

Nouveaux outils d'enseignement en ORL grâce à l'impression 3D

New teaching tools in ENT thanks to 3D printing



**Pr François
Simon**

Service d'ORL et chirurgie cervicofaciale
pédiatrique, hôpital Necker-Enfants malades,
AP-HP, Paris.



L'enseignement pratique en médecine a longtemps été basé sur la méthode dite "halstedienne" de compagnonnage. L'externe ou l'interne suit son enseignant ou son maître au lit du malade, au bloc opératoire et apprend à reproduire les gestes. Des compétences techniques aussi courantes que l'otoscopie sont enseignées en stage : comment tenir l'otoscope, comment mettre en confiance le patient, comment ne pas faire mal, comment se positionner, comment examiner quadrant par quadrant et, enfin seulement, comment poser un diagnostic. Cet enseignement est complémentaire des cours théoriques à l'université qui expliquent l'anatomie et les pathologies de l'oreille.

Or, à part les urgences et quelques stages d'ORL, peu de terrains de stage offrent la possibilité aux étudiants de se former à l'otoscopie en pratique. En effet, les enseignements théoriques, souvent basés sur des images otoscopiques obtenues grâce à des endoscopes montrant des images de tympan en Full HD et grand angle, ne correspondent pas à la réalité du terrain des futurs médecins généralistes et pédiatres, qui démarrent leur internat avec des lacunes parfois difficiles à rattraper. Enfin, la variabilité des patients fait qu'il est rare qu'un étudiant ait vu l'ensemble des pathologies à connaître ou toutes les présentations cliniques possibles.

La simulation par impression 3D permet de pallier ces problèmes. La technologie évolue considérablement d'année en année, permettant de repousser les limites de ce qui est possible. Une technologie de pointe, appelée PolyJet, permet notamment d'imprimer des tissus de différentes textures, allant du dur (os temporal) au mou (membrane tympanique) pour une très grande fiabilité. Il est bien sûr possible d'imprimer le tympan en 3D, en représentant les reliefs, voussures ou rétractions.

Un autre avantage de l'impression 3D se situe sur le plan pédagogique car, à la différence des simulateurs traditionnels, il est possible de faire évoluer les tympons, d'en imprimer de nouveaux à la demande, et de proposer différentes présentations cliniques d'une même pathologie aux étudiants : par exemple, l'otite séromuqueuse plutôt muqueuse, ou avec des bulles, ou avec un niveau hydroaérique.

Pour l'évaluation des étudiants, dans le cadre des examens cliniques objectifs et structurés (ECOS), qui permettent notamment d'évaluer les compétences procédurales des étudiants en plus de leurs connaissances, il est possible d'adapter le tympan du simulateur. Il est possible également de choisir la pathologie adaptée au cas, mais aussi la présentation de celle-ci, pour choisir un tympan typique plutôt facile à diagnostiquer ou une version plus atypique.



Figure. Photos de tympons imprimés en 3D avec un otoscope. De gauche à droite : tympan avec myringosclérose, otite moyenne aiguë collectée, otite sérumuqueuse avec bulle rétrotympanique, tympan avec aérateur transtympanique, tympan inflammatoire avec perforation postérieure.

Pour aller plus loin, il est encore possible d'imprimer des tympons plus complexes pour les internes en ORL (rétractions, etc.) et de proposer de la simulation chirurgicale de pose d'aérateur transtympanique (ATT) sur des tympons simples ou plus complexes (rétractions).

Grâce à un financement ARS, nous avons, à l'université Paris-Cité et au sein de la plateforme d'impression 3D de l'AP-HP, développé un simulateur d'otoscopie en impression 3D (technologie PolyJet). Le simulateur est constitué d'un os temporal et contient 30 tympons interchangeables (dont plusieurs versions différentes d'otite moyenne aiguë et d'otite sérumuqueuse) qui peuvent être insérés dans l'os temporal en fonction de l'objectif pédagogique de l'enseignement ou de l'examen (figure). L'objectif principal est l'enseignement en 2^e cycle, et une étude est en train d'analyser la validité du modèle en ECOS. Le développement du simulateur se poursuit avec l'ajout prochain de 20 nouveaux tympons plus complexes pour le 3^e cycle et la pose d'ATT.

