en charge ou mettre en évidence une hernie discale inapparente en décubitus.

Stratégie diagnostique

Il est difficile de définir des critères généraux contre-indiquant le recours à l'imagerie hors d'un contexte clinique et biologique. On peut cependant retenir les trois critères généraux suivants qui devraient d'ailleurs avoir valeur générale

- les examens d'imagerie ne sont indiqués que s'ils sont susceptibles de modifier une conduite thérapeutique;
- les clichés standards du rachis ne devraient plus être considérés comme un préalable obligatoire à un examen scanner et surtout à un examen IRM; leur prescription ne devrait pas être systématique;
- l'examen prescrit et ce seul examen devrait en général suffire à établir un diagnostic.

Il est plus facile de définir des critères qui doivent conduire rapidement à des investigations d'imagerie en définissant la meilleure prescription.

SYNDROME DE LA QUEUE DE CHEVAL

- suspicion diagnostique de lésion compressive intracanaulaire ou tumorale intradurale;
- technique idéale IRM. Un scanner ne doit pas être prescrit.

RADICULALGIE AVEC DÉFICIT NEUROLOGIQUE, SCIATIQUE PARALYSANTE VRAIE, RADICULALGIE S'AGGRAVANT SOUS TRAITEMENT, RADICULALGIE HYPERALGIQUE NE CÉDANT PAS AUX ANTALGIQUES MAJEURS

- suspicion diagnostique de lésion compressive intracanaulaire ou tumorale intradurale localisée à un espace intervertébral ou à une racine;
- technique probablement suffisante scanner,
- technique idéale IRM.

RADICULALGIES BILATÉRALES ET SURTOUT PLURIRADICULAIRES

- suspicion diagnostique de lésion compressive intracanaulaire ou tumorale intradurale;
- IRM.

RACHIALGIE À PRÉDOMINANCE NOCTURNE

- suspicion de tumeur maligne secondaire chez le sujet âgé;
- scintigraphie en première intention.

RADICULALGIE SANS RACHIALGIE ET SANS FACTEUR DÉCLENCHANT, SURTOUT SI L'INSTALLATION EST PROGRESSIVE ET INSIDIEUSE

- suspicion de lésion extravertébrale;
- examen général et pelvien, échographie pelvienne;
- indication secondaire IRM ou scanner.

RACHIALGIE OU RADICULALGIES DANS UN CONTEXTE D'ALTÉRATION DE L'ÉTAT GÉNÉRAL OU D'ANTÉCÉDENTS CANCÉREUX

- suspicion de tumeur maligne secondaire du sujet âgé;
- scintigraphie en première intention, avant un éventuel examen IRM, ou en seconde intention après bilan biologique en vue d'éliminer le diagnostic de myélome

La recherche de localisations secondaires osseuses ne devrait d'ailleurs pas être systématique dans le bilan des cancers mais toujours liée à une éventuelle modification thérapeutique.

APPARITION RÉCENTE ET RAPIDE D'UN TROUBLE STATIQUE, RAIDEUR INTENSE ET ÉTENDUE DU RACHIS OU RACHIALGIE FÉBRILE

- suspicion de lésion infectieuse chez l'adulte;
- scintigraphie en première intention puis IRM.

APPARITION RÉCENTE ET RAPIDE D'UN TROUBLE STATIQUE CHEZ L'ENFANT

- suspicion de tumeur médullaire;
- IRM.

Dans presque tous ces cas, le recours à l'IRM ou au scanner sera indispensable et l'IRM permettra l'étude la plus exhaustive du contenant et du contenu rachidien. Dans aucun des cas, la réalisation de clichés standards ne s'avère indispensable.

Conclusion

Les habitudes, l'inertie, les pesanteurs sociales, l'état actuel du parc d'imagerie et la nomenclature favorisent les indications de techniques inappropriées dont le coût global apparaît exorbitant. La recherche d'une pathologie secondaire

devrait conduire à la réalisation d'une scintigraphie osseuse en première intention plutôt qu'à celle des clichés standards. En cas de rachialgies et de radiculalgies, la prescription quasi systématique des clichés standards et leur indication en première intention devraient être remises en cause.

Le scanner est utilisé abusivement en pathologie dégénérative rachidienne. Il est trop souvent prescrit à titre diagnostique et sans conséquence thérapeutique, en particulier chez le sujet âgé. En pathologie discale, le scanner répond le plus souvent aux impératifs diagnostiques et thérapeutiques actuels, d'autant que les radiologues et leurs correspondants dominent bien cette technique, beaucoup mieux que celle de l'IRM réservée encore en France à quelques équipes privilégiées. Il a cependant des insuffisances notables en pathologie tumorale et infectieuse et ces pathologies constituent pourtant des exigences primordiales de diagnostic différentiel. Le scanner ne constitue certainement pas la meilleure technique d'investigation en pathologie rachidienne.

Toute pathologie rachidienne avec déficit neurologique devrait conduire à l'indication d'un examen IRM. En cas de radiculalgie, l'IRM est probablement le meilleur outil diagnostique car elle permet l'étude la plus exhaustive du contenant et du contenu rachidien.

En cas de nécessité à mettre en œuvre une technique d'imagerie, l'IRM doit être indiquée idéalement en première intention. Réalisée d'emblée, elle permettrait une simplification diagnostique et éviterait la multiplication des examens pour une même pathologie. La diffusion de ce matériel devrait être encouragée. Déjà, le transfert d'autorisation d'installation du scanner à l'IRM devrait être systématique lorsque sur un site, le scanner réalise surtout des examens de la tête et du rachis. Par ailleurs, l'absence d'évolution ou de remise à niveau des machines pendant leur durée d'amortissement est un frein important à la substitution des examens scanner par l'IRM. Cette substitution ne peut intervenir qu'au prix d'une très large diffusion de l'IRM.

RÉFÉRENCES

- [1] INSERM-DH, enquête imagerie 1994-95
- [2] CONFÉRENCE DE CONSENSUS. *L'imagerie de la sciatique vertébrale commune non opérée*. Palais des congrès, Paris, 6/7 Novembre 1990. *Feuillets de Radiologie*, 1991, 2: 163-168
- [3] BUSH K. et coll. The natural history of sciatica associated with disc pathology. *Spine* 1992, 17 : 1205-12
- [4] BODEN S et coll. Abnormal MR scans of the cervical spine in asymptomatic patients. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg*, 1990, 72: 1178-84
- [5] JENSEN MC. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. *Netv Engl J Med*, 1994, **331**: 69-73
- [6] BUSH K et coll. The natural history of sciatica associated with disc pathology. *Spine* 1992, **17** : 1205-12

- [7] SAAL et coll. Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radiculopathy. An outcome study. *Spine* 1989, **14**: 431-7
- [8] COSNARD G. DIETEMANN JL MANELFE C, DESGEORGES M. Étude personnelle
- [9] SCHERRER A et coll. Scanner lombaire et consensus: que fait on des recommandations ? *Rev Im Med* 1993, **5**: 3943
- [10] ALBECK MJ et coll. *Spine* 1995, **20**: 443-8
- [11] JACKSON et coll. The neuroradiographic diagnosis of herniated nucleus pulposus. A comparison of CT, myelography, CT-myelography and **MRI**. *Spine* 1989, **14**: 1356-67
- [12] MANELFE C. *Rev Im Med* 1989, **1**: 7-19
- [13] CRISI G et coll. Gadolinium-enhanced nerve roots in lumbar disk herniation. *Am J Neuroradiol* 1993, **14**: 1379-92
- [14] JINKINS JR et coll. MR of enhancing nerve root in the unoperated lumbosacral spine. *Am J Neuroradiol* 1993, **14**: 193-202
- [15] TOYONE T et coll. Visualisation of symptomatic nerve roots: prospective study of contrast-enhanced MRI in patients with lumbar disk herniation. *J Bone Joint Surg* 1993, **75**: 529-33
- [16] GALLUCI M et coll. Does postcontrast MR enhancement in lumbar disk herniation have prognostic value? *J Comput Assist Tomo* 1995, **19**: 34-38

Stratégie diagnostique et pathologie tumorale et inflammatoire du rachis

Présentation du problème

La demande d'examens complémentaires radiologiques dans le cadre de la pathologie tumorale et infectieuse rachio-médullaire est effectuée à la suite de trois grandes circonstances cliniques:

- troubles neurologiques: syndrome de compression médullaire et/ou radiculaire; • douleurs rachidiennes;
- recherche systématique de lésions métastatiques osseuses dans le cadre du bilan et de la surveillance de maladies tumorales.

La stratégie diagnostique radiologique est variable en fonction de ces trois grandes circonstances cliniques.

Indication de l'imagerie devant un tableau clinique de syndrome de compression médullaire et/ou radiculaire

Les étiologies en sont très variées dans le cadre de la pathologie tumorale et inflammatoire: tumeurs rachidiennes primitives, bénignes, malignes; secondaires malignes; spondylodiscite; infiltration épidurale tumorale ou infectieuse; lésions inflammatoires médullaires; tumeurs médullaires, tumeurs extra-médullaires intracanaux (métastatiques ou primitives (neurinome, méningiome)). On pourrait y ajouter toutes les lésions pseudo-tumorales intra-canaux rachidiennes non dégénératives en particulier d'origine vasculaire (malformations artério-veineuses, ischémie médullaire, hématome épidual...) [1-6].

Le but des explorations radiologiques sera “ en urgence ”

- de confirmer le diagnostic de compression médullaire et/ou radiculaire;
- d'en situer le niveau exact et l'extension;
- de donner un diagnostic étiologique;
- de permettre une stratégie thérapeutique.

INCONVÉNIENTS ET AVANTAGES DES TECHNIQUES D'IMAGERIE [4-9]

Radiographie standard

- Inconvénients • Elle explore de façon indirecte, donc très mal, le contenu du canal radiculaire ou du canal rachidien.
- Elle ne donne des signes directs, dans les lésions osseuses et discales, que de façon retardée par rapport aux autres explorations (scintigraphie, scéno-graphie, IRM).
- Avantages • Rapide de mise en œuvre.
- Excellente dispersion du matériel radiographique
 - Analyse “ globale ” des différents segments rachidiens.
- Place actuelle • Encore très demandée en pratique quotidienne, la radiographie
- Perspective standard ne fait que retarder le diagnostic et ne présente aucun intérêt diagnostique par rapport à l'IRM, sinon de deuxième intention dans un but de repérage avant intervention chirurgicale.

Scanographie

- Inconvénients • Il s'agit d'une méthode d'imagerie axiale qui ne peut que fournir une exploration limitée d'un segment vertébral après avoir été orientée par l'examen clinique qui ne donne pas toujours une localisation précise du niveau lésionnel ou par un examen radiologique autre.
- Elle est tout à fait insuffisante dans l'étude de la pathologie intra-canalair rachidienne.
- Avantage • Bonne étude des lésions disco-vertébrales et des parties molles péri-vertébrales.
- Bonne dispersion du matériel actuel.
- Place actuelle • Encore très demandée en pratique actuelle en complément de
- perspective la radiographie standard, ses indications sont moindres que celles de l'IRM, mais elle peut être intéressante dans un cadre pré-thérapeutique dans le but de mieux montrer le cadre osseux vertébral.

Imagerie par résonance magnétique (IRM)

- Inconvénients • Elle présente quelques contre-indications absolues à l'accès du patient (Pacemaker...).
- Elle est très sensible aux artefacts dus à la mobilité du patient.
 - Lecture parfois difficile de l'architecture osseuse et des structures vasculaires anormales péri-médullaires.
- Avantages • Elle permet l'exploration de l'ensemble de l'axe rachi-médullaire.
- Elle permet la visualisation de l'ensemble des structures rachidiennes, intra-canales et péri-rachidiennes.
- Place actuelle • L'IRM représente déjà l'exploration radiologique diagnostique de choix dans ce syndrome clinique.
- Elle devrait être le premier et le plus souvent le seul examen diagnostique radiologique.

Scintigraphie

- Inconvénients • Elle est difficile à mettre en œuvre dans un cadre d'urgence.
- Elle n'a d'intérêt que devant une pathologie rachidienne ou discale.
 - Elle n'a qu'une spécificité médiocre.
 - Elle ne montre pas le conflit médullaire et/ou radiculaire.
- Avantages • Étude de l'ensemble du squelette osseux
- Place actuelle • La scintigraphie n'a aucune place dans le diagnostic d'un synperspective drame de compression médullaire et / ou radiculaire.
- Par contre, après traitement du syndrome, c'est un examen essentiel dans le bilan d'extension des hémopathies malignes et des métastases rachidiennes à la recherche d'une localisation squelettique autre.

Myélographie

- Inconvénients. • C'est une méthode invasive.
- Elle donne peu d'informations sur les lésions vertébro-discales et péri-rachidiennes.
 - Elle ne se conçoit qu'associée à la possibilité de réaliser un examen scanographique: " myelo-scanner ".
- Avantages • Elle permet de bien définir le niveau de la compression médullaire et/ou radiculaire et de bien montrer s'il s'agit d'une compression épidurale, intradurale extra- ou intra-médullaire.
- Place actuelle • Si elle représente encore un examen réalisé dans le cadre du perspective diagnostic radiologique des syndromes de compression médullaire, c'est que l'accès de l'IRM est difficile. Cet examen ne devrait plus être effectué dans cette indication, sauf en cas de contre-indication à l'IRM.

Angiographie médullaire

- Inconvénients • C'est un examen agressif nécessitant un opérateur entraîné.
• Il n'explore que la vascularisation à destinée rachidienne et médullaire.
- Avantages • C'est le seul examen permettant une étude directe de la vascularisation rachidienne et médullaire.
- Place actuelle • Il n'y a aucune indication de cette exploration dans le diagnostic radiologique initial des syndromes de compression médullaire et/ou radiculaire.
• Son seul intérêt est pré-thérapeutique dans la planification d'un geste chirurgical et/ou endovasculaire (embolisation ou repérage de l'axe artériel spinal antérieur) et doit alors être effectuée dans des centres spécialisés.

STRATÉGIE DIAGNOSTIQUE [49]

Devant toute suspicion clinique de compression médullaire et/ou radiculaire non traumatique, l'examen de première intention est l'IRM. Dans certains cas, avant le geste chirurgical, des coupes scanographiques (sans injection) permettront un bilan osseux vertébral précis et des clichés radiographiques standard seront utiles dans un but de repérage et/ou de référence avant suivi per et postopératoire. Exceptionnellement également, la suspicion d'une lésion vasculaire ou d'une tumeur richement vascularisée fera indiquer, avant le geste thérapeutique, une angiographie médullaire. Cette dernière sera également parfois demandée avant le geste chirurgical à fin de repérage des artères systémiques alimentant l'axe spinal antérieur.

Indications de l'imagerie devant une atteinte rachi-médullaire à l'origine de douleurs rachidiennes

Les douleurs rachidiennes d'origine dégénérative sont exclues de ce chapitre.

On ne considère que les rachialgies associées ou non à une radiculalgie et dont les caractères cliniques font suspecter une lésion organique.

Ce cadre des rachialgies non dégénératives est particulièrement complexe et difficile à démembrer. Cependant, on peut dégager une entité clinique représentée par des douleurs focalisées intenses associées à un tableau clinique faisant évoquer une atteinte tumorale ou infectieuse. Dans ce cas, le diagnostic radiologique repose sur le couple scintigraphie-IRM. Les autres tableaux au nombre desquels les syndromes douloureux rachidiens des rhumatismes inflammatoires feront réaliser des examens radiologiques adaptés à chaque situation clinique. A côté de la scintigraphie, l'examen radiographique standard et la scanographie garderont un intérêt certain [10-12].

Nous n'envisagerons donc dans ce chapitre que les rachialgies intenses focalisées en rapport avec une atteinte tumorale ou infectieuse.

INCONVÉNIENTS ET AVANTAGES DES TECHNIQUES D'IMAGERIE [7-8, 13-1 5]

Radiographie standard

Inconvénients e Elle ne donne des signes directs, dans les lésions osseuses et discales, que de façon retardée par rapport aux autres explorations (scintigraphie, scénographie, IRM).

Avantages • Facile de mise en œuvre.
• Excellente répartition du matériel radiographique.

Place actuelle • Encore effectuée de façon presque systématique et souvent perspective répétée dans le temps, cet examen n'a aucun intérêt diagnostique par rapport à l'IRM. Son seul intérêt est de seconde intention dans un but de repérage avant intervention chirurgicale ou un geste de ponction-biopsie, et de référence avant suivi per et post-thérapeutique.

Scintigraphie

Inconvénients • Elle n'a qu'une spécificité médiocre.

Avantages • Elle permet une étude du squelette entier.
• Cette méthode est très sensible.

Place actuelle • Souvent demandée de première intention, cette exploration perspective doit être couplée à l'IRM qui est plus sensible et plus spécifique dans la recherche de lésions vertébro-discales.
• La scintigraphie est fondamentale dans la recherche de lésions métastatiques squelettiques, dans le cadre de rachialgies par lésions tumorales rachidiennes.

Examen scanographique

Inconvénients • Il s'agit d'une méthode d'imagerie axiale qui doit être orientée par un autre examen radiologique.

Avantages • Bonne étude des lésions vertébro-discales et des parties molles péri-vertébrales.
• Bonne répartition du matériel.

Place actuelle • Encore très demandé en pratique actuelle en complément de perspective la radiographie standard et/ou de la scintigraphie, ses indications sont moindres que celles de l'IRM.
• Il peut avoir des indications, dans un cadre pré-thérapeutique dans le but de mieux montrer le cadre osseux vertébral et de précéder un geste de ponction-biopsie.

Imagerie par résonance magnétique

- Inconvénients • Elle présente quelques contre-indications absolues à l'accès du patient (Pacemaker...).
- La lecture de l'architecture osseuse est parfois difficile sur cet examen.
- Avantages • Elle permet la visualisation des structures rachidiennes et discales avec une sensibilité importante dans le diagnostic des lésions discales et de la moelle osseuse.
- Place actuelle • C'est l'exploration radiologique à privilégier et à réaliser de perspective première intention.

STRATÉGIE DIAGNOSTIQUE [7-8, 13-15]

Scintigraphie et IRM représentent à l'heure actuelle les deux examens radiologiques de choix dans ce cadre clinique. Même si la scintigraphie est moins sensible et moins spécifique que l'IRM, elle reste nécessaire dans le bilan des métastases osseuses et peut, dans le cas de certaines tumeurs bénignes (ostéome ostéoïde) et lésions infectieuses, apporter des arguments diagnostiques que ne donnera pas l'IRM

Examen standard et scanographie restent dans quelques cas de deuxième intention pré-thérapeutique dans un but de repérage osseux ou de référence pour le suivi post-thérapeutique.

Indications de l'imagerie dans la recherche d'une atteinte osseuse vertébrale métastatique

Il s'agit d'une circonstance fréquente chez les patients présentant une hémopathie maligne, en particulier un myélome et dans certains cancers ostéophiles. La recherche de lésions osseuses secondaires est alors demandée, même chez des patients sans symptomatologie rachi-médullaire (ce qui représente le cadre de ce chapitre).

Il convient de différencier deux populations de patients:

- ceux présentant une hémopathie maligne et en particulier un myélome;
- ceux présentant un cancer ostéophile.

INDICATION DE L'IMAGERIE RACHIDIENNE DANS LE MYÉLOME [4, 8,16-17]

La scintigraphie est parfois négative dans les lésions osseuses du myélome et ne constitue pas un examen de référence.

C'est l'IRM qui, là encore, représente l'examen diagnostique de choix, au niveau du rachis. Elle doit être demandée de façon systématique dans le bilan d'un myélome.

L'examen radiographique standard reste nécessaire dans le bilan du myélome à la recherche de lésions squelettiques (bassin, membres...) et au niveau du rachis dans un but de repérage osseux et de suivi sous traitement.

L'examen scanographique n'a pas d'indication de première intention. Il ne peut présenter qu'un intérêt complémentaire de l'IRM dans certains cas de difficultés d'interprétation du signal de la moelle osseuse.

En conclusion: examen standard du rachis et IRM représentent le couple radiologique diagnostique dans le bilan radiographique d'un myélome.

INDICATIONS DE L'IMAGERIE RACHIDIENNE DANS LE BILAN DES CANCERS OSTÉOPHILES [4, 7-8, 18]

La scintigraphie, très sensible, mais peu spécifique est un examen indispensable en particulier pour l'étude du squelette périphérique. Il peut être, dans un grand nombre de cas, le seul examen suffisant.

L'IRM rachidienne sera l'examen de choix pour la recherche d'une atteinte rachidienne en complément d'une scintigraphie osseuse rachidienne positive pour confirmer la lésion et rechercher d'autres atteintes vertébrales.

Examen radiologique standard et scéno-graphie du rachis ne présentent aucun intérêt de première intention. Ils seront donc demandés dans un but pré-thérapeutique pour préciser une lésion osseuse (scéno-graphie), assurer un meilleur repérage osseux (standard) et un examen de référence pour le suivi après traitement (standard)

Conclusion

Quelles que soient les circonstances cliniques, l'IRM représente l'examen radiologique de base dans la stratégie diagnostique radiologique en pathologie tumorale et inflammatoire rachi-médullaire. Il supplante presque totalement l'examen scanographique, ce dernier restant parfois indiqué dans le cadre d'un complément radiologique pré-thérapeutique.

REFERENCES

- [1] HUBAULT A. Syndrome de la queue de cheval. *Encycl Med Chir, Paris, Neurologie*, (1) 1975, 17044 F-10
- [2] SALAMA J. REDONDO A, OUAHES O. Compressions médullaires d'origine tumorale. *Encycl Med Chir, Paris, Neurologie*, (12) 1985, 17655 A-10, 14 p.
- [3] YOUNG WB. Clinical diagnosis of myelopathy. *Semin US CT MR* 1994, 15, 250-254
- [4] ROTHMAN, ZOARSKI GH, AKHTAR N. Extradural causes of myelopathy. *Semin US CT MR* 1994, 15, 226 249

- [5] RAPOPORT RJ, FLANDERS AE, TARTAGLINO LM. Intradural extramedullary causes of myelopathy. *Semin US CT MR*, 1994, 15, 189-225
- [6] TARTAGLINO LM, FLANDERS AE, RAPOPORT RJ. Intramedullary causes of myelopathy. *Semin US CT MR*, 1994, 15, 158-188
- [7] LAREDO JD, ZIZA JM, MAZEL C, ROY CAMILLE R. Rachis. In D. Buthiau (Ed.) TDM et IRM cliniques: indications et sémiologie de la tomodynamométrie et de l'imagerie par résonance *magnétique*. Frison Roche, Paris, 1991, 952-994
- [8] MANELFE C. *Imagerie du rachis et de la moelle scanner/IRM/Ultrasons*. Vigot édition, Paris, 1989, 801 pp.
- [9] KEN CUMMING WJ. Myelitis and toxic inflammatory and infections disorders. *Curr Opin Neurol Neurosur*, 1992, 5, 549-553
- [10] MILETTE PC. Radiculopathy, radicular pain, radiating pain, referred pain: what are we really talking about ? *Radiology* 1994, 192, 280
- [11] THORN BURY JR, JAVID MJ. Radiculopathy radicular pain, radiating pain, referred pain: what are we really talking about ? (*Reply*). *Radiology* 1994, 192, 281
- [12] BEN ACERAF R, SILBERMANN O, DRAPE JL, THELEN Ph Scanner et IRM des articulations sacro-iliaques. In de SEZE S. (ed.): *L'actualité rhumatologique*, Expansion scientifique française, Paris 1993, 193-210
- [13] HADDAD MC, SHARIF HS, AIDEYAN OA. Infection versus neoplasm in the spine. Diagnosis with MRI and diagnosis pitfalls. *Eur J Radiol* 1993, 3-5, 439-447
- [14] SHARIF HS. Role of MR imaging in the management of spinal infections. *Am J Roentgenol*, 1992, 158, 1333-1346
- [15] ROTHMAN MI., ZOARSKI GH. Imaging basis of disc space infection. *Semin US CT MR*, 1993, 14, 437-445
- [16] MOULOPOULOS LA, VARMA DGK, DIMOPOULOS MA, LEEDS NE, KIM EE, JOHNSON DA, AU;XANIAN R, LISHITZ HI. Multiple myeloma, spinal MR imaging in patients with untreated newly diagnosed disease. *Radiology*, 1992, 185, 833-840
- [17] RAHMOUNI A., DIVINE M., MATHIEU D. Detection of multiple myeloma involving the spine: efficacy of fat suppression and contrast-enhanced MR imaging. *Am J Roentgenol* 1993, 160, 1049-1051
- [18] GOSFIELD E III, ALANI A, KNEELAND JB. Comparison of radionuclide imaging in detecting spinal metastases. *J Nucl Med* 1993, 34, 2191-2198

Traumatismes de la moelle et du rachis

Introduction

Les traumatismes du rachis touchent le plus souvent des sujets jeunes. Ils se compliquent dans 10 à 15 % des cas d'une atteinte neurologique radiculaire ou médullaire. Ces atteintes neurologiques ont un retentissement socio-économique extrêmement important en particulier du fait du coût énorme de la prise en charge à vie d'un sujet para- ou tétraplégique. Leur incidence, rapportée dans la littérature, varie de 11,5 à 23 nouveaux cas par an par million d'habitants [1]. Ils surviennent souvent dans un contexte de polytraumatisme. La qualité de la prise en charge immédiate est fondamentale pour le pronostic ultérieur. Sur le plan radiologique, il est en particulier fondamental de

- Diagnostiquer en urgence les fractures du rachis sans complication neurologique.
- Faire la part entre les lésions stables et instables.
- Permettre de traiter le plus vite possible et de la façon la plus appropriée tout sujet ayant une fracture avec atteinte neurologique (toute récupération même limitée peut modifier de façon radicale la dépendance ultérieure du patient).

Sur le plan topographique, plus de la moitié des lésions traumatiques du rachis intéressent le rachis cervical, la région thoracique est rarement atteinte, les autres lésions fréquentes sont situées au niveau de la charnière dorso-lombaire.

Exploration radiologique des traumatismes du rachis

L'exploration d'un traumatisé du rachis est orientée de façon différente selon qu'il existe ou non des signes neurologiques. En cas de signes neurologiques, le but des examens est de faire un bilan pré-thérapeutique le plus rapide possible des lésions. S'il n'existe pas de signes neurologiques, le but du bilan radiologique

est de préciser si il existe ou non une lésion rachidienne (osseuse et/ou discale et/ou ligamentaire) et si celle-ci est stable ou instable. Il faut insister sur l'importance de l'immobilisation du rachis cervical chez tous les polytraumatisés (a fortiori s'il existe un traumatisme crânien) ayant une suspicion de fracture du rachis jusqu'à élimination de cette hypothèse. Le problème posé par les lésions du rachis cervical passées inaperçues est en effet très sérieux puisque le à 29 % des sujets ayant une lésion de ce type s'aggravent secondairement [2].

CLICHÉS STANDARDS DU RACHIS

Les clichés standards du rachis restent la base de l'examen radiologique en urgence d'un patient ayant une suspicion de fracture du rachis [3,5].

Au niveau du rachis cervical: la sensibilité des clichés standards au diagnostic de fracture au stade aigu est supérieure à 90 % [3]. Par ailleurs, d'après certains auteurs, il semble que l'existence de clichés standards normaux et de bonne qualité permette d'éliminer une fracture au niveau du rachis cervical [6].

Clichés dynamiques (flexion et extension): cette technique reste encore la meilleure pour faire le diagnostic des lésions ligamentaires graves, très instables et présentant un danger très important pour la moelle. La réalisation de clichés dynamiques est souvent difficile au stade aigu, certains les réalisent sous anesthésie générale et contrôle scopique au bloc opératoire en préopératoire immédiat. Des publications récentes montrent qu'il est possible de faire le diagnostic de certaines lésions ligamentaires directement sous IRM (Imagerie par résonance magnétique) sans réaliser d'exploration dynamique [7, 8].

Au niveau du rachis dorsal et en particulier de la charnière dorso-lombaire: les clichés standards sont encore plus sensibles au diagnostic de fracture [4, 9].

TOMOGRAPHIES CONVENTIONNELLES

Ce type d'examen était fondamental dans l'exploration des traumatismes rachidiens il y a quelques années. Ses indications disparaissent à l'heure actuelle devant le développement des scanners à rotation continue avec possibilité d'acquisitions hélicoïdales et l'amélioration de la rapidité des techniques de reformatage. Il est ainsi possible d'obtenir, à partir d'un examen TDM (Tomodensitométrie), outre les images axiales, des reconstructions sagittales de segments étendus du rachis d'excellente qualité. On doit évoluer, à l'heure actuelle vers une substitution complète des tomographies conventionnelles par la TDM.

SCANNER AU STADE AIGU

Du fait de son excellente sensibilité aux lésions osseuses, le scanner est d'un très grand intérêt pour explorer les fractures du rachis.

Au niveau du rachis cervical: Le scanner est un examen très sensible pour le diagnostic de lésions du rachis cervical [3, 10], en particulier au niveau de ses extrémités supérieures et inférieures qui ne sont pas très bien explorées par les clichés standards. Ceci est particulièrement net pour les fractures des condyles

occipitaux, les fractures de Jefferson, les fractures de l'odontoïde, les dislocations rotatoires atlanto-axoïdiennes et les lésions de la jonction cervico-thoracique. Tout doute de lésion osseuse du rachis cervical sur les clichés standards doit faire pratiquer un examen TDM.

Lorsqu'il existe une fracture évidente sur les clichés standards, la TDM peut être indiquée pour faire le bilan thérapeutique

- Préciser le caractère stable ou instable de la lésion;
- Déterminer l'existence ou non de fragments osseux intracanaux;
- Diagnostiquer la présence d'un fragment postérieur dans les fractures avec éclatement.

On peut proposer par ailleurs, chez les sujets polytraumatisés, de réaliser une exploration TDM systématique du rachis cervical au cours du bilan TDM initial. Cette exploration est au mieux réalisée en utilisant un scanner à rotation continue et une acquisition hélicoïdale.

Au niveau du rachis dorsal et lombaire: Dans la quasi-totalité des cas, les clichés standards suffisent pour faire le diagnostic de ces lésions. Le scanner est indiqué dans les fractures de la charnière dorso-lombaire pour diagnostiquer la présence de fragments osseux intra-canaux ou l'existence de lésions des éléments vertébraux postérieurs (lames, apophyses épineuses) [4].

MYÉLOGRAPHIE ET MYÉLOSCANNER

Ces examens sont de réalisation difficile et risquent d'entraîner une aggravation de l'état neurologique du patient dans un contexte traumatique (risques dus à la mobilisation du patient). Ils étaient indiqués au stade aigu lorsque l'on observait un déficit neurologique non expliqué par les lésions osseuses du patient. Ces examens doivent, aujourd'hui, être remplacés par l'IRM. La seule indication de myélographie dans un contexte traumatique qui reste à l'heure actuelle est l'association d'une indication à la réalisation d'une IRM avec une contre-indication formelle chez le même patient (Pacemaker, clip vasculaire intracrânien...).

IRM

Au stade aigu

La réalisation d'un tel examen dans un contexte de traumatisme rachidien est difficile (surveillance du patient dans l'appareil d'IRM, risques liés à la multiplication du nombre de transports du patient, problèmes posés par l'immobilisation du rachis du patient dans l'appareil d'IRM et la ventilation artificielle d'un patient polytraumatisé, contre-indications habituelles de l'IRM). Tous ces problèmes peuvent dans la plupart des cas être résolus.

L'IRM présente cependant un très grand intérêt au stade aigu et est même dans de nombreux cas indispensable. C'est le seul examen qui permette de préciser le degré de compression de la moelle chez un patient ayant une atteinte osseuse avec déformation rachidienne (association des lésions osseuses à une étroitesse

canalaire congénitale mais surtout acquise qui majore la compression et peut être à l'origine de lésions médullaires sévères même en cas de traumatisme assez peu important). L'IRM permet également de visualiser les lésions ligamentaires, discales et les hématomes épiduraux. Ceci est particulièrement intéressant dans l'exploration des lésions en hypertension du rachis cervical La sensibilité exacte de l'IRM vis-à-vis des lésions ligamentaires n'est cependant pas encore connue avec précision [11, 7, 8].

L'IRM est le seul examen permettant de visualiser les lésions médullaires. Elle permet de subdiviser les lésions médullaires et de donner des éléments pronostiques sur les possibilités de récupération ultérieure du déficit (Œdème médullaire limité = relativement bon pronostic; Œdème médullaire étendu = pronostic plus réservé; Hémorragie intra-médullaire = pronostic catastrophique). L'IRM apparaît en outre comme l'examen de choix pour explorer les patients ayant une atteinte médullaire sans anomalies osseuses radiologiquement visibles. Son indication est également formelle chez les patients qui présentent une aggravation neurologique secondaire sans explication évidente sur le plan osseux [3,8,12,14],

À distance du traumatisme

Deux entités pathologiques relativement rares mais aux conséquences catastrophiques peuvent s'observer à distance d'un traumatisme médullaire: la myélopathie post-traumatique progressive kystique et la myélopathie post-traumatique progressive myélomalacique. Ces deux syndromes peuvent être traités chirurgicalement et ne peuvent être étudiés sur le plan morphologique presque exclusivement que par l'IRM. Les seules limites de l'IRM sont les cas où l'exploration est gênée ou rendue impossible par la présence de matériel chirurgical empêchant une visualisation correcte de la moelle [15,17].

Exploration radiologique des traumatismes du rachis: conduite à tenir

AU NIVEAU DU RACHIS CERVICAL

Signes de lésions du rachis cervical: réalisation de clichés standards

- Fracture avec signes neurologiques:
 - Cohérence radio-clinique: levée de la compression en urgence: scanner préopératoire pour préciser les lésions osseuses. Réalisation éventuelle d'une IRM en postopératoire (si possible) pour apprécier les lésions médullaires (pronostic).
 - Discordance radio-clinique IRM en urgence
- Signes neurologiques mais pas de fracture visible: IRM en urgence.
- Fracture sans signe neurologique: La fracture est-elle stable ou instable ? : Scanner, IRM (lésions ligamentaires et/ou discales), clichés dynamiques.

- Suspicion clinique de lésion mais pas d'anomalies sur les clichés standards Scanner, IRM.
- Polytraumatisés: Étude TDM d'emblée du rachis cervical (acquisition hélicoïdale sur le rachis cervical).

AU NIVEAU DU RACHIS DORSAL ET DE LA CHARNIÈRE DORSO-LOMBAIRE

Signes de lésions du rachis dorsal ou de la charnière dorso-lombaire Réalisation de clichés standards.

- Fracture avec signes neurologiques
 - Cohérence radio-clinique: levée de la compression en urgence: scanner préopératoire pour préciser les lésions osseuses. Réalisation éventuelle d'une IRM en postopératoire (si possible) pour apprécier les lésions médullaires (pronostic).
 - Discordance radio-clinique: IRM en urgence.
- Signes neurologiques mais pas de fracture visible: IRM en urgence.
- Fracture sans signes neurologiques: La fracture est-elle stable ou instable ? Scanner, IRM (lésions ligamentaires et/ou discales ? recherche de lésions de l'arc postérieur).
- A distance du traumatisme: Les myélopathies post-traumatiques progressives kystiques et les myélopathies post-traumatiques progressives myélomalaciques s'explorent en IRM.

Conclusion

Au terme de cette rapide mise au point, on peut dégager un certain nombre d'éléments de quasi-consensus dans la littérature:

- Les clichés standards conservent une place dans l'exploration des fractures du rachis.
- Le scanner voit ses indications augmenter, en particulier depuis l'apparition des possibilités d'acquisitions hélicoïdales.
- L'IRM donne des renseignements que ne donne aucun autre examen, elle est indispensable dans de nombreux cas de traumatismes du rachis.
- Les tomographies conventionnelles n'ont plus d'indication et doivent être remplacées par le scanner. La myélographie et le myéloscanner n'ont plus d'indication et doivent être remplacés par l'IRM (en dehors des rares cas de contre-indication formelle à l'IRM).

RÉFÉRENCES

- [1] KRAUS JF. Injury to the head and the spinal cord. The epidemiological relevance of the medical literature published from 1960 to 1978. *J Neurosurg* 1980, 53: 3-10
- [2] DAVIS JW et al. The etiology of missed cervical spine injuries. *J Trauma* 1993, 34 (3): 342-346
- [3] EL-KHOURY G et coll. Imaging of Acute Injuries of the Cervical Spine: Value of Plain Radiography, CT and MR Imaging. *Am J Roentgenol* 1995, 164: 43-50
- [4] PATHRIA MN et coll. Spinal Trauma. *Radiol Clin N America* 1991, 29 (4): 847-865
- [5] OLSEN WL, CHAKERES DW, BEMY I, RICHAUD J. Traumatismes du rachis et de la moelle. In C Manelfe (ed): *Imagerie de la moelle et du rachis*. Éditions Vigot, Paris, 1989
- [6] ACHESON MB et coll. High resolution CT scanning in the evaluation of cervical spine fractures: comparison with plain films examination. *Am J Roentgenol* 1987, 148: 1179-1185
- [7] KLIEWER MA et coll. Acute spinal ligament dislocation: MR Imaging with anatomic correlation *Magn Reson Imaging* 1993, 3 (6): 855-861
- [8] FLANDERS A et coll. Magnetic Resonance Imaging in acute spinal injury. *Semin Roentgenol* 1992, 27 (4): 271-298
- [9] DOSCH JC. Traumatismes du rachis. *Encycl. Méd. Chir.(Paris, France), Radiodiagnostic II*, 31038 A10, 12-1987, 44 p
- [10] BOROCK EC et coll. A prospective Analysis of a Two-Year Experience Using Computed Tomography as an Adjunct for Cervical Spine Clearance. *J Trauma* 1991, 31 (7): 1001-1006
- [11] SCHOUMAN-CLAEYS E, HASSINE D, HENRY-FEUGEAS MC, FRIJA G. Traumatismes médullaires. Éditions techniques. *Encyclopédie médico chirurgicale (Paris.France), Radiodiagnostic-Neuroradiologie-Appareil locomoteur*, 31-039-A-10, 1993, 13 p
- [12] BRIGHTMAN RP et coll. Magnetic Resonance Imaging of Trauma to the Thoracic and Lumbar Spine. The importance of the Posterior Longitudinal Ligament. *Spine* 1992, 17 (5): 541-550
- [13] GRABB et coll. Magnetic Resonance Imaging in the Evaluation of Spinal Cord Injury without Radiographic Abnormality in Children. *Neurosurgery* 1994, 35 (3): 406-414
- [14] MASCALCHI M et coll. Acute Spinal Trauma: Prognostic of MRI appearances at 0.5T. *Clin Radiol* 1993, 48: 100-108
- [15] HIDA K et coll. Posttraumatic Syringomyelia: Its Characteristic Magnetic Resonance Imaging Findings and Surgical Management. *Neurosurgery* 1994, 35 (5): 886-891
- [16] EDGAR R et coll. Progressive posttraumatic myelomalacic myelopathy: imaging and clinical features. *Brit J Neurosurg* 1994, 8 (1): 7-22
- [17] FALCONE S et coll. Progressive posttraumatic myelomalacic myelopathy: imaging and clinical features. *Am J Neuroradiol* 1994, 15 (4): 747-754

Stratégie diagnostique en imagerie des lésions encéphaliques

Réflexions générales

L'exploration en imagerie des affections cérébrales (encéphaliques et méningées) a largement bénéficié de la tomодensitométrie (TDM): les avantages majeurs de cette technique résident, entre autres, dans sa facilité d'utilisation chez tous les patients (notamment dans le cadre de l'urgence et chez des patients peu coopérants) et dans la bonne disponibilité aujourd'hui des machines en secteur public comme en secteur privé dans la plupart des agglomérations de taille moyenne (supérieures à 10 000 habitants). Elle permet, encore à l'heure actuelle, dans le cadre d'une médecine de proximité, de résoudre beaucoup de problèmes urgents ou semi-urgents, sans nécessiter le déplacement de patients dans des centres plus importants (CHU en particulier).