La technologie d'impression 3D évolue rapidement, et nous pouvons espérer multiplier les simulateurs, non seulement en otologie, mais dans toutes les surspécialités de l'ORL. L'évaluation de l'impact pédagogique (et donc le développement d'outils et de méthodologies pour évaluer les simulateurs) sera importante pour prioriser les ressources et les coûts.

F. Simon déclare avoir des liens d'intérêts avec MedPrint.

ENGAGEMENTS DE L'ÉDITEUR

Les revues Edimark sont publiées en toute indépendance et sous l'unique et entière responsabilité du directeur de la publication et des rédacteurs en chef, qui mettent en place un comité de rédaction, réunissent régulièrement ses membres pour débattre et définir des sujets d'intérêt, et inviter des auteurs à publier.

Le comité de rédaction est composé d'une dizaine de praticiens (chercheurs, hospitaliers, universitaires et libéraux), installés partout en France, qui représentent, dans leur diversité (lieu et mode d'exercice, domaine de prédilection, âge, etc.), la pluralité de la discipline et son dynamisme.

Le comité de rédaction constitue le substrat de la revue. Il en incarne la caution scientifique. Il a l'exigence de transmettre le savoir médical et scientifique dans des articles de formation en langue française, utiles aux praticiens. Ces connaissances sont publiées au rythme de la périodicité de la revue (mensuel, bimestriel, trimestriel) conformément aux règles de la CPPAP papier, et sur tous les supports.

La qualité des textes est garantie par la sollicitation systématique d'une relecture scientifique par les pairs ou par les comités de lecture, par leur préparation

par une secrétaire de rédaction, avec vérification et mise aux normes des références bibliographiques selon la Convention de Vancouver, par la lecture rigoureuse des épreuves et le pointage des figures comparativement aux sources par le service de rédaction-révision in situ. Ces épreuves, accompagnées d'une fiche de cession de droits, sont alors adressées aux rédacteurs pour validation, puis aux rédacteurs en chef après assemblage.

Notre publication répond aux critères d'exigence de la presse :

- accréditation par la CPPAP (Commission paritaire des publications et agences de presse) réservée aux revues sur abonnements,
- adhésion au SPEPS (Syndicat de la presse et de l'édition des professions de santé),
- indexation dans la base de données internationale ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors),
- déclaration publique de liens d'intérêts demandée à nos auteurs,
- identification claire et transparente des espaces publicitaires et des publiédactionnels en marge des articles scientifiques.

3^e Journée pluridisciplinaire de l'audition



CNIT – Paris La Défense, 4 octobre 2023

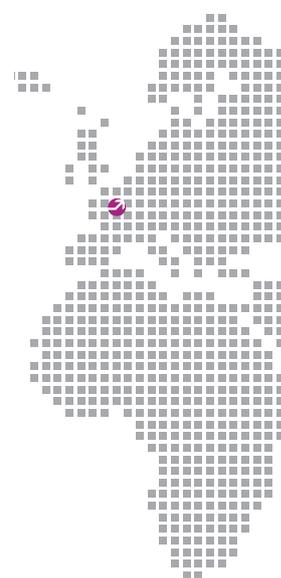
I. Mosnier*

La 3^e Journée de l'audition s'est tenue le 4 octobre 2023 dans le cadre du 129^e congrès d'ORL. Sous l'égide du syndicat national d'ORL (SNORL), le Dr Laurent Seidermann et le Pr Christophe Vincent sont intervenus sur les problèmes techniques et organisationnels de la prescription d'audioprothèses en EHPAD.