L'imagerie par résonance magnétique (IRM), d'apparition plus récente, s'impose aujourd'hui comme la technique la plus performante en termes de sensibilité et de spécificité. Elle souffre cependant, aujourd'hui encore, d'une diffusion beaucoup trop restreinte.

Des développements récents, en spectroscopie ou en imagerie fonctionnelle par RMN (Résonance magnétique nucléaire), laissent penser que cette technique pourrait devenir un outil important, voire essentiel, pour une approche métabolique ou fonctionnelle de certaines lésions, que ce soit pour un diagnostic précoce ou la surveillance sous traitement de certaines affections (chirurgie de l'épilepsie, surveillance et traitement des tumeurs, maladie de Parkinson, Alzheimer, sclérose en plaque, sida, troubles de la myélinisation chez l'enfant notamment) Ces nouvelles approches doivent trouver leur place dans des centres spécialisés à côté d'autres techniques, SPECT (Tomographie par émission simple photon), PET (Tomographie par émission de positons) ou MEG (magnéto-encéphalographie) en particulier, et on ne peut envisager de les proposer aujourd'hui en première intention, dans le cadre d'une prescription " banalisée ".

* Ce chapitre n'a pas analysé la pathologie vasculaire et traumatique.

D'une manière générale et pour clarifier la discussion, il nous paraît important de distinguer trois types de situations pratiques:

- celles de l'urgence ou du malade non coopérant, où la TDM garde toute sa place comme nous l'avons dit;
- pratiquement toutes les autres où idéalement l'IRM devrait se substituer à la TDM en première intention, à terme;
- celles nécessitant en deuxième intention une prise en charge dans des centres spécialisés, justifiant des explorations complémentaires (SPECT et PET, IRM métabolique et fonctionnelle, MEG éventuellement) dont la stratégie n'est pas figée et doit être définie et conduite par ces centres eux-mêmes (centre de traitement de l'épilepsie, du Parkinson, du sida, centre d'imagerie interventionnelle)

La pathologie infectieuse cérébrale

ENCEPHALITE (EN DEHORS DU SIDA)

- Bactérienne: au stade d'encéphalite pré-suppurative comme au stade d'abcès collecté, l'IRM est sans doute supérieure à la TDM, non pas tant pour le diagnostic positif ou le diagnostic différentiel que pour une étude plus précise des lésions associées (œdème, micro-hémorragie, inflammation péri-vasculaire) et la surveillance du traitement.

Notons que dans les abcès, des articles récents [18] concluent à une spécificité très précise de la spectroscopie 1H pour un diagnostic différentiel entre un abcès et une lésion tumorale nécrotique, diagnostic qui en pratique, dans des cas certes limités, peut se poser.

- Virale (herpès, CMV...): au stade aigu ou subaigu, l'IRM est là encore supérieure à la TDM, pour mettre en évidence les lésions de leuco ou de polio-encéphalite [51].
- Parasitaire: à un stade subaigu ou chronique, la TDM permettra en général de mieux repérer de petites calcifications [34].

MÉNINGITE, EMPYÈMES ÉPIDURAUX OU SUS-DURAUX

Dans les empyèmes, la TDM permettra en général le diagnostic positif, mais à la phase initiale l'IRM peut permettre un diagnostic plus précoce. Dans les méningites, là encore l'urgence du tableau clinique fera souvent préférer la TDM en première intention. L'IRM cependant apporte souvent des images plus performantes, notamment lorsque le foyer méningitique est localisé (fosse temporale, fosse postérieure, tente du cervelet).

COMPLICATIONS NEUROLOGIQUES AU COURS DU SIDA

Idéalement, l'IRM est l'examen qui devrait être proposé à titre diagnostique en dehors de l'urgence et si l'état de coopération du patient le permet.

- Les infections opportunistes pourront être décelées en TDM, mais le suivi de leur évolution sous traitement sera mieux fait par IRM.
- Les encéphalopathies LEMP (leuco-encéphalopathie multifocale progressive, Leuco-encéphalite à VIH) sont beaucoup mieux vues en IRM et même souvent méconnues en TDM; ce seul fait établit la supériorité de l'IRM dans cette affection [20, 26]
- Les complications lymphomateuses seront en général mieux diagnostiquées en IRM qu'en TDM

Notons que des articles récents ont montré que l'atteinte de la substance blanche par le virus du sida pouvait bénéficier d'un diagnostic précoce en spectroscopie du proton [15] Par ailleurs, une autre étude récente semble montrer l'intérêt de la SPECT (thallium) dans le diagnostic différentiel des lymphomes [42].

RETENTISSEMENT CEREBRAL DE PATHOLOGIE GENERALE

Ce cadre est très vaste et nous nous contenterons de citer les principaux cadres nosologiques:

- Lésions toxiques: qu'elles soient secondaires à la chimiothérapie, à la radiothérapie ou à une anoxie (intoxication au monoxyde de carbone) [14], l'IRM s'avère supérieure à la TDM, car elle montrera beaucoup plus précocement et mieux l'atteinte de la substance blanche
 - Lésions consécutives à des désordres nutritionnels ou métaboliques dans la myélinolyse centropontique [32], comme dans les atteintes cérébrales de l'hémochromatose par exemple [50], l'IRM s'avère le meilleur examen. Des études récentes en spectroscopie du proton ont montré l'intérêt de cette technique pour le diagnostic et la surveillance des encéphalopathies d'origine hépatique [33,45].
- Maladies de système, granulomatoses: qu'il s'agisse de la sarcoïdose [43,46], du lupus érythémateux disséminé ou des neuro-Behçet (48), l'IRM est nettement plus performante que la TDM.

Dans la grande majorité de ces indications, l'IRM est donc le meilleur examen et elle devrait être faite en première intention chaque fois que l'état du patient le permet et que des considérations pratiques de délai d'accès ou de déplacement du patient ne viennent pas contre-indiquer cette attitude.

Épilepsie chez l'adulte

Il convient sans doute, dans une approche pragmatique, de distinguer trois situations différentes

- Dans le cadre d'une première crise (ou suspectée telle), qu'elle soit partielle, secondairement généralisée ou généraliser d'emblée, si le contexte clinique conduit à la réalisation d'exploration complémentaire en imagerie, l'IRM pourrait être réalisée d'emblée

- Dans le cadre de crises répétées, et à fortiori rebelles sous traitement, il est indispensable aujourd'hui de réaliser une IRM de très bonne qualité (coupes fines dans le plan frontal en particulier, en T2 et en inversion/récupération) à la recherche d'une petite lésion temporale, d'un trouble de la migration neuronale [10], d'une dysplasie corticale, d'une atrophie hippocampique [13] qui peut être isolée ou associée, toutes lésions que la TDM peut totalement méconnaître.
- Dans la perspective d'une chirurgie de l'épilepsie, le malade sera alors confié à un centre spécialisé, qui définira, au-delà de l'exploration IRM morphologique (qui reste, répétons-le, indispensable), la stratégie des explorations complémentaires à mettre en œuvre en fonction de son expérience, des données (évolutives) de la littérature et des performances reconnues (évolutives là encore) des techniques parmi lesquelles il faut citer essentiellement:
 - les techniques SPECT et PET [28, 49], pour apprécier en critique ou en post-critique des anomalies de la perfusion cérébrale, anomalies qui peuvent d'ailleurs être étudiées aujourd'hui en Xenon CT, et qui pourraient l'être rapidement par des techniques IRM de perfusion avec produit de contraste [54];
 - la magnéto-encéphalographie (MEG);
 - la spectroscopie RMN du proton [9, 41], qui objective des troubles métaboliques dans les zones lésionnelles, et demain peut-être l'IRM fonctionnelle à visée préchirurgicale [30];
 - la SEEG (Stéréo électro-encéphalographie) avec électrodes profondes, qui reste une méthode de référence dans les cas les plus complexes.

Bien entendu, toutes ces techniques ne se conçoivent qu'après une étude clinique et électrique (électroencéphalographie EEG, vidéo EEG) précise.

Aujourd'hui, il existe une littérature abondante lit, [11,29] sur l'approche morphologique des lésions cérébrales de l'épilepsie: il est clair que la recherche d'un foyer lésionnel bénéficie grandement de l'IRM et qu'une substitution totale de la TDM par l'IRM devrait pouvoir se faire dans cette indication.

Pathologies démyélinisantes, pathologies dégénératives

PATHOLOGIES DÉMYÉLINISANTES

Sclérose en plaque (SEP)

L'IRM est l'examen de loin l'examen le plus sensible pour mettre en évidence des lésions de démyélinisation en particulier au cours de la sclérose en plaque [44, 53] Il n'y a plus de justification à faire à l'heure actuelle un examen TDM chez un patient pour lequel on suspecte une affection démyélinisante (en particulier une sclérose en plaque) De nombreux travaux ont montré l'intérêt de l'injection de produits de contraste paramagnétiques qui permet de mettre en évidence les plaques de démyélinisation actives [12]. Des études IRM répétées avec injection chez des patients atteints de sclérose en plaque ont montré, qu'au cours de l'évolution de la maladie, on pouvait observer l'apparition de plaques de

démyélinisation en dehors de poussées cliniques apparentes [27] L'activité de la maladie, observée en imagerie apparaît jusqu'à 5 fois plus élevée que l'activité clinique[44]. Il existe une corrélation statistique entre la sévérité de la maladie et le nombre ou la fréquence d'apparition des plaques actives

L'IRM permet également de mettre en évidence les plaques de démyélinisation intra-médullaires. Cependant, l'intérêt principal de la réalisation d'une IRM médullaire chez un patient ayant une suspicion de SEP médullaire est d'éliminer une autre pathologie (en particulier une lésion curable chirurgicalement).

Sur le plan des indications, il est indiscutable qu'il faut réaliser une IRM chez tout patient pour lequel il existe une suspicion clinique de SEP. Le suivi, chez un patient de l'aspect de son IRM cérébrale, une fois que la SEP est certaine n'a cependant, à l'heure actuelle, qu'un intérêt limité (en dehors d'un protocole d'étude précis).

Les études par IRM répétées avec l'injection de produits de contraste paramagnétiques sont en effet très intéressantes dans le cadre de protocoles thérapeutiques de phase III Il a été en effet montré récemment qu'il était possible en étudiant sur un groupe de patients l'effet d'un nouveau médicament sur l'apparition de nouvelles plaques prenant le contraste de prévoir assez rapidement sa possible efficacité clinique. Certains ont ainsi proposé [44], avant la réalisation d'une longue étude randomisée avec des critères d'évolution clinique, de faire un pré-étude plus courte en utilisant des critères d'imagerie. Il serait ainsi possible d'optimiser les protocoles thérapeutiques utilisés. Ce type d'études multicentriques ne se conçoivent bien évidemment que dans des centres spécialisés.

Autres affections démyélinisantes, affections dysmyélinisantes

Qu'il s'agisse d'affections démyélinisantes d'origine toxique, métabolique, virale ou iatrogène (lésions de la substance blanche secondaire à la radiothérapie), ces lésions ne sont bien visualisables qu'en IRM et il n'existe plus d'indication du scanner [23]. Ceci est également vrai dans les affections dysmyélinisantes (leucodystrophies). L'IRM est l'examen de choix dans les atteintes cérébrales secondaires aux anomalies du métabolisme des lipides (maladie de Fabry, maladie de Gaucher) et dans les atteintes cérébrales au cours des mucopolysaccharidoses [7, 39]

PATHOLOGIES DÉGÉNÉRATIVES

Du fait du vieillissement de la population, les maladies neurologiques dégénératives poseront un problème de santé publique de plus en plus important

Démences

Une des causes les plus fréquentes de démence est la maladie d'Alzheimer [16, 52]. Il n'existe pas d'aspect spécifique en imagerie de la maladie d'Alzheimer Les explorations par imagerie servent:

- à éliminer une cause curable de démence (hématome sous-dural, tumeur frontale, hydrocéphalie);

- à donner des arguments permettant d'éliminer une démence d'origine vasculaire;
- à trouver des arguments en faveur du diagnostic d'Alzheimer.

À l'heure actuelle, du fait de la pénurie en nombre d'appareils d'IRM, un certain nombre de patients présentant un tableau de démence sont explorés au scanner. Cet examen permet d'éliminer dans ce contexte une tumeur ou un hématome sous-dural Il a été également décrit au scanner un aspect d'atrophie temporale bilatérale avec atteinte prédominant au niveau des structures hippocampiques

La mise en évidence d'une atrophie hippocampique est cependant nettement plus facile en IRM, surtout si l'on utilise des acquisitions volumiques Il est possible avec ce type d'acquisition d'effectuer des études volumiques quantitatives des hippocampes Il est très probable que l'IRM avec étude quantitative des volumes hippocampiques sera, dans l'avenir, un élément important du diagnostic positif de la maladie d'Alzheimer et de son suivi.

L'IRM est en outre très utile pour discuter l'éventualité d'une démence vasculaire dans laquelle on observe des anomalies de signal très étendues Dans un délai très court, il est fort probable que l'IRM sera l'examen à faire de première intention chez tout patient suspect de maladie d'Alzheimer. Le seul problème que l'on peut rencontrer avec cet examen est celui de l'absence de coopération du patient Ceci est cependant rare au cours des stades de début de la maladie.

La place exacte de l'imagerie morphologique au cours des démences dégénératives autres que celle d'Alzheimer (maladie de Pick, aphasie progressive primaire, dégénérescence du lobe frontal) n'est pas très claire à l'heure actuelle [17]. Il devient cependant de plus en plus nécessaire, du fait du développement de protocoles thérapeutiques au cours de la maladie d'Alzheimer, de séparer correctement ces différentes entités pathologiques et il est bien évident que l'IRM est l'examen qui permet la meilleure évaluation morphologique au cours de ces maladies souvent caractérisées par une atrophie focalisée.

Les encéphalopathies spongiformes (maladies de Creutzfeld-Jakob, Kuru et syndrome de Gerstmann-Straussler) représentent un problème actuel du fait de l'apparition récente de cas de transmission du Creutzfeld-Jakob chez des enfants traités par de l'hormone de croissance d'origine humaine L'IRM est l'examen le plus sensible pour mettre en évidence des anomalies au cours de ces maladies [8, 40]

Maladies dégénératives touchant les noyaux gris centraux

Toutes ces affections (maladie de Huntington, Hallervorden-Spatz, Leigh, cytopathies mitochondriales, maladie de Wilson) ont une sémiologie IRM beaucoup plus riche que leur sémiologie TDM [8]. L'exploration neuroradiologique de ce type de pathologie ne se conçoit plus qu'en IRM d'autant plus que l'on observe dans certaines de ces affections des tableaux neurologiques dramatiques pouvant être d'installation rapide chez des sujets qui peuvent être très jeunes (Leigh, cytopathies mitochondriales).

Parkinson et autres atteintes de la substantia nigra

Le diagnostic de ces affections (maladie de Parkinson, dégénérescences striatonigrales, syndrome de Shy-Drager, paralysie supra-nucléaire progressive) est basé principalement sur la clinique. Il existe des anomalies morphologiques et de signal au niveau du tronc cérébral et de la substantia nigra qui ont été décrites principalement en IRM [8].

Tumeurs cérébrales

L'IRM est l'examen le plus sensible pour faire le diagnostic de tumeur cérébrale. Cet examen donne des renseignements irremplaçables lors du bilan pré-opératoire de ces lésions. Il s'agit également du meilleur examen pour le suivi post-chirurgical immédiat et à distance de ces patients. L'IRM s'est donc imposé progressivement, au cours des dernières années comme un examen irremplaçable chez les patients porteurs de tumeurs intracérébrales. La seule manière de permettre une limitation du nombre d'examens neuroradiologiques effectués chez ces patients est donc, paradoxalement, de leur permettre de bénéficier dans tous les cas et dans les délais les plus brefs des examens par IRM dont ils ont besoin afin d'éviter la réalisation d'examens TDM inutiles qui seront ultérieurement complétés par un examen par IRM [3-5, 22, 25, 35-37, 47, 55].

TUMEURS INTRA-AXIALES

Dans tous les cas de tumeurs intra-axiales, l'IRM est plus sensible que le scanner [3, 22, 25]. L'existence d'un examen TDM "normal" ne dispense donc pas de réaliser une IRM en cas de vraie suspicion de tumeur intra-axiale. L'IRM, grâce à ses capacités de réalisation de coupes dans les trois plans de l'espace, est irremplaçable lors du bilan pré-opératoire. Une injection de produit de contraste paramagnétique doit systématiquement être effectuée en pathologie tumorale.

A l'heure actuelle, en pathologie tumorale, plusieurs auteurs insistent sur l'intérêt des acquisitions IRM 3D. Ce type d'acquisition permet d'obtenir un ensemble de coupes jointives, très fines, sur l'ensemble du volume de la tête du patient en quelques minutes. À partir de cette acquisition, on peut obtenir secondairement des coupes dans tous les plans de l'espace et, surtout, obtenir des images en "rendu volumique" qui sont une aide considérable pour le planning de l'intervention [37]. Dans l'avenir, les techniques d'IRM fonctionnelle seront très utiles pour l'étude pré-opératoire de certaines tumeurs [37].

Le contrôle post-opératoire immédiat en IRM chez les patients opérés de tumeurs intra-axiales s'impose progressivement comme le meilleur examen pour juger de la qualité d'exérèse [1, 24]. Par ailleurs, à plus long terme, l'IRM est l'examen qui permet de dépister des signes de récurrence le plus précocement possible.

AUTRES TUMEURS

Les tumeurs extra-axiales devraient également être diagnostiquées, explorées et suivies uniquement en IRM avec injection de produit de contraste paramagnétique. Il n'y a plus à l'heure actuelle d'indication à réaliser un scanner dans ce type de pathologie. En particulier, toute suspicion de neurinome de l'acoustique ou d'adénome hypophysaire doit être explorée en IRM.

MÉTASTASES CÉRÉBRALES

Ces lésions qui représentent un pourcentage élevé des tumeurs intra-cérébrales posent des problèmes particuliers. Le problème principal est celui de leur dépistage systématique chez les patients pour lesquels on a diagnostiqué une lésion néoplasique. Pour des raisons de pénurie d'appareil, à l'heure actuelle, certaines recherches systématiques de métastases cérébrales se font au scanner. Cependant, tous les articles qui comparent la sensibilité du scanner à celle de l'IRM pour le diagnostic de métastase cérébrale montrent que l'IRM est nettement plus sensible. Il serait donc souhaitable que, dans l'avenir, la recherche systématique de métastase puisse se faire en IRM [3, 5-6, 38, 56]. En cas de métastase cérébrale "unique", à, comme pour toute tumeur intra-cérébrale, le bilan pré-opératoire doit être fait en IRM. Un problème particulièrement important chez ces patients est d'éliminer l'existence d'une autre métastase qui pourrait, dans certains cas, contre-indiquer l'intervention.

Il existe à l'heure actuelle une certaine inflation technique dans les examens proposés pour rechercher des métastases cérébrales. Certains auteurs proposent en particulier l'utilisation de doses doubles voir triples de produit de contraste paramagnétique pour faire le diagnostic de ces lésions. Dans ces conditions, le prix de la quantité de produit de contraste injectée peut commencer à devenir comparable à celui de l'examen par IRM (donc entraîner un doublement du prix total de l'examen). Il est probable qu'il faudra, dans l'avenir, réaliser des évaluations coût/bénéfice précises pour ce type de pratique [6, 56].

Stéréotaxie et IRM interventionnelle

À la suite de plusieurs travaux récents [21, 31] et, en particulier, du travail de l'équipe du Val-de-Grâce [19], il a été montré qu'il était possible d'utiliser l'IRM en conditions stéréotaxiques. Toutes les applications de la stéréotaxie peuvent être réalisées sous repérage IRM. Dans l'avenir, ceci devrait donc permettre d'éviter la construction de salles de radiologie coûteuses, dédiées à la stéréotaxie, et qui ne sont plus indispensables.

L'IRM interventionnelle est une méthode entièrement nouvelle qui permet de réaliser des gestes thérapeutiques sous guidage direct par IRM. Cette méthode très prometteuse est encore au stade de l'évaluation [2].

RÉFÉRENCES

- [1] ALBERT FK, FORSTING M, SARTOR K. ADAMS HP, KUNZE S. Early postoperative Magnetic Resonance Imaging after resection of malignant glioma: objective evaluation of residual tumor and its influence on regrowth and prognosis. *Neurosurg*, 1994, 34 (1): 45-61
- [2] ANZAI Y, DESALLES AAF, BLACK KL, SINHA S. FARAHANI K. BEHNKE EA, CASTRO DJ, LUFKIN RB. Interventional MR Imaging. *Radiographics* 1993, 13: 897-904
- [3] ATLAS SW. Intraaxial Brain Tumors. In ATLAS SW (Ed) *Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine*. Raven Press, New York 1991 pp 223-326
- [4] ATLAS SW, GROSSMAN RI, GOMORI JM. et al. Hemorrhagic intracranial malignant neoplasms: spinecho MR imaging. *Radiolog'* 1987, 164: 71-77
- [5] ATLAS SW, GROSSMAN RI, GOMORI JM et al. MR Imaging of intracranial metastatic melanoma. *J Comput Assist Tomogr* 1987, 11: 577-582
- [6] BLACK WC. High dose MR in the Evaluation of Brain Metastases: Will increased detection decrease costs ? *Am J Neuroradiol* 1994, 15: 1062-1064
- [7] BOOTHMAN BR, BAMFORD JM, PARSONS MR. Magnetic Resonance Imaging in Fabry's disease. *J Neurol Neurosurg* 1988, 51: 1240-1241
- [8] BRAFFMAN BH, TRONCINI JQ ATLAS SW. The Aging Brain and Neurodegenerative Disorders. In Atlas SW (Ed): *Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine*. Raven Press, New York 1991 pp 567-624
- [9] BREITER SN, ARROYO S. VINCENT P. et al. Proton MR Spectroscopy in patients with seizure disorders. *Am J Neuroradiol*, 1994, 15:373-384
- [10] BRODTKORB E. NILSEN G. SMEVIK O. et al. Epilepsy and anomalies of neuronal migration: MRI and clinical aspects. *Acta Neurol Scand* 1992, 86: 2432
- [11] BRONEN RA. Epilepsy: The role of MR Imaging. *Am J Neuroradiol* 1992, 159 :1165-1174.
- [12] CAPRA R. MARCIANO N. VIGNOLO LA, CHIESA A, GASPAROTTI R. Gadolinium-pentetic Acid Magnetic Resonance Imaging in Patients with Relapsing Remitting Multiple Sclerosis. *Arch Neurol* 1992, 49: 687-689
- [13] CASCINO GD, JACK CR, SHARBROUGH FW and coll. MRI assessments of hippocampal pathology in extratemporal lesional epilepsy. *Neurology* 1993, 43 :2380-2382
- [14] CHANG KY, HAN MH, KIM HS. and coll. Delayed Encephalopathy after Acute Carbon Monoxide intoxication: MR Imaging Features and Distribution of Cerebral White Matter Lesions. *Radiology* 1992, 184 :117-122
- [15] CHONG WK, SWEENEY B. WILKINSON ID et coll Proton Spectroscopy of the Brain in HIV Infection: correlation with clinical Immunologic, and MR Imaging Findings. *Radiology* 1993, 188: 119-124
- [16] CHUN MR, MAYEUX R Alzheimer's disease. *Curr Opin' Neurol* 1994, 7: 299-304
- [17] DALLA BARBA G. BOLLER F. Non-Alzheimer degenerative dementias. *Curr Opin Neurol* 1994, 7: 305-309
- [18] DEMAEREL P. VAN HECKE P. VAN OOSTENDE S et coll. Bacterial metabolism shown by magnetic resonance spectroscopy. *Lancet* 1994, 344 :1234-1235
- [19] DEROSIER C, DELEGUE G. MUNIER T, PHARABOZ C, COSNARD G. IRM, distorsion géométrique de l'image et stéréotaxie. *J Radiol* 1991, 72 (6-7): 349-353

- [20] DONOVAN POST MJ, BERGER JR, DUNCAN R et coll. Asymptomatic and Neurologically Symptomatic HIV-Seropositive Subjects: Results of Long-term MR Imaging and Clinical Follow-up. *Radiology* 1993, 188: 727-733.
- [21] DORMONT D, ZERAH M, CORNU Ph, PARKER F, AUBERT B, SIGAL R, FRANCKE JP, ZOUAOUI A, MARSAULT C. A technique of measuring the precision of an MR guided ste. rectaxic installation using anatomic specimens. *Am J Neuroradiol* 1994, 15: 365-371
- [22] EARNEST F, KELLY PJ, SCHEITHAUER BW et coll. Cerebral astrocytomas: histopathologic correlation of MR and CT contrast enhancement with stereotactic biopsy. *Radiology* 1988, 166: 823-827
- [23] EDWARDS MK, BONNIN JM. White matter diseases. In ATLAS SW (Ed): *Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine*. Raven Press, New York 1991 pp 467-501
- [24] FORSTING M, AU3ERT FK, KUNZE S, ADAMS HP, ZENNER D, SARTOR K. Extirpation of Glioblastomas: MR and CT Follow-up of Residual Tumor and Regrowth patterns. *Am J Neuroradiol* 1993, 14: 77-87
- [25] GRAIF M, BYDDER GM, STEINER RE, NIENDORF P, THOMAS WT, YOUNG IR. Contrastenhanced MR imaging of malignant brain tumors. *Am J Neuroradiol* 1985, 6: 855-862
- [26] HANSMAN WHITEMAN ML, DONOVAN POST MJ, BERGER JR et coll. Progressive multifocal lenkoencephalopathy in 47 HIV. seropositive Patients: Neuroimaging with clinical and pathologic correlation. *Radiology* 1993, 187: 233-240.
- [27] HARRIS JO, FRANK JA, PATRONAS N, McFERLIN DE, McFARLAND HF. Serial Gadolinium-enhanced Magnetic Resonance Imaging Scans in Patients with Early, Relapsing-remitting Multiple Sclerosis: Implications for clinical trials and Natural History. *Ann Neurol* 1991, 29 : 548-555.
- [28] HEINZ R, FERRIS N, LEE EK et coll MR and Positron Emission Tomography in the Diagnosis of Surgically Correctable Temporal Lobe Epilepsy. *Am J Neuroradiol* 1994, 15: 1341-1348.
- [29] JACK CR Epilepsy: Surgery and Imaging. *Radiology* 1993: 635-646.
- [30] JACKSON GD, CONNELLY A, CROSS JH et coll. Functional magnetic resonance imaging of focal seizures. *Neurology* 1994, 44: 850-856.
- [31] KONDZIOLKA D, DEMPSEY PK, LUNSFORD LD et coll A comparison between Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography for Stereotactic Cocrdinate Determination. *Neurosurgery* 1992, 30: 402-407
- [32] KoRoGI Y, TAKAHASHI M, SHINZATO J et coll. MR Fndings in Two Presumed Cases of Mild Central Pontine Myclinolysis. *Am J Neuroradiol* 1993, 14: 651-654.
- [33] KREIS R, ROSS BD, FARROW NA. Metabolic Disorders of the Brain in Chronic Hepatic Encephalopathy Detected with H-1 MR Spectroscopy. *Radiology* 1992, 182: 19-27.
- [34] KUCHARCZYK W and HENKELMAN RM. Visibility of Calcium on MR and CT: Can MR Show Calcium that CT Cannot ? *Am J Neuroradiol* 1994, 15: 1145-1148.
- [35] LEE BCP, KNEELAND JB, CAHIUL PT, DECK MDF. MR recognition of supratentorial tumors. *Am J Neuroradiol* 1985, 6: 871-878
- [36] LEE Y, VAN TASSEL P, BRUNER JM, MOSER RP, SHARE JC. Juvenile pilocytic astrocytomas: CT and MR characteristics. *Am J Neuroradiol* 1989, 10: 363-370
- [37] LEEDS NE, JACKSON EF. Current imaging techniques for the evaluation of brain neoplasms. *Curr Opin Oncol* 1994, 6 (3): 254-261
- [38] MAYR NA, YUH WT.C, MUHONEN MG, FISHER DJ, NGUYEN HD, EHRHARDT JC, WEN BC, DOORNBOS JF, HUSSEY DH. Cost effectiveness of High dose MR contrast studies in the evaluation of brain metastases. *Am J Neuroradiol* 1994, 15: 1053-1061

- [39] MURATA R, NAKAJIMA S, TANAKA A, et coll. MR Imaging of the brain in patients with mucopolysaccharidosis. *Am J Neuroradiol* 1989, 10: 1165-1170
- [40] MURMAN DL, FREY KA. Neuroimaging of epilepsy, movement disorders and degenerative diseases. *Curr Opin Neurol* 1993, 6: 919-926
- [41] NG T, COMAIR YG, XUE M and coll. Temporal Lobe Epilepsy: Presurgical Localization with proton Chemical Shift Imaging. *Radiology* 1994, 193: 465-472.
- [42] O'MALLEY JP, ZIESSMAN HA, KUMAR PN et coll. Diagnosis of intracranial Lymphoma in patients AIDS: Value of Tl Single-Photon Emission Computed Tomography. *Am J Roentgenol* 1994, 163: 417-421.
- [43] OKSANEN V. Neurosarcoidosis. *Sarcoidosis* 1994, 11: 76-79.
- [44] PATY WP. Magnetic resonance in multiple sclerosis. *Curr Opin Neurol and Neurosurg* 1993, 6: 202-208
- [45] ROSS BD, JACOBSON S, VILLAMIL F. et al. Subclinical Hepatic Encephalopathy: Proton MR Spectroscopic Abnormalities. *Radiology* 1994, 193: 457-463.
- [46] SELTZER S, MARK AS, ATLAS SW. CNS Sarcoidosis: Evaluation with contrast-Enhanced MR Imaging. *Am J Roentgenol* 1992, 158: 391-397.
- [47] SPOTO GP, PRESS GA, HESSELINK JR, SOLOMON M. Intracranial ependymoma and subependymoma MR manifestations. *Am J Neuroradiol* 1990; 11: 83-91
- [48] TAJIMA Y, HOMMA S, SINPO K. et coll. Clinico-Radiological Findings of NeuroBehcet's Syndrome. *Internal Med*, 1994, 33: 136-141.
- [49] TATUM WO, ALAVI A, STECKER MM. Technetium-99m-HMPAO SPECT in Partial Status Epilepticus. *J Nucl Med* 1994, 35: 1087-1094.
- [50] THOMAS LO, BOYKO OB, ANTHONY DC, BURGER PC. MR Detection of Brain iron. *Am J Neuroradiology* 1993, 14: 1043-1048.
- [51] TIEN RD, FELSBERG GJ, OSUMI A. Herpesvirus Infections of the CNS: MR Findings. *Am J Roentgenol* 1993, 161: 167-176.
- [52] WALKER LC. Progress in the diagnosis of Alzheimer's Disease. *Neurobiol Aging* 1994, 15: 663-665
- [53] WALLACE CJ, SELAND P, FONG TC. Multiple Sclerosis: The impact of MR Imaging. *Am J Roentgenol*. 1992; 158: 849-857
- [54] WARACH S, LEVIN IM, SCHOMER DL et coll. Hyperperfusion of Ictal Seizure Focus Demonstrated by MR Perfusion Imaging. *Am J Neuroradiology* 1994, 15: 965-968.
- [55] YUE NC. Advances in brain tumor imaging. *Curr Opin Neurol* 1993, 6 (6): 831-840
- [56] YUH WTC, FISHER DJ, RUNGE VM, ATLAS SW, HARMS SE, MARAVILLA KR, MAYR NA, MOLLMAN JE, PRICE AC. Phase III multicenter trial of High dose Gadoteridol in MR Evaluation of brain metastases. *Am J Neuroradiol* 1994, 15: 1037-1051

Pathologies cérébro-vasculaires : stratégies diagnostiques et thérapeutiques

Les maladies cérébro-vasculaires doivent être envisagées sous un double aspect: diagnostique et thérapeutique. Les moyens techniques mis en œuvre sont fonction de l'objectif visé: explorations à visée diagnostique, gestes thérapeutiques.

Investigations diagnostiques

Que la pathologie soit extra- ou intracrânienne, sa démonstration fait appel à des méthodes d'investigation atraumatiques: ultrasons, scanner, IRM, ARM (angiographie par résonance magnétique (angio-IRM))

STÉNOSE CAROTIDIENNE

Une méta-analyse à partir de 568 articles, prenant pour référence l'angiographie carotidienne, compare le pouvoir diagnostique de différentes techniques non invasives (Doppler carotidien, écho Doppler couleur et angio-IRM), appliqué aux sténoses et occlusions carotidiennes athéromateuses.

Pour une occlusion complète, les trois tests ont une sensibilité de 0,82 à 0,86 et une spécificité de 0,98. Pour une sténose à 70 % ou plus, la sensibilité est de 0,83 à 0,86 et la spécificité de 0,89 à 0,94.

Les auteurs concluent que le Doppler carotidien, l'écho-Doppler couleur et l'ARM, pour un diagnostic d'occlusion carotidienne complète ou d'une sténose égale ou supérieure à 70 % ont des taux de succès équivalents [1].

La valeur diagnostique du scanner spiralé par rapport à l'angiographie (artériographie sélective) prise comme méthode de référence retrouve un taux de

corrélation élevée ($R=0,932$) avec dans 20 % des cas néanmoins une possibilité de surévaluation du degré de sténose liée à la présence de calcifications [2, 3].

ISCHÉMIE CÉRÉBRALE

Si la place du scanner à la phase initiale demeure primordiale pour exclure une hémorragie cérébrale, le rôle de l'IRM et de l'ARM s'accroît progressivement aux phases aiguës et subaiguës de l'ischémie cérébrale. Les lésions sténotiques ou thrombotiques intracrâniennes sont étroitement corrélées à la distribution territoriale des infarctus cérébraux. Les corrélations établies entre ARM et angiographie conventionnelle sont excellentes [4-7].

Une part de substitution d'activité tomодensitométrique vers l'IRM d'emblée dans le cadre de l'ischémie cérébrale aiguë peut être anticipée par le recours à l'imagerie de diffusion qui permettra un diagnostic précoce et précisera l'étendue de la lésion ischémique.

En matière d'accident ischémique transitoire, la combinaison IRM-ARM permet d'envisager le dépistage des lésions athéromateuses intra- et extracrâniennes, de sélectionner les patients entrant dans des essais thérapeutiques et de mieux orienter le recours aux techniques invasives [8].

MALFORMATIONS VASCULAIRES CÉRÉBRALES

Deux types de malformations sont à considérer:

- les malformations artério-veineuses cérébrales;
- les anévrismes.

Le diagnostic des malformations artério-veineuses cérébrales: relève de l'IRM. Que l'examen soit fait en phase hémorragique ou non, l'IRM permet de topographier le nidus angiomateux, de préciser son caractère compact ou non. L'ARM permet une étude globale des apports artériels et des afférents veineux [9].

L'anévrisme artériel intracrânien: la complication la plus fréquente de l'anévrisme intracrânien est la rupture dont le diagnostic repose sur l'examen tomодensitométrique dans 95 % des cas. La fréquence de l'hémorragie méningée par rupture anévrysmale est d'environ 1/10 000. L'anévrisme est unique dans 81 % des cas, situé sur la circulation antérieure (92 % des cas) et d'une taille inférieure à 12 mm (78 % des cas). Idéalement, dans le cadre de l'hémorragie sous-arachnoïdienne, la situation d'urgence conduit à réaliser un scanner SPC et APC (scanner spiralé) suivi d'une artériographie cérébrale.

Les études épidémiologiques ont montré qu'un individu sur 100 présente un anévrisme artériel intracrânien, mais que seul un anévrisme sur 2 saignera pendant l'espérance de vie. Le risque de saignement d'un anévrisme unique non rompu est estimé à 3 % par an. Sachant que l'hémorragie méningée est immédiatement mortelle dans 1/3 des cas, le dépistage d'un anévrisme intracrânien est important si l'on songe à diminuer le taux de mortalité lié à l'hémorragie méningée. Bien qu'il soit possible, par ARM, de dépister de manière rétrospective des anévrismes d'une taille égale à 3 mm, les études prospectives montrent que la taille critique de détection de ces malformations est de

5 mm. Pour une taille de 5 mm, la sensibilité de l'ARM en séquence TOF (*Time of flight*) est de 87,5 %, alors qu'elle n'est que de 75 % pour les séquences en contraste de phase.

En conclusion: Bien qu'une taille inférieure à 5 mm n'exclue pas la possibilité d'une rupture anévrysmale, l'ARM apparaît être un moyen efficace du dépistage des anévrysmes intracrâniens non rompus dès lors que leur taille atteint ou dépasse 5 mm [10].

THROMBOSES VEINEUSES CÉRÉBRALES

La pathologie veino-occlusive cérébrale fait appel à la combinaison IRM-ARM. Cette dernière, en dépit de difficultés techniques, permet, en séquence oblique TOF 2-D, de se passer des explorations vasculaires traditionnelles [11].

INDICATIONS RÉSIDUELLES DE L'ANGIOGRAPHIE DIAGNOSTIQUE

- Une seule indication indiscutable: l'hémorragie méningée. Compte tenu des limitations de l'ARM et quelles que soient les possibilités diagnostiques de l'angioscanner en technique spiralée, l'angiographie des 4 axes à destination encéphalique demeure l'examen clé du diagnostic d'anévrysme artériel intracrânien.

- Les indications discutables concernent la pathologie vasculaire cérébrale ischémique:

- Faut-il explorer par angiographie les patients porteurs de sténose carotidienne symptomatique démontrée par les explorations Traumatiques ? Pour chaque patient le coût bénéfice-risque doit être discuté sachant que, bien que le risque de complication neurologique de l'angiographie cérébrale soit faible (1 %), celui-ci est significativement accru pour des patients présentant un athérome des troncs supra-aortiques (2,5 %) [12].

- Faut-il pratiquer une angiographie cérébrale pour des patients ayant présenté un accident vasculaire ischémique dont le bilan Biologique demeure négatif ? Le diagnostic de vascularite du système nerveux central repose sur la ponction lombaire et l'IRM. L'angiographie cérébrale est nécessaire au diagnostic d'artérite distale [13].

- Thrombose veineuse: bien que l'IRM multiséquentielle d'emblée soit l'examen clé, l'artériographie reste indiquée en deuxième intention en cas de doute diagnostique.