Sept millions de Français présentent une hypoacousie avec une indication d'appareillage audioprothétique pour 50 % d'entre eux. De plus, l'espérance de vie a augmenté en 20 ans de 2,5 ans chez les femmes et 3,1 ans chez les hommes. La réforme du 100 % Santé a entraîné une explosion du marché de l'audioprothèse, avec une augmentation des ventes de plus de 85 % entre 2020 et 2021. Cependant, la diminution de la démographie ORL et l'arrêt de la primoprescription par les médecins généralistes risquent de retentir sur l'accès à l'appareillage du fait du manque de prescripteurs. De plus, la prise en charge des résidents en EHPAD est compliquée, car ils peuvent difficilement se déplacer, et l'adaptation audioprothétique itinérante est illégale (art L.4361-6 du code de la santé publique). En 2019, on dénombrait 7 519 EHPAD pour environ 600 000 patients d'un âge moyen de 85 ans et 9 mois. L'IGAS a donc récemment pointé la nécessité d'un parcours de soin spécifique pour les sujets en EHPAD. Dans les Hauts-de-France, une lettre d'intention dans le cadre de l'article 51 a été déposée pour une expérimentation coordonnée par le **Pr Christophe Vincent** (ORL), **Christian Renard** (audioprothésiste) et le **Pr François Puisieux** (gériatre), avec l'aide de l'ARS. Cette expérimentation propose la mise en place d'un parcours de soin impliquant les différents acteurs gravitant autour du patient : personnel de l'EHPAD (médecin coordinateur, équipes soignantes, etc.), famille et entourage du patient, médecins gériatres, généralistes, ORL, audioprothésistes, orthophonistes et représentants des usagers. Le projet repose sur la mise en place d'une organisation interdisciplinaire

et pluriprofessionnelle autour du résident en EHPAD. Le caractère innovant du parcours est lié à l'usage de la télémédecine pour la prescription, à l'intervention de l'audioprothésiste en EHPAD, à la création d'un poste d'infirmier référent territorial de parcours en santé auditive, à la mise en place d'une organisation au sein de l'EHPAD permettant de coordonner les interventions des professionnels et au rôle de l'équipe soignante de l'EHPAD dans le repérage des troubles auditifs et à chaque étape du parcours (notamment repérage et traitement des bouchons de cérumen). La délivrance de l'appareillage doit être validée par le médecin coordinateur.

Sous l'égide de l'Association française d'otologie et d'otoneurologie (AFON), le **Pr Benoît Godey** a présenté une communication sur les surdités de transmission de l'oreille interne. Il existe une différence d'impédance entre la rampe vestibulaire, qui est en haute impédance du fait de la rigidité de la platine, et la rampe tympanique qui est en basse impédance du fait de la membrane de la fenêtre ronde. Ce gradient de pression permet la vibration de la membrane basilaire entre ces 2 rampes, et l'abolition de cette différence d'impédance est à l'origine d'une surdité de transmission en lien avec un dysfonctionnement de l'oreille interne, bien que la courbe osseuse en audiométrie tonale soit normale. Les anomalies de l'oreille interne provoquant une 3^e fenêtre ou des troubles pressionnels sont responsables de ce type de surdité : déhiscence du labyrinthe (déhiscence canal semi-circulaire supérieur > 3 mm, ouverture du canal antérieur dans le sinus pétreux superficiel, ouverture de la cochlée dans le canal carotidien), malformations ("oreille geyser" par absence de modiolus, dilatation de l'aqueduc du vestibule), fistule périlymphatique, dystrophie osseuse (Paget, dysplasie fibreuse), hydrops avec blocage stapédien [1], modification de la pression intracrânienne, fistule durale, etc. Le diagnostic repose sur la cohérence entre la séméiologie, la radiologie et les tests électrophysiologiques.



* Service ORL, Unité fonctionnelle implants auditifs et explorations audiovestibulaires, GHU Pitié-Salpêtrière, AP-HP, Paris.

L'audiométrie peut être trompeuse, avec l'existence d'une encoche de Carhart comme dans l'otospongieuse, mais les réflexes stapédiens sont présents. Les potentiels évoqués vestibulaires myogéniques sont intéressants, retrouvant une augmentation de l'amplitude et une diminution de la latence avec un seuil anormalement bas < 65 dB. L'appareillage audioprothétique traditionnel est souvent difficile car les sujets tolèrent mal l'amplification ; l'appareillage en conduction osseuse peut apporter une solution. Il existe une indication chirurgicale en cas de fistule périlymphatique ou de déhiscence du canal supérieur, associée à des vertiges invalidants à l'effort ou au bruit, mais pas pour améliorer la surdité.

Sous l'égide de la Société française d'audiologie, le **Pr Hung Thai-Van** et le **Dr Isabelle Mosnier** ont communiqué sur la prise en charge des troubles du spectre des neuropathies auditives de l'adulte, qui représentent 5 à 14 % des surdités. Celles-ci se traduisent par un trouble de l'intelligibilité important dans le bruit, l'audition pouvant être normale ou peu altérée dans le silence. La surdité peut être fluctuante et s'accompagner d'acouphènes dans 50 % des cas et de symptômes vestibulaires dans 12 % des cas [2]. L'évolutivité est variable, avec parfois des évolutions vers des surdités sévères à profondes. Le retard diagnostique est fréquent chez l'adulte jeune du fait des suppléances mentales et du développement spontané d'une lecture labiale, mais également chez le sujet âgé du fait de l'association fréquente avec une presbycusie. L'atteinte est unilatérale dans 25 % des cas et bilatérale dans 75 % des cas. La courbe audiométrique est généralement plate ou ascendante, mais une courbe descendante ne fait pas éliminer le diagnostic. L'audiométrie vocale permet de suspecter le diagnostic en raison d'une discordance des seuils dans le silence avec les seuils de l'audiométrie tonale, et d'une altération plus importante

dans le bruit que ce que laisseraient supposer les seuils dans le silence. Les réflexes stapédiens ipsi- et controlatéraux sont absents et la localisation sonore est altérée. Le diagnostic est confirmé sur la désynchronisation des potentiels évoqués auditifs précoces associés à la présence des otoémissions acoustiques provoquées (OEA). Ces OEA peuvent cependant disparaître, mais le potentiel microphonique cochléaire mesuré par l'électrocochléographie reste toujours présent. Ce potentiel est une réponse de faible amplitude qui apparaît quelques millisecondes après le clic, détecté à forte intensité de stimulation, dont la latence ne varie pas avec le niveau de stimulation et qui suit la polarité du stimulus (clic de raréfaction ou de condensation). La neuropathie peut être évolutive depuis l'enfance ou l'adolescence, ou apparaître à l'âge adulte. Une origine génétique doit être systématiquement recherchée à l'origine dans 90 % des cas d'une neuropathie isolée, mais également d'une neuropathie syndromique (ataxie de Friedreich, syndrome de Charcot-Marie-Tooth, mutation FDXR, etc.) [3]. La découverte d'une mutation génétique donne des informations sur le risque de transmission, mais également sur la localisation de l'atteinte, qui peut toucher la cellule ciliée interne, la synapse ou le nerf auditif. Par exemple, la découverte d'une mutation Diaph3 à l'origine d'une atteinte des cellules ciliées internes permet de prédire un bon bénéfice de l'implant cochléaire. L'IRM est également systématique pour rechercher une cause médicale (pachyméningite, hémosidérose, etc.) et éliminer une pathologie tumorale rétrocochléaire. Le bénéfice audioprothétique est médiocre et très variable [4]. Les études sur la réhabilitation auditive par l'implant cochléaire sont rares chez l'adulte, avec un bénéfice variable en fonction de la localisation de l'atteinte et des performances possiblement fluctuantes, avec une amélioration parfois plus tardive que pour les surdités endocochléaires. ■

I. Mosnier déclare ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.

Références bibliographiques

1. Lee JD et al. Prevalence and clinical significance of spontaneous low-frequency air-bone gaps in Ménière's disease. *Otol Neurotol* 2014;35(3):489-94.
2. Prabhu P, Jamuar P. Evaluation of dizziness handicap in adolescents and adults with auditory neuropathy spectrum disorder. *Int Arch Otorhinolaryngol* 2018;22(1):14-18.
3. Paul A et al. FDXR mutations cause sensorial neuropathies and expand the spectrum of mitochondrial Fe-S-Synthesis diseases. *Am J Hum Genet* 2017;101(4):630-7.
4. Berlin CI et al. Multi-site diagnosis and management of 260 patients with auditory neuropathy/dys-synchrony (auditory neuropathy spectrum disorder). *Int J Audiol* 2010;49(1):30-43.