Thérapeutiques

La neuro-angiographie interventionnelle demeure à ce jour une discipline en cours d'évaluation dont les champs d'application sont au nombre de trois

- Traitement endovasculaire des malformations artério-veineuses cérébrales.
- Traitement endovasculaire des anévrysmes.
- Fibrinolyse intra-artérielle et dilatation vasculaire.

MALFORMATIONS ARTÉRIO-VEINEUSES CÉRÉBRALES

Pour 20 % des cas environ, le traitement endovasculaire permet un traitement complet des malformations artério-veineuses cérébrales. Dans la vaste majorité des cas, il contribue à la dévascularisation des nidus angiomateux et permet soit un traitement chirurgical, soit un traitement radio-chirurgical secondaire.

LES ANÉVRYSMES INTRACRÂNIENS

Le traitement fait appel aux microcoils à détachement contrôlé. Les indications de cette modalité de traitement sont reconnues pour les anévrysmes du tronc basilaire, les échecs chirurgicaux, les anévrysmes rompus de patients de plus de 65 ans quelle que soit leur localisation. La validation de cette technique, chez les sujets de moins de 65 ans, pour des anévrysmes de découverte fortuite ou après rupture, toutes localisations confondues, doit être évaluée préalablement par études multicentriques comparant chirurgie, abstention thérapeutique et traitement endovasculaire.

Fibrinolyse intra-artérielle et angioplastie des artères extra-crâniennes sont des techniques en cours d'évaluation et doivent faire l'objet d'études contrôlées pour définir leur champ d'application [14].

Conclusion

La neuro-angiographie interventionnelle représente une modalité nouvelle de prise en charge thérapeutique de patients au moyen de techniques de radiologie vasculaire de pointe. Les modes de fonctionnement et les perspectives de développement sont tirés des conclusions du groupe de travail consacré à l'évolution de la neuroradiologie interventionnelle (L. Picard).

La mise en œuvre de cette modalité thérapeutique suppose que soit satisfait un certain nombre d'impératifs techniques et humains:

- Une salle d'angiographie dédiée, numérisée, biplan rotationnel, totalement automatisée, qui permet à l'opérateur de conduire et contrôler le geste endovasculaire.
- Au plan humain, la formation, la qualification et l'accréditation pourraient amener à la reconnaissance d'une sous-spécialité de neuroradiologie interventionnelle, garant de la compétence de l'intervenant. Le fonctionnement de ces unités doit être défini dans une pratique réglée et dans le cadre de l'urgence, afin de constituer les équipes médicales et paramédicales étoffées et compétentes, susceptibles de faire face aux besoins.

La prise de décision multidisciplinaire fait que la neuro-angiographie interventionnelle ne peut être effectuée que dans le cadre d'un environnement médical de type neurosciences intégrant neurologie, neurochirurgie et réanimation. La neuroradiologie interventionnelle qui, au confluent de diverses spécialités, ouvre un domaine nouveau de compétence médicale, ne peut être effectuée que dans le cadre de structures spécialisées. L'évaluation des besoins, la

technicité des gestes, les prises de décisions collégiales, le coût et la sophistication des équipements radiologiques font que son développement doit passer par un schéma d'organisation régionale.

RÉFÉRENCES

- [1] BLAKELEY DD, ODDONE EZ, HASSELBLAD V, SIMEL DL, MATCHAR DB. Non invasive carotid artery testing. A meta analytic Review. *Ann Intern Med* 1995, 122, 360-7
- [2] CUMMING MJ, MORROW IM. Carotid artery stenosis: a prospective comparison of CT angiography vs catheter angiography. *Am J Roentgenol* 1994, 164, 517-523
- [3] MARKS MP, NAPEL S, JORDAN JE, ENZMANN DR. Diagnosis of carotid artery disease: preliminary experience with maximum-intensity-projection spiral CT angiography. *Am J Roentgenol* 1993, 160, 1267-1271
- [4] DE CREPIGNY AJ, TSUURA M, MOSELEY M, KUCHARCZYK J. Perfusion and diffusion MR imaging of thromboembolic stroke. *Magn Reson Imaging* 1993, 3, 746-754
- [5] MINTOROVITCH MJ, MOSELEY ME, CHILEUITT L, SHIMIZU H, COHEN Y, WEINSTEIN PR. Comparison of diffusion and T2-weighted MRI for the early detection of cerebral ischaemia and reperfusion. *Magn Reson Med* 1991, 18, 39-50
- [6] MOSELEY ME, KUCHARCZYK J, MINTOROVITCH J et al. Diffusion-weighted MR imaging of acute stroke; correlation with T2-weighted and magnetic susceptibility-enhanced MR imaging in cats. *Am J Neuroradiol* 1990, 11, 423-429
- [7] JOHNSON BA, HEISERMAN JE, DRAYER BP, KELLER PJ. Intracranial MR angiography: its role in the integrated approach to brain infarction. *Am J Neuroradiol* 1994, 15, 901-908
- [8] HASSO AN, STRINGER WA, BROWN KD. Cerebral ischemia and infarction. *Neuroimaging Clin N Am* 1994, 4, 733-52
- [9] HOANG TA, HASSO AN. Intracranial vascular malformations. *Neuroimaging Clin N Am* 1994, 4, 8823-47
- [10] HUSTON J, NICHOLS DA, LUETMER PH, GOODWIN JT, MEYER FB, WIEBERS DO, WEAVER AL. Blinded prospective evaluation of sensitivity of MR angiography to known intracranial aneurysms: importance of aneurysm size. *Am J Neuroradiol* 1994, 15, 1607-14
- [11] LEWIN JS, MASARYK TJ, SMITH AS, RUGGIERI PM, ROSS JS. Time of flight intracranial MR venography: evaluation of the sequential oblique section technique. *Am J Neuroradiol* 1994, 15, 1657-64
- [12] HEISERMAN JE, DEAN BL, HODAK JA, FLOM RA, BIND CR, DRAYER BP, FRAM EK. Neurologic complications of cerebral angiography. *Am J Neuroradiol* 1994, 15, 1401-1407
- [13] STONE JH, POMPER MG, ROUBENOFF R, MILLER TJ, HELLMANN DB. Sensitivities of noninvasive tests for central nervous system vasculitis: a comparison of lumbar puncture, computed tomography, and magnetic resonance imaging. *J Rheumatol* 1994, 21 (12), 77-82
- [14] ASPLUND K. Stroke therapy. time for a clinical breakthrough: introduction. *J Intern Med* 1995, 237 (1), 73-78

Traumatismes crâniens

Indication de l'imagerie

En raison des évolutions péjoratives parfois foudroyantes ou en plusieurs paliers, l'indication de l'imagerie est très souvent impérative et ce, quelle que soit l'intensité du traumatisme [1-3].

Si les traumatismes simples sont d'exploration aisée, les polytraumatismes doivent pouvoir être explorés sans manipulation intempestive et donc par une méthode d'imagerie performante quel que soit l'organe exploré: c'est le cas de la scanographie [2, 4].

L'imagerie est donc indiquée:

Pour établir un diagnostic positif des différentes lésions traumatiques [hématomes, contusions] [5,6].

- Pour réaliser un bilan lésionnel complet (os et parties molles [7]).
- En bilan préthérapeutique chirurgical [8].
- Au cours de la surveillance des premiers jours suivant le traumatisme [9,10].

Selon le type de lésion, l'une ou l'autre des deux modalités sera utilisée (scanographie ou IRM) [11].

RADIOGRAPHIES STANDARDS

- Elles n'ont plus de place.
- Normales, elles entretiennent une fausse sécurité [12].
- En cas de fracture, elles nécessitent un complément scanographique.

SCANOGRAPHIE CRÂNIENNE

Elle reste l'examen de première intention pour rechercher des lésions cérébrales à la phase aiguë d'un traumatisme crânien [1,5,13]. Elle répond aux différentes situations d'urgence.

Avantages

- Rapidité de l'examen et de la mise en place du patient.
- Suffisamment sensible et spécifique dans le diagnostic des hémorragies cérébrales et des complications des fractures [14].
- Exploration des structures osseuses de la base du crâne, de la face.
- Évaluation plus précise des lésions cervicales associées (en particulier grâce aux acquisitions hélicoïdales).
- Exploration combinée chez les polytraumatisés (thorax + abdomen).
- Chez le nouveau-né: supérieure aux ultrasons pour les hémorragies extracérébrales (+ rachis osseux)
- Plus grande facilité dans la mise en œuvre de la surveillance des patients au cours du suivi thérapeutique.
- Surveillance simple et accès facile pour les équipes de réanimation: - plus grande diffusion territoriale; - coût plus faible que l'IRM.

Inconvénients

- Non spécifique à la technique: la grande diffusion de ces équipements suppose une compétence des médecins radiologues dans tous les centres de ramassage [15].
- Spécifique: moindre résolution en contraste que l'IRM dans l'exploration des parties molles et en particulier dans l'évaluation la plus complète des lésions traumatiques de l'encéphale [11, 16]

IRM

L'IRM est l'examen le plus précis et surtout le plus sensible dans l'évaluation des lésions encéphaliques [11, 16-20] en particulier les lésions infratentorielles (contusions ou hématomes) touchant des structures médianes (corps calleux ou tronc cérébral) [17-18]. Cet examen permet en outre de préciser, à la phase aiguë, le nombre et la topographie des lésions et d'en fixer le pronostic. Il permet une nouvelle classification des lésions et peut-être une meilleure prise en charge des patients à la phase aiguë [11, 26].

A distance du traumatisme, l'IRM permet de déterminer les lésions séquellaires en y associant les évaluations psychométriques [21, 22]. Cependant, l'évaluation du débit sanguin régional par le SPECT à la phase chronique est mieux corrélée aux déficits neuro-psychologiques que l'IRM ou la scanographie [23]

Avantages dans le cas de lésions cérébrales

La grande résolution en contraste explique que l'IRM est l'examen de choix dans le bilan des lésions encéphaliques [16, 20].

Dans le contexte actuel de l'urgence, l'IRM devra être réservée aux patients dont les signes neurologiques déficitaires prédominent et pour lesquels l'examen scanographique est considéré comme normal ou peu spécifique.

C'est le cas pour les lésions non hémorragiques comme l'infarctus et les contusions du tronc cérébral [17], les lésions de dilacération de la substance blanche [16, 18, 20], les contusions corticales et les dissections artérielles traumatiques (angio-IRM).

Avantages dans le cas de lésions extra cérébrales

L'IRM est souvent plus spécifique que la scéno-graphie pour apprécier les hémorragies subaiguës ou chroniques et distinguer les hydrocéphalies externes, (espaces sub-arachnoïdiens dilatés) des hématomes sous-duraux chroniques (en particulier chez les enfants battus). Dans ce dernier exemple, les ultrasons et la scéno-graphie ne montrent que des collections extracérébrales aspécifiques. Mais surtout, l'IRM montre l'hémosidérine stigmatique pathognomonique d'une hémorragie ancienne [24-25].

Inconvénients

- Faible détection des lésions osseuses (base du crâne).
- Malheureusement peu diffusée.
- Examen long par rapport au scanner.
- Plus de complexité et plus grand coût de la surveillance en réanimation.
- Onéreux à l'achat et à la maintenance.

Conclusion

L'IRM constitue le meilleur moyen de mettre en évidence les lésions traumatiques de l'encéphale et de proposer une nouvelle manière d'appréhender le pronostic des patients à la phase aiguë d'un traumatisme crânien grave. Sa très grande résolution en contraste en fait une modalité d'exploration insurpassée des lésions de contusion des structures médianes et sous-tentorielles. Les études ont montré sa grande sensibilité au jour 2 du traumatisme [11], ce qui place l'IRM actuellement en seconde intention après la scéno-graphie. Néanmoins, sa mise en œuvre est complexe pour des patients sous assistance respiratoire; sa méconnaissance complète des lésions osseuses cranio-faciales et cervicales ainsi que ses performances modestes dans l'exploration des traumatismes thoraciques et abdomino-pelviens expliquent l'intérêt de la scanographie (surtout hélicoïdale). Par ses performances et quelle que soit la région explorée, la scanographie constitue la modalité la plus simple pour obtenir un bilan complet chez un polytraumatisme ou une exploration rassurante chez les traumatisés crâniens mineurs

Actuellement, si la scéno-graphie occupe la première place dans la chronologie des examens des traumatisés crâniens, l'IRM doit devenir, au cours des prochaines années, la seule modalité d'exploration en imagerie des lésions cérébrales et médullaires tant à la phase aiguë qu'à la phase chronique.

RÉFÉRENCES

- [1] DAVIS R et coll. Cranial computed tomography scans in children after minimal head injury with loss of consciousness. *Ann Emerg Med* 1994, 24-4
- [2] ALFARO D et coll. Accuracy of interpretation of cranial tomography scans in an emergency medicine residency program. *Ann Emerg Med* 1995 25 (2): 169-74
- [3] RICHLESS LK et coll. A prospective evaluation of radiologic criteria for head injury patients in a community emergency department. *Am J Emerg Med* 1993, 11 (4): 327-30
- [4] SCHYNOLL W et coll. A prospective study to identify high-yield criteria associated with acute intracranial computed tomography findings in head injured patients. *Am J Emerg Med* 1993, 11 (4): 321-326
- [5] ZIMMERMAN R. BILANIVK L. Pediatric head trauma. *Neuroimaging Clin N Am* 1994, 4 (2)
- [6] REINUS W et coll. Practical selection criteria for noncontrast cranial computed tomography in patients with head trauma. *Ann Emerg Med* 1993, 22 (7): 1148-55
- [7] NICOL J. JOHNSTONE J. Temporal bone fractures in children: a review of 34 cases. *Accident Emerg Med* 1994, 11, 216-222
- [8] SCHUTZMAN S et coll. Epidural hematomas in children. *Ann Emerg Med* 1993, 22 (3): 535-541
- [9] POON WS et coll. Traumatic extradural hematoma of delayed onset is not a rarity. *Neurosurgery* 1992, 30 (5): 681-686
- [10] SNOEY ER et coll. Delayed diagnosis of subdural hematoma following normal computed tomography scan. *Ann Emerg Med* 1994, 23 (5): 1127-31
- [11] ORRISON WW et coll. Blinded comparison of cranial CT and MR in closed head injury evaluation. *Am J Neuroradiol* 1994, 12 (2): 351-6
- [12] Ros SP et coll. Are skull radiographs useful in the evaluation of asymptomatic infants following minor head injury ? *Pediatr Emerg Care* 1992, 8 (6): 328-30
- [13] HELFAER M et coll. Head injury in children. *Curr Opin Pediatr* 1993, 5: 303-309
- [14] VERA M et coll. Computed Tomography Imaging in Children with Head Trauma: Utilization and Appropriateness from a Quality Improvement Perspective. *Infect Cont Hosp Epidemiol* 1993, 14: 491-499
- [15] ROSZLER MH et coll. Resident investigation of emergency computed tomographic scans. *Invest Radiol* 1991, 26 (4): 347-6
- [16] MITTL et coll. Prevalence of MR evidence of diffuse axonal injury in patients with mild head injury and normal head CT findings. *Am J Neuroradiol* 1994, 12 (8): 1583-9
- [17] GENTRY LR et coll. Traumatic brain stem injury. *Radiology* 1989, 171 (1): 177-87
- [18] GENTRY LR, THOMPSON B. GODERSKY JC. Trauma to the corpus callosum. *Am J Neuroradiol* 1988, 9 (6): 1129-38
- [19] BONSIGNOR JP, VILLEVIEILLE T, VINCENTI-ROUQUETTE I, BRIQUIN L, COSNARD G. L'IRM à la phase aiguë du traumatisé crânien grave. *Cah Anesthesiol* 1994, 42 (4): 459-66
- [20] MENDELSON DB et coll. Corpus callosum lesions after closed head injury in children: MRI, clinical features and outcome. *Neuroradiology* 1992, 34 (5): 384-8
- [21] ANDERSON CV, BIGLER ED. Ventricular dilatation, cortical atrophy and neuropsychological outcome following traumatic brain injury. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 1995, 7 (1): 4248

- [22] KURTH SM et coll. Neuropsychological outcome and quantitative image analysis of acute heamorrhage in traumatic brain injury: preliminary findings. *Brain Inj* 1994, 8 (6): 489-500
- [23] BAVETTA S et coll. A prospective study comparing the SPECT with MRI and CT as prognostic indicators following severe closed head injury. *Nucl Med Commun* 1994, 15 (12): 961-8
- [24] ACKERMAN A. Current issues in the care of the head-injured child. *Curr Opin Pediat* 1991, 3: 433-438
- [25] NARWOOD-NASH D. Abuse to the Pediatric Central Nervous System. *Am J Neuroradiol* 1992, 13: 569-573
- [26] MARSHALL LF et coll. The prognosis of head injury requires a classification based on computed axial tomography. *J Neurotrauma* 1992, 9 (suppl 1): S287-92

Stratégies diagnostiques

en imagerie ORL

Pathologie des sinus

INFLAMMATOIRE

La pathologie inflammatoire chronique des cavités naso-sinusiennes est extrêmement fréquente. Son exploration est source de dépenses abusives en imagerie, essentiellement en raison d'une pratique injustifiée et répétée des clichés standards

Clichés standards

Le diagnostic de sinusite aiguë reste clinique. Un simple cliché de Blondeau vérifiera l'efficacité du traitement médical si nécessaire.

En matière de sinusite chronique, les incidences classiques de la radiologie standard (face haute, Blondeau, profil) sont de moins en moins utiles. Elles étudient mal l'ethmoïde et la région osseuse. Elles sont incapables de fournir au chirurgien une précision anatomique suffisante. La sensibilité est médiocre, même pour le diagnostic de sinusite maxillaire avec niveau hydre-aérique, qui n'est que de 50 à 80 % si l'on prend pour référence l'aspiration antrale. La sensibilité diagnostique est encore plus défavorable pour les autres sinus et en particulier pour l'ethmoïde et le sphénoïde. Ainsi, lorsque la prise en charge clinique émane d'un spécialiste ORL, l'étape standard est la plupart du temps court-circuitée et une tomodensitométrie est directement demandée. Par contre, le cliché panoramique dentaire garde tout son intérêt pour rechercher une origine dentaire à une sinusite maxillaire isolée.

Tomodensitométrie (TDM)

Elle s'est imposée comme le meilleur examen, offrant un bilan anatomique précis des atteintes. Cependant, l'incidence élevée des anomalies sinusiennes décelables par la TDM chez des sujets asymptomatiques doit inciter à la prudence.

À ce titre le compte-rendu de l'examen TDM doit être le plus descriptif possible et fournir au clinicien des réponses précises concernant

- La topographie et l'extension des atteintes des cavités sinusiennes, en particulier à l'étage de l'ethmoïde.
- L'atteinte ou le respect de l'unité ostioméatale moyenne et/ou des autres régions méatiques.
- La recherche d'une cause dentaire ou d'une pathologie de confinement osseux c'est-à-dire de malformation(s) anatomique(s) permanente(s), en précisant leur rapport avec l'unité ostioméatale et leur retentissement potentiel sur le drainage mucociliaire des cavités sinusiennes. Un dentascanner est parfois nécessaire en complément de la TDM classique pour affirmer la contiguïté entre une lésion dentaire et le sinus.
- L'existence de variantes anatomiques exposant à un risque accru de complication chirurgicale.

Un diagnostic étiologique peut parfois être porté sur les données de la TDM (pour exemples: opacité du bas-fond du sinus maxillaire associée à un kyste radicaire, épaississement en cadre du sinus maxillaire et opacités des cellules ethmoïdales antérieures associés à une volumineuse concha bullosa obstruant le hiatus semilunaire ..). Cependant, dans la majorité des cas, il faut rester prudent et n'envisager un diagnostic final qu'en étroite collaboration avec le clinicien qui aura préalablement réalisé une endoscopie nasale.