129^e congrès de la SFORL



Paris, CNIT La Défense, 4-7 octobre 2023

N. Broustaut*

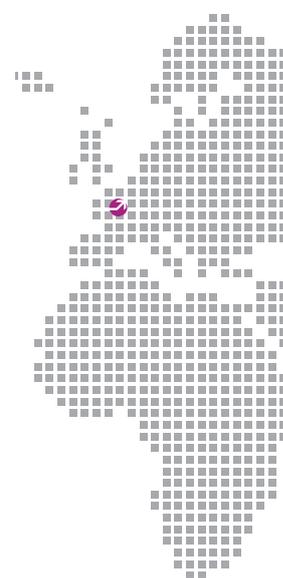
Le 129^e congrès de la SFORL s'est tenu cette année au CNIT de la Défense à Paris du 4 au 7 octobre 2023. L'occasion pour les milliers de visiteurs d'assister à de nombreux ateliers, communications et symposiums, parmi lesquels quelques interventions en rhinologie dont nous vous proposons un compte rendu.

Optimisation des soins postopératoires en chirurgie endonasale endoscopique de la polypose nasosinusienne

Le Pr Le Taillandier de Gabory (Bordeaux) a abordé le suivi postopératoire des patients ayant bénéficié d'une chirurgie endonasale endoscopique dans le cadre de la prise en charge de la polypose nasosinusienne (PNS), en débutant par la pierre angulaire de ces soins que sont les lavages des fosses nasales. Le premier constat est l'absence de méthode de référence définie pour ce traitement : de nombreuses descriptions de solutions de lavage, de modes d'administration et de volumes employés sont retrouvées dans la littérature. Il est essentiel d'évaluer le volume des fosses nasales à traiter, qui varie considérablement selon les patients. À titre d'exemple, chez l'enfant de 14 mois, il est évalué entre 2 et 3 cm³ alors qu'il se situe entre 30 et 50 cm³ en postopératoire d'ethmoïdectomie radicale bilatérale chez l'adulte. Il est admis que le volume nécessaire au lavage efficace d'une cavité correspond à 3 fois le volume de celle-ci. Ainsi, des critères d'optimisation du dispositif de lavage et de la solution employée sont proposés et publiés dans les dernières recommandations de la SFORL et de l'AFR pour la prise en charge de la PNS de l'adulte : grand volume (250 mL/lavage), système compressible atteignant une pression minimale efficace de 120 mbar, embout narinaire étanche, orientable à 45° vers le haut, transparent pour la commodité, souple pour être utilisé par l'ensemble des patients, démontable et lavable [1]. La solution employée pour ces lavages doit présenter un pH légèrement basique, un caractère isotonique

ou légèrement hypertonique, une concentration en NaCl diminuée ; elle doit être riche en ions calcium, magnésium et potassium, et avoir une composition stable et stérile. Il semblerait que les solutions riches en minéraux augmentent la clairance mucociliaire et la vitesse de cicatrisation par comparaison avec le sérum physiologique, et permettent une diminution de la quantité de croûtes et de sécrétions, ainsi qu'un raccourcissement de 7 à 10 jours du délai de cicatrisation en postopératoire d'ethmoïdectomie radicale [2]. La durée minimum de ces lavages doit être de 4 semaines en postopératoire, avec une fréquence de 2 à 4 fois/j selon le volume de la cavité nasale à traiter.

Dans le cadre de la chirurgie de la PNS, la seule galénique ayant prouvé son efficacité est la corticothérapie locale, qu'elle soit délivrée par spray, aérosol ou gouttes. Ce traitement permet de diminuer considérablement les symptômes postopératoires ainsi que la récurrence de polypes dans l'année qui suit la chirurgie. En revanche, l'emploi d'une dilution de corticostéroïdes pour les lavages à grand volume, dont il existe une grande hétérogénéité de description dans la littérature, n'a pas montré de différence par rapport aux lavages réalisés seuls, ni sur le score endoscopique, ni sur les scores de qualité de vie. Il n'existe pas de preuve d'un intérêt de la corticothérapie orale pré-, per- ou postopératoire sur la cicatrisation ou la tolérance des patients bénéficiant d'une ethmoïdectomie radicale, il en est de même pour l'antibiothérapie. Le modèle du spray, qui est le seul à bénéficier de l'AMM en France, semble le plus adapté. Sans protocole de référence, il est proposé une reprise du traitement par corticothérapie locale à partir de la 2^e semaine postopératoire (en raison de la présence de croûtes



* ORL et chirurgie maxillofaciale
Centre hospitalier sud francilien,
Corbeil-Essonnes.

avant ce délai qui limiterait son intérêt), à la dose antérieure à la chirurgie, soit souvent 2 pulvérisations dans chaque fosse nasale matin et soir, 20 min après le lavage.