Dans tous les cas, la TDM est un examen indispensable au bilan lésionnel précis des atteintes muqueuses et osseuses des différentes cavités sinusiennes et à la recherche préopératoire de variantes anatomiques à risque chirurgical

L'IRM est inutile. Lorsqu'elle est réalisée pour une autre raison, il est fréquemment retrouvé des anomalies inflammatoires. Un bilan complémentaire TDM ne sera réalisé qu'en fonction du contexte clinique.

PATHOLOGIE TUMORALE

L'exploration des tumeurs naso-sinusiennes repose sur le couple indissociable TDM/IRM. L'intérêt est triple:

- diagnostique
- bilan d'extension de la tumeur
- surveillance après traitement

La place des radiographies standards est nulle. Elles ne montrent que des tumeurs avancées. Elles sont causes de retard diagnostique lorsqu'elles révèlent une opacité ou un comblement d'allure inflammatoire.

Recherche de neurinome

La prescription d'un bilan d'imagerie à la recherche d'un neurinome de l'acoustique doit être précédée d'un bilan clinique spécialisé.

La recherche de neurinome repose actuellement sur l'IRM avec injection de gadolinium. Si l'on dispose sur l'imageur IRM de séquences récentes pondérées en T2 (écho de spin rapide 2D ou 3DFT), l'examen pourra alors mieux préciser les rapports du neurinome avec le fond du méat acoustique interne (déterminant pour le choix de la voie d'abord) et le point de départ du neurinome. Ces séquences ne doivent pas surseoir à l'utilisation de gadolinium car seules les séquences injectées pourront mettre en évidence des lésions non tumorales fibro-inflammatoires d'origine virale ou autre du labyrinthe membraneux.

Les radiographies standards sont inutiles, de même que les tomographies.

Pathologie inflammatoire de l'oreille

Les radiographies standards et les incidences du rocher doivent être abandonnées. Elles n'ont plus aucune indication, de même que les tomographies conventionnelles. La tomodensitométrie (TDM) est l'examen incontournable des pathologies inflammatoires du rocher. Les coupes axiales et les coupes coronales millimétriques sont indispensables dans tous les cas. Les reconstructions par ordinateur permettront de réaliser des coupes dans des plans obliques, par exemple pour étudier la chaîne ossiculaire. L'injection intraveineuse est la plupart du temps inutile.

L'IRM n'a que des indications très limitées: cholestéatome invasif, contrôle post-opératoire (pour différencier récurrence de cholestéatome et modifications inflammatoires simples), suspicion de complication infectieuse intracrânienne. Elle est inutile dans les autres indications.

Pathologie du larynx

L'exploration des cancers du larynx repose presque exclusivement sur la TDM. L'IRM est promise à un grand avenir une fois que certains problèmes techniques seront mieux maîtrisés. Sa place actuelle reste encore réduite.

TECHNIQUES EN TOMODENSITOMÉTRIE

TDM conventionnelle

L'injection intraveineuse de produit de contraste iodée est indispensable pour séparer vaisseaux et adénopathies et pour repérer la muqueuse. Elle doit être répétée en cours d'examen par bolus répétés, au mieux à l'aide d'un injecteur électronique pour obtenir une opacification constante et de qualité optimale. Les coupes seront effectuées préférentiellement en respiration douce mais l'apnée sera requise pour une meilleure analyse des cartilages. Un temps d'acquisition de 2 secondes est une limite à ne pas dépasser. En cas de dyspnée, on optera

pour un temps d'une seconde. Des coupes en manœuvre de Valsalva modifiée sont nécessaires pour dilater les ventricules, les vallécules et la lumière des sinus piriformes lorsqu'une extension devra être précisée à ces niveaux. Si les coupes en phonation visualisent mieux les commissures, ouvrent la glotte, elles sont moins utiles pour l'analyse de la mobilité des cordes vocales car l'examen endoscopique permet en général de bien dissocier dans un défaut de mobilité cordale la part de responsabilité qui revient à l'infiltration de sa portion musculo-ligamentaire et celle qui revient à l'envahissement de sa portion aryténoïdienne. Les fenêtres tissulaires habituelles seront complétées par des fenêtrages osseux pour l'étude des cartilages ossifiés afin de confirmer une ostéocondensation.

TDM spiralée

À la différence des acquisitions séquentielles classiques, les scanners de nouvelle génération, à rotation continue et en mode spiralé, permettent d'acquérir tout un volume en un seul balayage pendant une seule manœuvre de Valsalva ou une phonation, à condition que la coopération du patient soit suffisante. On obtient ainsi des reformations multiplanaires, voire 3D, d'excellente qualité sans « marches d'escalier » à partir de coupes de 3 mm reconstruites tous les 2 mm. Grâce à cette technique, l'examen dure quelques minutes pour le patient (alors qu'inversement le temps « . médecin » s'allonge), la quantité d'iode peut être diminuée de moitié, et des reconstructions axiales obliques peuvent même recalculer les coupes strictement dans le plan de la glotte. Il est évident que des travaux futurs permettront de situer la place exacte de cette nouvelle technique, notamment par rapport à l'IRM.

TECHNIQUE EN IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE

Les avantages de l'IRM par rapport à la TDM en font théoriquement une méthode d'exploration de choix du larynx. Pourtant, dans l'état actuel de son développement, cette technique ne s'est pas encore imposée en routine dans l'exploration des cancers laryngés. Les raisons en sont nombreuses

- La durée des séquences chez des patients souvent peu coopérants (contexte alcool-tabagique) génère des artefacts de mouvements liés aux mouvements respiratoires et aux déglutitions.
- La très grande sensibilité aux mouvements de toutes sortes (en particulier périodiques respiratoires et vasculaires) entraîne une majoration des artefacts sur les machines de champ élevé qui devraient offrir le meilleur rapport signal-bruit et la meilleure résolution anatomique
- L'inadaptation des séquences rapides d'écho de gradient à une région anatomique riche en air crée des artefacts rédhibitoires de susceptibilité magnétique.

En pratique, les échecs se situent à 20-25 % Il est donc pour le moment impératif de sélectionner les patients qui seraient justiciables d'une IRM.

L'examen nécessite une antenne de surface dédiée (cervicale antérieure). Le champ de vue ne permet en général pas d'explorer toutes les chaînes ganglionnaires et l'oropharynx échappe également à l'exploration. C'est pourquoi l'IRM

ne se conçoit actuellement qu'en complément d'une TDM dans certaines situations et à condition de bien maîtriser sa machine pour optimiser les paramètres (compromis entre résolution et bruit pour le FOV (*Field of view*), présaturation pour s'affranchir des artéfacts vasculaires, choix judicieux de l'axe du codage de phase pour éviter de projeter des artéfacts de mouvement sur le larynx). Les plans de choix sont axial et coronal. Les séquences d'écho de spin sont les seules utiles. Pour la pondération T2, les séquences de fast spin echo monoecho constituent un progrès spectaculaire en temps et en terme de qualité d'image. On aura recours à l'injection de gadolinium combinée à une saturation du signal de la graisse pour mieux délimiter le rehaussement par rapport à la graisse. Les coupes seront de 3 à 4 mm d'épaisseur.

STRATÉGIE DIAGNOSTIQUE

Même si elle n'est pas systématique, l'imagerie des cancers laryngés s'appuie aujourd'hui presque complètement sur la TDM. Le mode spiralé va sûrement simplifier les protocoles et donner accès à l'étude frontale du larynx. L'IRM va sans doute bouleverser dans les années à venir la stratégie diagnostique des cancers du larynx en imagerie. Il est même envisageable qu'elle se substitue un jour à la TDM. A condition de bien maîtriser sa technique et de disposer d'une machine performante, dès maintenant, elle présente des indications nombreuses, en complément de la TDM:

- pour apprécier l'état des cartilages, surtout dans les tumeurs glottiques; une étude récente (Becker, Radiology 1995) démontre une meilleure sensibilité de l'IRM par rapport à la TDM (89 % versus 66 %) mais une moins bonne spécificité (84 versus 94 %);
- pour préciser l'importance d'un envahissement commissural dans le plan sagittal;
- pour rechercher une extension infra-glottique mineure dans le plan frontal;
- pour analyser dans le plan frontal l'extension en profondeur d'une tumeur transglottique;
- pour visualiser une extension à la base de langue.

Bilan des adénopathies malignes

La stratégie diagnostique en imagerie dans le bilan des adénopathies cervicales repose presque exclusivement sur la TDM. Elle est indispensable car les faux négatifs de l'examen clinique se situent selon les études entre 10 et 25 %.

La nécessité d'une excellente qualité d'opacification des vaisseaux doit faire utiliser l'injecteur électronique ou l'injection manuelle par bolus répétés.

Le bilan ganglionnaire est toujours complet quelle que soit la localisation initiale et comporte donc des coupes étendues de la base du crâne au moins jusqu'au bord inférieur du chaton cricoïdien et peut se prolonger selon les cas jusqu'à

l'orifice supérieur du thorax pour étudier les chaînes récurrentielles (sinus piriforme par exemple).

Toutes les adénopathies, mêmes les plus anodines en apparence, sont signalées sur le compte-rendu. Sont précisés:

- la taille des lésions (plus petit diamètre axial),
- la présence d'une hypodensité ganglionnaire franche,
- l'irrégularité des contours (témoignant d'une effraction extra-capsulaire),
- les rapports avec l'axe jugulo-carotidien et les muscles,

Le compte-rendu est orienté de la façon suivante pour le clinicien:

- adénopathie sûrement maligne ou
- adénopathie d'allure banale ou

adénopathie suspecte adénopathie isolée entre 10 et 15 mm, ronde; adénopathies de petite taille mais regroupées dans un secteur.

Le rôle de l'IRM est très limité actuellement. Elle permet de mieux repérer les adénopathies rétropharyngées et de mieux les différencier de la masse tumorale que la TDM. L'IRM n'est pas réalisée uniquement pour cet objectif, mais, lors du bilan IRM d'une tumeur du cavum ou de l'oropharynx, cette atteinte ganglionnaire est très précisément recherchée.

L'échographie haute résolution n'est pas utilisée pour la détection des adénopathies. Elle est en effet difficilement protocolable et trop consommatrice en temps lorsqu'elle est exhaustive. Elle n'est pas encore utilisée en routine avec un objectif de caractérisation.

L'écho-Doppler avec mobilisation de la masse ganglionnaire s'inscrit dans le bilan lorsqu'il existe un engainement ou un contact important avec la carotide interne et que l'on veut apprécier l'extirpabilité de la masse. Paradoxalement, cet élément de fixité d'une adénopathie par rapport aux axes vasculaires est difficile à apprécier lorsque la masse est de volume important.

Une autre indication intéressante de l'échographie haute résolution, en complément de l'IRM, est l'exploration des lésions intraparotidiennes multiples (taille située entre 5 et 10 mm) associées ou non à une masse principale. L'échographie permet alors de rattacher ces lésions multiples à une origine ganglionnaire sans signification pathologique.

Tumeurs du cavum

Devant toute suspicion de tumeur du cavum (otite séreuse, paralysie des dernières paires crâniennes, bombement du cavum), un examen d'imagerie s'impose. La TDM doit être l'examen de première intention. Il est la plupart du temps suffisant pour détecter une asymétrie des parois du rhinopharynx ou une atteinte osseuse minime de la base du crâne. La TDM présente en outre l'intérêt d'orienter les biopsies.

L'IRM est indiquée à titre diagnostique, en complément de la TDM, lorsque celle-ci n'emporte pas la conviction (asymétrie discutable des parois). Elle est indiquée plus souvent à titre de bilan d'une tumeur étendue déjà diagnostiquée en TDM. L'injection de gadolinium est indispensable.

Rappelons que les radiographies standards de profil sont inutiles.

Tumeurs de l'oropharynx - de la cavité buccale

Il s'agit de tumeurs très fréquentes en France dans un contexte d'intoxication alcool-tabagique.

Les extensions tumorales vers les régions profondes, souvent muettes cliniquement, nécessitent de recourir à l'imagerie. La TDM était considérée jusqu'à présent comme l'examen de référence. La supériorité de l'IRM du point de vue de l'analyse des parties molles fait que cette technique se substitue de plus en plus à la TDM comme la méthode d'investigation de choix, elle est suffisante dans la majorité des cas. Cependant, la TDM garde encore des indications, plutôt de deuxième intention, quand une extension tumorale se fait au contact du bord interne de la mandibule, car des lyses corticales minimales échapperont à l'IRM. Par contre, les envahissements spongieux de la mandibule seront là encore mieux analysés en IRM qu'en TDM.

Syndrome d'apnée du sommeil

Le syndrome d'apnée du sommeil (SAS) est fréquent. Son incidence est estimée entre 1 et 5 % de la population générale. Le retentissement neuro-psychologique et cardiovasculaire en fait un véritable problème médical, mais également social d'actualité.

Plusieurs techniques d'imagerie ont été mises en œuvre à l'éveil pour analyser les anomalies des VAS (Voies supérieures aériennes) que présentent ces patients. La plus ancienne est la céphalométrie (ou téléradiographie).

Depuis une dizaine d'années, de nombreux travaux ont décrit l'intérêt de la TDM pour dépister et quantifier les anomalies de la lumière pharyngée. Plus récemment, l'IRM a été proposée pour mieux apprécier le pharynx et les anomalies péripharyngées associées, notamment au niveau de la base de la langue et des espaces graisseux péripharyngés.

La place des explorations radiologiques dans les SAS est ainsi de plus en plus grande.

TECHNIQUES UTILISÉES

Téléradiographie

Si elle garde encore des indications, la céphalométrie ne permet qu'une étude en projection et n'autorise aucune approche objective de la surface pharyngée

C'est un examen statique sans vue axiale possible.

Dans le syndrome d'apnée du sommeil, la céphalométrie peut montrer, grâce aux mesures d'angles et de distances:

- une rétrognathie mandibulaire, une rétroposition maxillaire;
- une diminution du diamètre antéro-postérieur de la lumière oropharyngée;
- une position basse et antérieure de l'os hyoïde;
- une longueur accrue du voile membraneux.

Tomodensitométrie

Le bilan radiologique s'appuie actuellement sur la TDM associée à la téléradiographie de profil qui n'est généralement pratiquée que lorsque l'examen stomatologique dépiste ou suspecte une dysmorphie crânio-faciale.

La TDM doit permettre d'analyser le siège, l'étendue en hauteur et l'importance d'une éventuelle sténose de la lumière pharyngée qui prédomine au niveau du voile lors de l'inspiration. La grande compliance des VAS chez les sujets SAS -estimée par la variation importante des valeurs surfaciques de la lumière entre respiration douce et inspiration profonde - peut également être approchée par cet examen, mais de façon moins précise que le *computed tomography* (cine-CT). Les anomalies de la base de langue ou des structures lymphoïdes sont souvent sous-estimées et doivent être attentivement recherchées par des mesures simples car elles sont une cause potentielle d'échec de la chirurgie lorsque celle-ci est réalisée exclusivement à l'étage vélaire.

Des travaux très récents ont souligné la difficulté à déterminer des critères de normalité indiscutables. Il n'existe pas de valeurs absolues normales de surface pour chaque segment des VAS. Elles doivent être déterminées en fonction du mode de respiration (par la bouche et le nez; par la bouche ou le nez isolément) afin d'éviter des erreurs d'interprétation. Elles restent à définir dans chacune de ces situations.

Imagerie par résonance magnétique

L'IRM reste encore d'intérêt limité par rapport à la TDM en raison de la durée des séquences, supérieure à la minute, ne donnant qu'un moyennage des surfaces du pharynx au cours de plusieurs cycles respiratoires. Les séquences classiques ne permettent donc pas de quantifier de façon fiable la sténose pharyngée. Par contre, l'analyse sagittale offre une appréciation idéale des anomalies morphologiques et d'orientation de la langue.

La moindre disponibilité des machines IRM, l'accessibilité réduite pour les patients corpulents à l'intérieur du tunnel, l'absence d'avantage réel en temps par rapport à la TDM conventionnelle et à fortiori ultra-rapide (cine-CT), son coût élevé limitent encore l'utilisation de l'IRM en routine dans le bilan des SAS. Cette attitude sera sans doute modifiée par l'apparition des séquences d'échoplanar.

Stratégies diagnostiques

en neuroradiologie pédiatrique

Isoler, dans le cadre général de la neuroradiologie, ce qui concerne particulièrement la pédiatrie, c'est prendre en compte non pas tant une « philosophie » de la démarche diagnostique qui serait particulière, mais plutôt des conditions d'application spécifiques à cet âge pour les raisons suivantes:

- anatomie évolutive et pathologie différentes de celles de l'adulte;
- difficultés pratiques de réalisation des examens fragilité (nouveau-nés en couveuse), absence de coopération;
- vulnérabilité de l'enfant (et du fœtus) aux radiations ionisantes.

D'une manière générale, en neuroradiologie, l'IRM peut ou tend à se substituer au scanner dans la très grande majorité des cas; chas l'enfant, cela est vrai aussi, mais avec des nécessités pratiques un peu particulières.

Spécificités de la neuroradiologie pédiatrique

Le champ d'action de la neuroradiologie pédiatrique commence dès que la naissance est possible, c'est-à-dire près de la 23^e-25^e semaine de gestation pour les plus grands prématurés, et se termine arbitrairement, en France, à 15 ans et 3 mois, ce qui correspond pratiquement à un adulte encore préservé de toute pathologie du vieillissement.

ANATOMIE RADIOLOGIQUE

Cette anatomie est donc évolutive et changeante. Un grand prématuré possède encore un cerveau fœtal lissencéphale; si la constitution neuronale du cortex est achevée, ni le neuropile, ni le tissu glial, ni la vascularisation ne sont encore en place.

Même chez le nouveau-né à terme, la maturation (myélinisation) cérébrale n'est qu'ébauchée et va se poursuivre avec le développement du neuropile et de la synaptogenèse pendant toute la première enfance. Cette maturation cérébrale

s'apprécie mal par le scanner ou les ultrasons, mais remarquablement bien par l'IRM, qui représente donc dans ce cas une indication spécifique et incontournable. D'un autre côté, au cours des premiers mois de la vie, l'anatomie crânienne offre une opportunité unique, qui est la présence de « fenêtres acoustiques » (fontanelles, sutures, écailles temporales immatures) qui permettent l'utilisation des ultrasons.

PATHOLOGIES DE L'ENFANT

Elles sont aussi différentes: fréquence particulière de l'hydrocéphalie, des tumeurs, de l'épilepsie, des malformations, exigeant une évaluation anatomique précise. Spécificité bien sûr de la pathologie néonatale, anoxo-ischémique. Altérations du développement et de la maturation normale, par des processus innés ou acquis (lésions destructives, atrophies, maladies métaboliques).

CONDITIONS D'EXAMEN

Ces conditions sont souvent difficiles. L'enfant petit ne coopère pas, pas plus que l'enfant plus grand mais encéphalopathe. Il est donc indispensable d'utiliser des moyens de sédation pharmacologique. Il en existe diverses variétés plus ou moins efficaces, donc plus ou moins dangereuses. Très schématiquement, on peut distinguer:

- Les sédations « simples » qui peuvent être administrées sous la responsabilité d'un neuroradiologue.
- Les sudations qui ne peuvent être administrées que sous la responsabilité d'un anesthésiste.

Quel que soit le type de sudation utilisé, il est indispensable de disposer d'un environnement adapté: moyens de monitoring pendant l'examen (ECG lisible, oxymètre, capnographe), moyens de surveillance jusqu'au réveil complet après l'examen (salle de réveil surveillée, aspiration, gaz). Etant donné que dans certains cas, une anesthésie vraie est de toute façon indispensable (sudation « simple » efficace, enfant grand, malade de réanimation), il faut en outre disposer de matériels d'anesthésie compatibles avec l'environnement, c'est-à-dire compatibles avec l'IRM (respirateur enfant-adulte, gaz anesthésiques, circuits adaptés, défibrillateurs)

À côté de cet impératif d'équipement, la fragilité des tout-petits, en particulier des prématurés, conditionne non seulement les conditions d'examen (sédation), mais aussi les indications elles-mêmes: un examen échographique en couveuse présente moins de risques pour le nouveau-né à risque qu'une exploration en salle de scanner ou d'IRM.

VULNÉRABILITÉ AUX RAYONS X

Dans cette tranche d'âge, la vulnérabilité aux rayons X oriente nécessairement l'approche diagnostique, et s'exerce forcément aux dépens des indications de scanner cela concerne tous les enfants, mais d'autant plus qu'ils sont plus jeunes. Cela concerne évidemment au premier chef le fœtus in utéro.

On peut en rapprocher l'éventuelle vulnérabilité aux produits de contraste: la barrière hémato-encéphalique est encore incomplète chez le fœtus et le prématuré, et l'usage des produits de contraste doit être envisagé avec circonspection chez le nouveau-né, même si aucun effet néfaste n'a de fait jamais été décrit concrètement. De même, sauf nécessité vitale pour la mère, il est de règle de ne pas utiliser de produit de contraste (X ou IRM) chez la femme enceinte.

Moyens d'imagerie

ÉCHOGRAPHIE

Il s'agit en neuroradiologie d'une méthode spécifique au tout-petit et, chez lui, très productive: étude morphologique et vasculaire d'excellente qualité, possibilités d'évaluation tissulaire qui se développent et s'affinent. Malgré quelques réticences, l'échographie est toujours considérée comme inoffensive, même si l'on recommande, chez le fœtus, une certaine modération. L'échographie est pratiquée à réaliser dans n'importe quelle situation clinique, disponible, et relativement bon marché; elle s'utilise pour l'encéphale, pour la moelle chez le nouveau-né, et pour le fœtus (sonde vaginale). Néanmoins, elle a quelques défauts: spécificité limitée, dépendance de l'opérateur. Pour être réellement utilisable au mieux, elle exige des équipements « haut de gamme » qui seuls permettent une utilisation optimale, c'est-à-dire une utilisation qui dépasse le niveau du débrouillage pour réellement arriver à l'évaluation parenchymateuse.

IRM

L'IRM est évidemment la méthode de choix: par rapport au scanner et à l'échographie, elle offre la meilleure anatomie, la meilleure sensibilité, la plus grande versatilité (multiplicité des paramètres utilisables), une spécificité maintenant remarquable, la possibilité unique de réaliser des études fonctionnelles (flux sanguins, flux de liquide céphalo-rachidien et surtout activation corticale).

La plupart des inconvénients majeurs de ses débuts se sont considérablement atténués: durée d'examen, contraintes d'installation (poids, champ magnétique), contraintes d'utilisation (radio-fréquences, champ magnétique). D'autres contraintes persistent mais devraient être améliorées progressivement: contrainte d'immobilité encore relativement prolongée (mais séquences de plus en plus rapides), difficulté d'accès au patient (mais appareils « ouverts »). En fait, dans le contexte neuropédiatrique, l'inconvénient majeur de l'IRM (elle le partage avec le scanner) est que le patient doit venir à elle, ce qui est souvent impossible en néonatalogie.

SCANNER

Il ne s'agit plus désormais de la même machine que celle des années 1980. Le scanner en neuroradiologie pédiatrique n'est plus destiné à explorer l'encéphale ni la moelle; mais, grâce au mouvement hélicoïdal, à l'acquisition volumique et

à la rotation très rapide, il a acquis de nouvelles « compétences » qui lui conservent son indispensabilité pour l'étude volumique du squelette crânien et du rachis, et plus accessoirement peut-être, chez l'enfant, des vaisseaux cérébraux. Compte tenu de la fréquence des malformations cranio-faciales et spinomédullaires, ce rôle du scanner est essentiel. Par ailleurs, même si l'étude du parenchyme nerveux est moins bonne que par l'IRM, elle reste néanmoins tout à fait satisfaisante pour certaines pathologies (comme la néonatalogie, la traumatologie, la surveillance post-thérapeutique des tumeurs ou de l'hydrocéphalie, l'évaluation des infections septiques de l'encéphale par exemple), et la facilité d'accès au patient dans le scanner peut le faire préférer à l'IRM, surtout lorsque l'exploration neuroradiologique s'intègre dans un bilan global (en traumatologie par exemple). En revanche, les scanners actuels sont plus irradiants que les scanners de la génération précédente, et cela doit impérativement être pris en compte.

ANGIOGRAPHIE

L'angiographie a perdu la plupart de ses indications diagnostiques, même pour l'évaluation des malformations artério-veineuses. Elle n'est indispensable que pour la radiologie interventionnelle, c'est-à-dire dans un environnement nécessairement hyperspécialisé. Il est vraisemblable que l'on peut répondre de façon très satisfaisante à tous les problèmes de neuroradiologie pédiatrique diagnostique même si l'on ne dispose pas d'un équipement d'angiographie.

MYÉLOGRAPHIE

La myélographie paradoxalement reste nécessaire même si cela n'est que de façon occasionnelle lorsqu'il y a une contre-indication à l'IRM spino-médullaire (matériel de fixation métallique sur le rachis). Cela reste peu important et elle ne nécessite pas d'équipement spécifique.

RADIOGRAPHIE STANDARD (CRÂNE ET RACHIS)

Elle est encore beaucoup trop utilisée, mais elle reste nécessaire dans un certain nombre d'indications. La tomographie, quelle qu'en soit la modalité (linéaire, multidirectionnelle, monographique...) doit en revanche être proscrite car peu informative, utilement remplacée par les méthodes modernes (scanner, IRM), chère et irradiante.

TECHNIQUES FONCTIONNELLES (PET, SPECT)

Elles sont aujourd'hui d'utilisation marginale. Leur valeur dans l'étude fonctionnelle cérébrale est pourtant importante il paraît licite de penser que l'IRM fonctionnelle peut, à partir d'un équipement de diagnostic clinique de bonne qualité (aujourd'hui 1.5 Tesla, bobines de gradients adaptées) répondre aux besoins (épilepsie, tumeurs ou malformations corticales). De même, la spectroscopie RMN pourra probablement s'intégrer utilement dans le geste diagnostique, au moins sur les équipements adaptés.

CONCLUSION

La technologie évolue très vite, et les usages possibles des méthodes d'imagerie se modifient en fonction des besoins cliniques. Alors qu'il apparaissait que l'IRM devait à terme remplacer le scanner dans ses indications neurologiques, celui-ci a pu développer de nouvelles spécificités (rapidité d'acquisition, acquisition volumique avec post-traitement) qui le rendent désormais indispensable pour l'étude morphologique du squelette. De la même façon, l'échographie transfontanellaire ou fœtale par voie vaginale affine ses images et développe ses potentialités fonctionnelles, tandis que l'IRM reste inégalée dans l'analyse tissulaire. Chaque méthode ainsi a ses limitations:

- Pour l'IRM, la sudation nécessaire surtout, la difficulté d'accès au patient, l'incapacité actuelle à fournir des images osseuses volumiques.
- Pour le scanner, une moins bonne analyse tissulaire, et une irradiation X non négligeable.
- Pour l'échographie, son usage restreint aux premiers mois de la vie.
- Pour les examens de contraste, leur inconfort et leurs risques.
- Et, pour les examens standards, leur très faible « rendement » diagnostique, en dehors de la traumatologie rachidienne.

Indications par pathologie

Les tableaux 1, 2 et 3 apprécient les différentes techniques d'imagerie utilisées en neurologie pédiatrique.

Tableau 1

	Echo	IRM	Scanner	Angio	Myélo	Fonct.	Standard
Anatomie normale (parenchyme)	+++	+++	++		+		0
Souffrances péri-natales	+++	+++	++				0
Infections		+++	++				0
Tumeurs		+++	++	+	++	+++	+
Pathologies vasculaires		+++	++	+++		+++	0
Compressions médullaires		+++	++		++		+
Désordres endocriniens centraux		+++	+				+

a: inutile; +: insuffisant; ++: valable; +++: excellent.

Tableau 2

	Echo	IRM	Scanner	Angio	Myélo	Fonct.	Standard
Malformations SNC	++	+++	++			?	0
Phacomatoses	0	+++	+	+++		?	+
Hydrocéphalie	++	+++	++				+
Maladies métaboliques	+	+++	+				+
Epilepsie	0	+++	+			+++	0
Retards psychomoteurs	0	+++	+				0
Interventionnel		+++	+	+++		+++	

0 : inutile ; + : insuffisant ; ++ : valable ; +++ : excellent.

Tableau 3

	Echo	IRM	Scanner	Angio	Myélo	Fonct.	Standard
Anatomie osseuse normale		+	+++				++
Trauma crano-cérébraux		+++	+++				+
Trauma crano-faciaux		+	+++				+
Trauma rachidiens		+++	+++		++		++
Malformations (osseuses) scolioses		+	+++		+		++
Surdités congénitales		?	+++				0

0 : inutile ; + : insuffisant ; ++ : valable ; +++ : excellent.

Bien entendu, la base du diagnostic étant la reconnaissance de l'anatomie normale, celle-ci est apportée, au mieux, par chacune des techniques dans ce qui est son application spécifique: l'IRM pour le cerveau et la moelle, le scanner pour les éléments du squelette.

PATHOLOGIES PÉRINATALES

À cause de ses qualités propres d'imagerie et de sa commodité d'emploi, l'échographie est évidemment et très largement la meilleure méthode d'évaluation diagnostique au cours des premiers mois de la vie. Elle est cependant moins spécifique et moins finement anatomique que l'IRM qui serait la méthode idéale s'il ne fallait y transporter l'enfant. Par conséquent, l'échographie est la méthode diagnostique de choix dans pratiquement tous les cas au stade aigu, occasionnellement complétée par le scanner. Pour le bilan lésionnel secondaire en revanche, l'IRM est préférable.

L'utilité relative de l'échographie par ailleurs diminue progressivement au fil des mois, tout comme les inconvénients de l'IRM, si bien que l'on évolue rapidement vers les conditions d'indications générales à l'enfant.

PATHOLOGIES INFECTIEUSES, PATHOLOGIE ISCHÉMIQUE

Le scanner est suffisant au bilan et donc habituellement utilisé pour des raisons de commodité, mais l'IRM est la méthode de choix, et rien ne s'opposerait (si ce n'est la rareté des équipements) à son usage exclusif.

PATHOLOGIES TUMORALES

L'IRM est indispensable à un diagnostic initial complet et au bilan pré-chirurgical; le scanner est donc, en règle, inutile, même s'il est souvent pratiqué en première intention en l'absence d'accès facile à une installation d'IRM. L'IRM est parfaitement adaptée aussi au suivi encéphalique et surtout médullaire pendant toute la durée du traitement.

PATHOLOGIES MÉDULLAIRES

L'IRM est la seule méthode qui permette l'examen à la fois de la moelle elle-même et de ses enveloppes (y compris le rachis); elle est donc irremplaçable. Cela implique que l'orthopédie suive et que seuls des matériels d'ostéosynthèse compatibles avec l'IRM soient utilisés. A défaut, la myélographie gardera inéluctablement des indications.

PATHOLOGIE ENDOCRINIENNE CENTRALE

Rôle exclusif de l'IRM, le scanner étant soit non diagnostique, soit insuffisant.

MALFORMATIONS DU SYSTÈME NERVEUX CENTRAL, PHACOMATOSES, MAV (MALFORMATION ARTÉRIO-VEINEUSE)

L'IRM apporte le meilleur bilan anatomique, et la meilleure analyse des anomalies tissulaires, tumorales ou non. L'angiographie néanmoins peut être utile dans le bilan diagnostique ou surtout chirurgical des phacomatoses vasculaires; spécifiquement, l'IRM est très efficace dans le bilan des malformations artério-veineuses, mais le caractère habituellement urgent de la présentation (hémorragie dans 80 % des cas à cet âge), et l'indisponibilité habituelle d'un équipement d'IRM fait que le scanner est pratiqué en première intention, complété secondairement par l'IRM indispensable, et par l'angiographie lorsqu'elle est utile

MALADIES MÉTABOLIQUES

La détection de ces maladies appartient, en imagerie, exclusivement à l'IRM, les autres méthodes étant dépourvues de la sensibilité nécessaire à un bilan précis.

HYDROCÉPHALIE

L'hydrocéphalie pose un problème particulier selon le contexte clinique: complication à prévenir d'une pathologie, analyse morphologique, mécanisme, surveillance. Chez le nouveau-né ou le nourrisson, l'échographie est déjà très efficace et lorsqu'on craint l'apparition d'une hydrocéphalie (à la suite d'une hémorragie, d'une infection par exemple), la répétition nécessaire, à intervalles rapprochés, des examens (l'hydrocéphalie peut précéder de plusieurs semaines la macrocéphalie) exclut le scanner ou l'IRM. Chez l'enfant plus grand, seule l'IRM permet une analyse morphologique assez précise d'une hydrocéphalie chronique, ainsi

qu'une étude fonctionnelle En revanche, dans le suivi après dérivation, le scanner est habituellement considéré comme suffisant (dans les conditions actuelles d'équipement), mais l'IRM redevient nécessaire en cas de complication évolutive

ÉPILEPSIE

L'épilepsie doit appartenir désormais de façon exclusive à l'IRM, seule méthode morphologique qui puisse aider à en comprendre le pourquoi Le scanner est très largement insuffisant car peu précis sur le plan anatomique et peu sensible sur le plan de l'analyse tissulaire En outre, les développements prévisibles de l'IRM fonctionnelle devraient permettre, aussi bien que la SPECT ou la PET, aujourd'hui dans les centres spécialisés, d'aider à identifier le foyer épileptogène

RETARDS PSYCHOMOTEURS

Les retards psychomoteurs ont des causes variées: la seule méthode qui puisse identifier aussi bien une malformation corticale qu'une atrophie ou un arrêt de myélinisation est l'IRM, qui doit donc être utilisée exclusivement, le scanner n'apportant là encore rien de plus, mais moins qu'elle.

TRAUMATOLOGIE

Le choix d'une méthode d'examen idéale, unique, est concrètement plus difficile en raison du fait que le patient associe, ou peut associer, des lésions de types différents. Considérés isolément, l'examen de l'encéphale et celui de la moelle, sont idéalement du ressort de l'IRM, tandis que ceux de la face et de la base du crâne, ou celui du rachis, ou surtout celui du thorax, de l'abdomen ou de la ceinture pelvienne, reposent avant tout sur le scanner. Tout est donc affaire de cas particulier. En cas de polytraumatisme, le bilan global est parfaitement utilisé de façon satisfaisante même sur le plan neurologique encéphalique, par le scanner. Celui-ci permet d'identifier toute lésion neurochirurgicale au niveau de l'encéphale, et de détecter gonflement et œdème cérébraux. Il est évident que la plus grande sensibilité de l'IRM permet de mieux montrer les lésions parenchymateuses, mais il n'est pas établi que cela soit nécessaire à la prise en charge médicale. Au niveau médullaire en revanche, l'IRM est irremplaçable en première intention aussitôt qu'un traumatisme médullaire est soupçonné, quitte à compléter l'exploration secondairement, sur le plan osseux par le scanner.

Après la phase aiguë, la surveillance par le scanner des lésions encéphaliques reste très efficace, mais au moins un bilan par IRM des lésions cérébrales paraît indispensable pour une meilleure évaluation des dégâts nerveux, des nécessités de la prise en charge ultérieure, et des éventuelles séquelles

SCOLIOSES ET MALFORMATIONS

Pour les scolioses et les malformations rachidiennes isolées, le problème peut être dissocié en trois aspects différents. S'il ne s'agit que de l'évaluation du trouble statique, la clinique complétée d'un examen standard du rachis peut suffire; on peut cependant penser que le scanner avec reconstruction volumique s'imposera là. S'il s'agit de l'analyse précise d'une malformation rachidienne (anomalie complexe de la charnière cranio-vertébrale, par exemple), le scanner est irremplaçable,

surtout avec la reconstruction volumique. Si l'évaluation concerne aussi l'axe nerveux, l'IRM devient indispensable, associée ou non au scanner.

SURDITÉS CONGÉNITAELS

Les surdités congénitales et, d'une manière générale, les anomalies de l'oreille, restent du domaine du scanner, éventuellement complété pour des points particuliers par l'IRM.

Conclusion

Dans l'état actuel, en neuroradiologie pédiatrique:

- L'échographie est indispensable, en raison de son efficacité et de sa disponibilité.
- L'IRM est indispensable aussi, à cause de sa spécificité, de sa sensibilité, et des possibilités d'imagerie fonctionnelle.
- Le scanner reste indispensable, car il a développé des capacités d'imagerie qui viennent compléter les possibilités qui sont devenues celles de l'IRM.

Si ces outils diagnostiques sont tous trois indispensables, cela ne signifie cependant pas qu'il soit utile de les associer, mais seulement que pour être toujours efficace, la neuroradiologie pédiatrique doit pouvoir avoir accès, selon les besoins à l'un ou à l'autre. L'expérience actuelle montre que la redondance résulte de plusieurs facteurs:

- Indisponibilité de l'IRM par rareté de l'équipement qui amène à utiliser le scanner comme instrument de tri, de débrouillage.
- « Adhérence » aux séméiologies passées (recherche d'une disjonction des sutures sur un crâne standard, de calcifications sur un scanner).

Pour réduire au maximum les coûts tout en bénéficiant des possibilités diagnostiques les plus modernes, il faut systématiquement utiliser en première intention la méthode la plus efficace. Cela signifie:

- Un accès « normal » aux équipements diagnostiques modernes.
- Un rejet des arbres décisionnels diagnostiques à étapes intermédiaires multiples.
- Pour le neuroradiologue, la maîtrise du diagnostic, donc la maîtrise du choix du meilleur moyen pour y parvenir, donc un niveau de compétence spécialisée suffisant.

En fait, il ne doit pas y avoir d'hôpital neuropédiatrique sans accès possible, à côté des « indispensables » (l'IRM, le scanner, l'échographie et la neuro-anesthésie), à des équipements dont la nécessité n'est qu'occasionnelle, comme une table standard (donc aussi myélographique) ou l'angiographie. L'accès à ces différentes modalités doit être quantifié en fonction des indications reconnues: l'IRM avant tout, l'échographie chez le tout-petit, le scanner mais beaucoup moins que l'IRM. Cela est évidemment d'autant plus facile à réaliser en principe qu'aucune de ces machines n'est dédiée, et que les besoins des autres spécialités d'organe sont souvent complémentaires de ceux de la neuroradiologie.

Imagerie et stratégie diagnostique de l'ostéoporose vertébrale

État actuel du problème

Le vieillissement du squelette est à l'origine des très nombreuses fractures dont le coût social est de l'ordre de 6 à 8 milliards de francs par an: le poignet (Pouteau-Colles), 55 000 cas, le tassement vertébral, 60 000 cas, la hanche 50 000 cas.

Le tassement vertébral s'accompagne dans 84 % des cas de signes cliniques: douleur variable, parfois aiguë entraînant des explorations diagnostiques multiples. Typiquement, la fracture ostéoporotique vertébrale survient après 65 ans, mais avant l'âge habituel de la fracture de hanche (75 ans et plus).

Le tassement vertébral ostéoporotique s'accompagne rarement de lésions neurologiques du type compression médullaire (moins de 2 % des cas). Il constitue souvent un signe d'alarme, qui doit faire rechercher une ostéoporose, particulièrement chez la femme âgée. Dans certains cas, où existent des antécédents de cancer, le problème étiologique est plus difficile, et doit avoir recours à des explorations biologiques et radiologiques complémentaires.