Le cornet moyen, comment en limiter la latéralisation ?

Le Pr Rumeau (Nancy) rappelle le rôle majeur que tient le cornet moyen (CM) dans le cadre de la chirurgie endonasale endoscopique de la PNS. Contrairement à la description initiale de la nasalisation, la turbinectomie moyenne n'est plus recommandée aujourd'hui. Repère précieux lors de l'ethmoïdectomie radicale, le CM assurerait également un rôle de barrière contre l'extension des polypes à la fente olfactive. La lame conchale est fragile et sa latéralisation, favorisée par une instabilité du CM, concerne approximativement 10 % des patients ayant bénéficié d'une chirurgie intéressant le méat moyen, et elle est source de iatrogénie non négligeable : sinusite maxillaire chronique, développement de mucocèle, sténose sous frontale etc. Ainsi, lors d'une chirurgie de l'ethmoïde, il est conseillé de ne pas fragiliser l'insertion antérieure du CM en disséquant prudemment en regard de l'opercule et en évitant de dénuder la branche montante du maxillaire et la face latérale du CM. En abordant l'ethmoïde postérieur, il convient d'éviter de sectionner entièrement la racine cloisonnante du CM qui correspond à son contrefort postérieur. Le cas échéant, si le CM paraît trop mobile à l'issue de la dissection, différentes méthodes ont été décrites afin d'en limiter la latéralisation. La "bolgérisation", décrite en 1999, consiste à créer une synéchie contrôlée pour médialiser en érodant la muqueuse du septum et la face médiale du CM, associée à un méchage du méat [3]. D'autres méthodes sont décrites, reposant sur la mise en place de matériel dans le méat moyen (plaques de silastic ou mèches résorbables) ou sur le principe d'une suture du cornet moyen : la conchopexie. Quelle que soit la technique utilisée, les études ne permettent pas de conclure à une efficacité sur la prévention de la latéralisation du CM. L'implant à élution de corticoïdes (PROPEL®) est présenté comme une innovation prometteuse qui permet une médialisation du CM associée aux effets de l'application locale de corticoïdes. Cependant, il n'a pas été retrouvé de différence significative sur l'incidence des latéralisations des CM. Finalement, la meilleure méthode pour prévenir la latéralisation du CM ne serait-elle pas son ablation ? Le frein à sa réalisation est la crainte d'une dégradation de la fon-

ction olfactive, mais les neurones olfactifs matures sont essentiellement distribués sur la tête et la face médiale du cornet supérieur, ainsi la turbinectomie moyenne partielle ne semble pas impacter l'olfaction des patients, alors qu'elle empêche la latéralisation du CM dans 97 % des cas [4].

Quand peut-on dire que le traitement médical de la polyposis est optimal ?

Alors que la SFORL a publié les premières recommandations sur la prise en charge de la PNS en septembre 2023, les Prs Serrano (Toulouse) et Michel (Marseille) se sont interrogés sur la définition d'un traitement médical optimal. En raison de la nature subjective des symptômes (odorat, obstruction nasale, sommeil, etc.) et de l'impact variable qu'ils auront sur la qualité de vie des patients, cette définition doit être personnalisée. C'est finalement le patient lui-même qui déterminera le caractère optimal du traitement. Le rôle du médecin est d'identifier les pathologies associées pouvant limiter l'efficacité du traitement, telles que l'asthme, l'intolérance à l'aspirine, la rhinosinusite allergique, le SAOS, et de mettre en place leur traitement spécifique. Celui-ci doit lui-même être optimal pour juger de l'impact de la PNS sur les éventuels symptômes persistants. Les méthodes d'évaluation subjective comme le SNOT 22, les tests olfactifs, le score de congestion nasale, ou celles d'évaluation objective telles que le score endoscopique de polypes et le score radiologique, permettent un suivi comparatif mais c'est toujours le ressenti du patient qui dirige la stratégie thérapeutique.