Les clichés standards, presque toujours réalisés en première intention ne permettent que le diagnostic morphologique. Des signes différentiels entre ostéoporose et métastases ont été décrits, mais sont peu fiables [1].

Il est aujourd'hui admis que, seules, les méthodes de mesure de la densité et de la morphologie osseuse ont une signification biomécanique, et une valeur diagnostique et pronostique.

Physiopathologie de l'ostéoporose

L'ostéoporose est la maladie osseuse métabolique la plus répandue dans le monde, et une des principales pathologies liées au vieillissement dans les deux sexes, et à la carence œstrogénique post-ménopausique chez la femme. Une étude

prospective [2] a été réalisée en France et dans cinq pays européens autres sous l'égide de l'OMS. Elle a confirmé la croissance exponentielle de l'incidence des fractures des vertèbres et du col fémoral avec l'âge, plus marquée chez la femme. La physiopathologie de l'ostéoporose, en dehors du vieillissement, est d'abord liée à la carence œstrogénique [3]. Bien que son action ne soit pas complètement comprise, on sait que des récepteurs des œstrogènes existent dans toutes les cellules osseuses, ostéoblastes et ostéoclastes. Les médiateurs sont des cytokines et des facteurs de croissance qui peuvent être modifiés par les trois autres causes d'ostéoporose: l'âge, la configuration génétique et le mode de vie. Une femme âgée, ménopausée, sédentaire, et dont la mère est ostéoporotique a plus de 60 % de risque d'être atteinte d'ostéoporose. Les études anatomiques ont montré que le tissu osseux spongieux était le premier atteint: particulièrement dans les vertèbres les travées osseuses s'amincissent, puis disparaissent en partie, modifiant la connectivité et augmentant la fragilité osseuse [4]. La corticale est atteinte plus tardivement, mais son amincissement joue aussi un rôle dans le tassement vertébral et la fracture du fémur.

Méthodes de mesure in vivo **RADIOGRAPHIE CLASSIQUE**

Elle ne peut mesurer la masse osseuse. Le rayonnement diffusé, le faisceau X inhomogène et la non-linéarité de la courbe de réponse du film sont les causes majeures d'erreurs qui dépassent 30 %. Les numérisations secondaires de films radiographiques ont été proposées, associées à la mise en place d'échelles de référence en aluminium, au voisinage des vertèbres. Ces systèmes (*Stone Age* et *Oesyrix*) ne peuvent éliminer les causes d'erreur citées, et sont également à écarter, au moins dans leur forme actuelle (Évaluation DGS/PG/SQ1/N°174-93).

SCANNER X, OU TOMODENSITOMÉTRIE

Il a l'avantage d'être un vrai instrument de mesure, d'avoir une réponse linéaire (détecteurs) et de mesurer une vraie densité (en g/cm³ d'os). Une calibration peut être introduite (tubes remplis de concentrations croissantes d'équivalent-os). Enfin, les scanners modernes donnent des images de haute résolution qui permettent d'évaluer la connectivité, la longueur des travées, leur largeur...

Cette méthode a, cependant, de sérieuses limitations: prix, irradiation (4 à 5 cGy), quantité variable de graisse dans les vertèbres, qui tend à diminuer la densité mesurée.

ABSORPTIOMÉTRIE BIPHOTONIQUE OU DEXA

Cette méthode est la plus utilisée, et la mieux validée (Rapport GRIO 1994). Son principe repose sur l'atténuation d'un faisceau de rayons X collimaté (pas

de diffusion) et filtré (2 pics énergétiques étroits). L'atténuation par l'os est mesurée pour chaque pic de rayons X par des détecteurs à réponse linéaire

Le calcul des atténuations permet d'évaluer

- la masse osseuse, séparée de celle des tissus mous;
- la surface de projection de la vertèbre;
- la masse surfacique (g/cm²).

Cette méthode est très peu irradiante (0,03 mGy), automatisée, et rapide. Sa reproductibilité est de l'ordre de 2 %. Des courbes de référence pour les populations européennes existent.

L'absorptiométrie X à double faisceau (*Dual Energy X ray Absorptiometry: DEXA*) est largement répandue aux États-Unis et en Grande-Bretagne. Elle progresse en France (plus de 500 appareils) mais n'est pas remboursée.

MESURES ULTRASONORES

Plus récentes, elles emploient des faisceaux d'ultrasons à bande large, dont on évalue l'atténuation (*Brondband Ultrasound Attenuation, ou BUA*) et la vitesse (*Speed of Sound, ou SOS*). Leurs résultats s'améliorent et sont devenus crédibles mais on ne sait mesurer aujourd'hui que les os périphériques et le calcanéum.

Problèmes réglementaires

Les seules méthodes remboursées par la sécurité sociale sont les pires, c'est-à-dire la radiographie suivie de numérisation (Z 38,20 + Z6, le Z étant à 10,95 F actuellement).

Ni la DEXA, ni les ultrasons ne sont actuellement remboursés.

Le rapport de l'ANDEM [5] estimait que « des améliorations techniques étaient nécessaires, concernant la standardisation des appareils de DEXA, les mesures au niveau fémoral, au niveau lombaire en incidence latérale et sur le corps entier et les courbes de normalité ».

Tous ces problèmes sont aujourd'hui résolus, sauf l'incidence latérale qui donne des résultats peu cohérents en raison d'inévitables superpositions anatomiques (côtes et crête iliaque), et doit être limitée à la mesure de la vertèbre L3.

Le rapport recommandait par ailleurs d'établir d'une manière prospective les relations entre un abaissement donné de la densité osseuse et une valeur exacte du risque fracturaire ultérieur. De multiples études statistiques [6-9] ont prouvé la valeur prédictive de l'absorptiométrie aux États-Unis comme en Europe

Il ne semble exister, aujourd'hui, plus aucune raison de refuser un test dont l'intérêt est souligné par la possibilité de prévenir et de traiter une maladie invalidante et coûteuse.

Enfin, l'OMS définit actuellement l'ostéoporose comme une perte anormale évaluée par absorptiométrie.

Indications dans l'ostéoporose

Par ses conséquences économiques et sociales, l'ostéoporose est aujourd'hui un problème majeur de santé publique. L'espérance de vie s'allonge, particulièrement pour le sexe féminin. La prévention de l'ostéoporose passe nécessairement par un bilan osseux au moment de la ménopause. On peut proposer le schéma suivant

	Période d'examen	Examen	Orientation
1°	Ménopause (M)	DEXA	Dépistage
2°	M + 3 traitée ou non	DEXA	Surveillance
3°	M + 6	DEXA	Surveillance
X°	M + X	DEXA	Surveillance

Au-delà de 80 ans, beaucoup de spécialistes conseillent le maintien d'une thérapeutique, car la perte osseuse se poursuit, en associant DEXA vertébrale et fémorale

Les cas où l'interprétation de la DEXA est ambiguë ou délicate posent des problèmes particuliers:

- Une arthrose interapophysaire postérieure peut augmenter la densité vertébrale apparente. En ce cas, le scanner X, qui ne mesurera que le corps vertébral retrouve une indication majeure.
- En cas de traitement par le fluor à dose élevée, des radiographies du rachis, et parfois du squelette, demeurent utiles, pour rechercher des fissures osseuses, voire des fractures.
- L'IRM est parfois utile en cas de tassement vertébral isolé chez un sujet ayant des antécédents de cancer ou d'hémopathie.

Autres indications des mesures vertébrales

HYPERCORTICISMES

L'effet délétère sur le squelette d'un excès de glucocorticoïdes, qu'il soit d'origine endogène ou iatrogène, est connu depuis plus d'un demi-siècle. L'ostéoporose induite par la cortisone ou par les corticoïdes prédomine classiquement sur le secteur trabéculaire du squelette et est responsable de tassements vertébraux et de fractures de côtes. Elle se rencontre chez les sujets présentant un syndrome de Cushing et plus fréquemment chez les patients amenés à recevoir une corticothérapie au long cours pour des pathologies inflammatoires, rhumatismales, respiratoires, neurologiques ou dermatologiques. Le retentissement osseux de cette corticothérapie orale semble dépendre de plusieurs paramètres. Il n'a pas été démontré, en particulier, de relation constante entre la dose et la durée du traitement d'une part, et l'importance de la perte osseuse d'autre part.

La cinétique de cette perte osseuse reste sujet à discussion, mais des données récentes suggèrent qu'elle serait rapide dans les premiers mois de la corticothérapie. Il est probable que l'âge des patients, leur état hormonal, et la maladie causale soient également des facteurs modifiant la susceptibilité individuelle de l'os aux corticoïdes. Compte tenu de cette variabilité individuelle, « une mesure de densité osseuse apparaît recommandée » chez les patients amenés à recevoir des corticoïdes par voie orale pour une durée égale ou supérieure à 6 mois. Cette mesure comportera une étude de la densité osseuse vertébrale mais aussi fémorale puisque plusieurs auteurs ont rapporté la possibilité d'une perte osseuse à ce niveau.

Le résultat de l'examen densitométrique permettra ainsi d'envisager chez les patients fragilisés une thérapeutique à visée préventive ou curative et lorsque c'est possible une adaptation du traitement cortisonique.

HYPERPARATHYROIDIE

L'hyperparathyroïdie primitive est la plus fréquente des endocrinopathies après les maladies thyroïdiennes. Depuis la généralisation des bilans biologiques automatisés incluant un dosage de la calcémie, son aspect le plus habituel est celui d'une hypercalcémie de découverte fortuite sans retentissement clinique, rénal, osseux ou cardiovasculaire. Cette hyperparathyroïdie « Symptomatique » ne semble pas associée à un excès de mortalité et de morbidité à long terme et ne nécessite pas obligatoirement une cure chirurgicale notamment chez le sujet âgé. L'augmentation de l'activité parathyroïdienne est par contre susceptible d'accélérer la vitesse de renouvellement osseux et le taux de perte osseuse. L'évaluation de cette perte osseuse par « un examen densitométrique osseux » constitue aujourd'hui un des éléments décisionnels dans la stratégie thérapeutique et dans la surveillance des hyperparathyroïdies asymptomatiques. Les conclusions de la récente conférence de consensus du NIH (Bethesda, Maryland, USA, 1990) permettent de considérer qu'une baisse de deux écarts-types de la densité osseuse par rapport aux normes pour l'âge est l'indication d'une cure chirurgicale, même en l'absence d'autres symptômes. Une récupération de la masse osseuse après traitement apparaît possible mais non formellement démontrée.

La mesure densitométrique portera sur un os à prédominance corticale comme le radins qui apparaît généralement le plus fragilisé. La perte osseuse peut affecter l'os trabéculaire à un moindre degré, notamment les vertèbres, alors que l'architecture osseuse semble par contre préservée.

Dans l'hyperparathyroïdie symptomatique, relevant d'emblée d'une cure chirurgicale, l'évaluation de la masse osseuse n'est pas indispensable. Son seul intérêt serait d'apprécier l'évolution de la masse osseuse après guérison de la maladie.

ÉTATS D'HYPOGONADISME AUTRES QUE LA MÉNOPAUSE

En dehors de la ménopause et des dysgénésies gonadiques (syndromes de Turner, de Klinefelter...), plusieurs circonstances peuvent entraîner, plus fréquemment chez la femme que chez l'homme, un hypogonadisme. Une perte osseuse significative, avec les conséquences qui en découlent sur le risque

fracturaire, peut être observée au cours de ces hypogonadismes transitoires, et sa réversibilité n'est pas certaine. C'est le cas de « l'anorexie mentale », surtout lorsqu'elle débute dans l'adolescence, de « l'activité physique intense » accompagnée d'une aménorrhée et des « traitements par les analogues de la gonadotrophine releasing hormone ». Il en est de même des « adénomes hypophysaires » (prolactine, hormone de croissance) qui entraînent un retentissement sur la fonction gonadotrope.

La mesure de la masse osseuse offre l'avantage d'affirmer, de quantifier l'atteinte osseuse et de discuter l'indication d'un traitement préventif

HYPERTHYROIDIES ET TRAITEMENT PAR HORMONES THYROIDIENNES

L'excès d'hormones thyroïdiennes conduit à une perte osseuse qui va toucher préférentiellement le secteur cortical du squelette. La véritable « ostéose » thyroïdienne est cependant devenue très rare de nos jours du fait d'un diagnostic habituellement précoce des états d'hyperthyroïdie et de l'efficacité des traitements. Les hormones thyroïdiennes font partie des traitements hormonaux les plus prescrits, notamment chez la femme après la ménopause. Des travaux récents ont permis de mieux évaluer le retentissement osseux de ces traitements au long cours. Les données dont nous disposons soulignent la possibilité d'une perte osseuse, notamment au niveau de l'os cortical, en cas de « traitements suppressifs de la fonction thyroïdienne » (pour cancers thyroïdiens différenciés, dystrophies nodulaires), même en l'absence de signes cliniques d'hyperthyroïdie. La réalisation d'un examen densitométrique osseux chez les femmes amenées à recevoir au long cours des doses suppressives d'hormones thyroïdiennes apparaît donc d'autant plus important que ce traitement s'adressera à des femmes déjà ménopausées.

Dans cette situation, la mesure de la masse osseuse avant le début du traitement permettra de discuter de l'opportunité d'un traitement préventif de la perte osseuse.

AUTRES INDICATIONS POTENTIELLES

En permettant une mesure fiable et non vulnérante du contenu minéral osseux en différents sites (rachis lombaire, extrémité supérieure du fémur, radins), l'absorptiométrie biphotonique à rayons X permet d'évaluer individuellement le retentissement osseux de certaines affections aux facteurs d'environnement. La diversité des travaux publiés ces dernières années montre bien que le champ d'application de cette technique déborde largement le cadre de l'ostéoporose. Il en est ainsi

- De l'ostéomalacie, où la réduction du volume osseux calcifié s'accompagne d'un abaissement très important du contenu minéral osseux, souvent restauré dès les premiers mois du traitement par la vitamine D, ce qui impose des mesures plus rapprochées
- Des ostéopathies génotypiques raréfiantes (ostéogenèse imparfaite...).
- Du myélome multiple, afin de déterminer la distribution et l'intensité de la

raréfaction minérale (examen « corps entier ») et d'en suivre l'évolution sous traitement à visée hématologique ou ostéotrope [10].

- De l'évaluation de l'état osseux de sujets hémodialysés ou transplantés.

Conclusion

La mesure de la masse osseuse est justifiée dans cinq situations cliniques principales

- Chez les patients présentant une déformation vertébrale et/ou une ostéopénie radiologique, pour objectiver une diminution de la masse osseuse.
- Chez les femmes au moment de la ménopause dont le risque d'ostéoporose constitue la motivation essentielle à recevoir un traitement hormonal substitutif prolongé ainsi que dans les autres états d'hypogonadisme des deux sexes.
- Chez les patients recevant une corticothérapie ou présentant un hypercorticisme endogène.
- Chez les patients présentant une hyperparathyroïdie primitive asymptomatique pour guider la décision chirurgicale.
- Chez les femmes ménopausées recevant de façon prolongée des hormones thyroïdiennes à doses suppressives de la sécrétion de TSH.

RÉFÉRENCES

- [1] SCANE AC et coll, The reliability of diagnosing osteoporosis from spinal radiographs. *Age Ageing* 1994, **23** (4): 283-6
- [2] MEDOS, *Osteoporosis Int* 1991, **1**: 232
- [3] LAVALJEANTET M. Bone physiopathology of OP. In Zichella L (Ed). *Menopausa*, Monduzzi Edition, Rome 1994
- [4] LAVAL-JEANTET M. Imagerie de l'os, Sauramps (édit.) 1995: 19-26
- [5] ANDEM. *Rev Rhum* 1991, **58**: 907-13
- [6] CUMMINGS SR et coll. Bone density at various site for prediction of hip fractures. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Lancet* 1993, **341** (8837): 72-75
- [7] OVERGAARD K et coll. Discriminatory ability of bone mass measurements (SPA and DEXA) for fractures in elderly postmenopausal women. *Calcified Tissue Int* 1992, **50**: 30
- [8] GARDSELL P et coll. The impact of menopausal age on future fragility fracture risk. *J Bone Miner Res* 1991, **6** (5): 429-33
- [9] ORTOLANI S. Evaluation of a model for prediction of lumbar bone mineral density. *Bone Miner* 1993, **22**: 69-72
- [10] MARETTE X et coll. Bone densitometry in patients with multiple myeloma. *Am J Med* 1992, **93** (6): 595-8

ANNEXE : STRATEGIE DOCUMENTAIRE

Plus de 100 références ont été sélectionnées et communiquées aux experts participant à ce groupe de travail.

Interrogation multibase de MEDLINE et EMBASE sur le serveur data-Star avec élimination des doublons.

Limitation aux langues : français-anglais

Limitation aux années >1990

Subdivision en 7 thèmes :

- I Imagerie en neuropédiatrie [1 et 2 et 3]
- II Imagerie en pathologie rachidienne [1 et 4]
- III Imagerie en urgence neurologique traumatique ou vasculaire [1 et [4ou 5]et 6]
- IV Imagerie en pathologie cérébrovasculaire [1 et 7]
- V Imagerie en pathologie ORL et base du crâne [1 et8]
- VI Imagerie en pathologie intracérébrale [1 et 9]

	Stratégie d'interrogation sur MEDLINE :		Stratégie d'interrogation sur EMBASE :
	Neuroradiology#		Neuroradiography#
	Nuclear - Magnetic - Resonance		Nuclear - magnetic - resonance
	Magnetic - Resonance - Imaging#		Nuclear - magnetic - resonance - imaging
	Image - interpretation - computer - assisted#		Computer - assisted - tomography
	Tomography - scanners - X-Ray - computed		Emission - tomography#
	Ultrasonography		Echography
	Echoencephalography#		Echoencephalography
	Ultrasonics	1	Angiography
	Angiography		Brain - angiography
1	Angiography - digital - subtraction		Scintiangiography#
	Laser - Doppler - flowmetry		Scintillation - camera
	Radionuclide - imaging		Radioisotope - diagnosis
	Gamma - cameras		Brain - Scintiscanning
	Radionuclide - angiography		Scintigraphy
	Radioimmunodetection		Interventional - radiology
	Densitometry#		Central - nervous - system disease#
	Radiographic - image - enhancement	2	Brain - injury
	Radiography - dual - energy - scanned - projection		Spine - injury#
	Radiography - interventional	3	Child#
	Radiology - interventional		Spinal - cord - disease#
	Central - nervous - system diseases#		Spinal - cord - injury#

	Stratégie d'interrogation sur MEDLINE :	Stratégie d'interrogation sur EMBASE :
	Neuroradiology#	Neuroradiography#
	Nuclear - Magnetic - Resonance	Nuclear - magnetic - resonance
	Magnetic - Resonance - imaging#	Nuclear - magnetic - resonance - imaging
	Image - interpretation - computer - assisted#	Computer - assisted - tomography
	Tomography - scanners - X-Ray - computed	Emission - tomography#
	Ultrasonography	Echography
	Echoencephalography#	Echoencephalography
	Ultrasonics	1 Angiography
	Angiography	Brain - angiography
1	Angiography - digital - subtraction	Scintiangiography#
	Laser - Doppler - flowmetry	Scintillation - camera
	Radionuclide - imaging	Radioisotope - diagnosis
	Gamma - cameras	Brain - Scintiscanning
	Radionuclide - angiography	Scintigraphy
	Radioimmunodetection	Interventional - radiology
	Densitometry#	Central - nervous - system disease#
	Radiographic - image - enhancement	2 Brain - injury
	Radiography - dual - energy - scanned - projection	Spine - injury#
	Radiography - interventional	3 Child#
	Radiology - interventional	Spinal - cord - disease#
	Central - nervous - system diseases#	Spinal - cord - injury#