Le traitement de fond repose sur les lavages des fosses nasales à grand volume avec une solution isotonique riche en minéraux et la corticothérapie locale : 2 pulvérisations dans chaque narine matin et soir 20 min après le lavage et un mouchage doux. Les irrigations par dilutions de corticostéroïdes n'ont pas montré de bénéfice par rapport au spray seul. La corticothérapie par voie orale peut être associée en cure courte en cas de symptômes majeurs. En 2020, l'EPOS recommandait un maximum de 2 cures/an de corticostéroïdes à la dose de 1 mg/kg pendant 10 jours. Les effets indésirables de la corticothérapie orale survenant dès la dose de 500 mg (+ 16 % diabète type 2, + 21 % AVC, + 20 % ostéoporose) à 1000 mg/an (+ 37 % DT2, + 35 % AVC, + 87 % ostéoporose) selon le poids des patients [5]. Il est donc primordial, à l'interro-

gatoire du patient, de déterminer la dose cumulée de corticoïdes avant d'envisager de les prescrire en cure courte. Les traitements antihistaminiques H1 ou antileucotriènes n'ont pas montré de bénéfice clinique dans le traitement de la PNS. Les critères de non-contrôle de la PNS sont bien définis : persistance ou récurrence de symptômes invalidants malgré un traitement à long terme (> 3 à 6 mois) par les lavages des fosses nasales et la corticothérapie locale avec > 1 cure de corticothérapie par voie orale dans les 2 ans suivant une chirurgie nasosinusienne.

Place de l'imagerie dans les rhinosinusites chroniques de l'adulte

À l'occasion de cette masterclass, le Pr de Bonnecaze (Toulouse) a synthétisé le rôle de la TDM sinusienne dans la prise en charge des rhinosinusites de l'adulte. Cet examen non invasif, peu irradiant et très accessible apporte de nombreuses informations au clinicien. Mais il ne doit pas pour autant être systématique si le diagnostic paraît cliniquement évident, comme dans la PNS sans atypie et sans indication chirurgicale. La TDM permet d'analyser les anomalies morphologiques difficiles à déceler à l'examen nasofibrosopique, comme les concha bullosa ou encore de différencier la nature osseuse ou muqueuse des hypertrophies turbinales inférieures. Elle permet l'étude des opacités sinusiennes, des reliefs osseux, des apex dentaires ou encore des variantes anatomiques à risque comme une déhiscence de la corticale osseuse au contact de structures neurovasculaires. Le cone beam offre une précision équivalente à la TDM pour l'analyse des structures osseuses [6], mais présente une limite de résolution dans l'étude des tissus mous et ne permet pas la réalisation de reconstruction. Le cone beam n'est donc pas recommandé dans le cadre du bilan des rhinosinusites chroniques, l'examen de référence restant la TDM, qui étudie l'ensemble des sinus.

Pour compléter cette présentation sur la place de la TDM en rhinologie, le Dr Alexandru (Paris) a proposé une check-list de l'analyse scanographique des fosses nasales et des sinus en préopératoire. La TDM permet d'identifier les variations d'une anatomie déjà complexe – une éventuelle pathologie entraînant des difficultés de dissection (telle que la sinusite fongique immunoallergique) – et ainsi de réfléchir à la voie d'abord, au matériel adapté, et d'ajuster les explications à apporter au patient. Selon

l'indication et la région anatomique abordée, différents éléments peuvent être analysés sur la TDM :

► Sinus maxillaire :

- processus unciforme : identifié sur les coupes coronales, son insertion et son orientation sont soumises à variations : base du crâne, cornet moyen, position horizontale, ballonné, pneumatiqué ;
- canal infraorbitaire : identifié en coupe coronale, il convient de rechercher une procidence ou, plus rarement, une déhiscence ;
- cellule infraorbitaire (ou cellule ethmoïdo-orbitaire ou cellule de Haller), identifiée en coupe coronale ;
- cloisonnement intrasinusien.

► Sinus frontal ethmoïde antérieur :

- récessus frontal et cellules frontoethmoïdales (cellules de Kuhn) : identifiés en coupes sagittales ;
- hauteur du toit de l'ethmoïde et d'une éventuelle asymétrie (classification de Keros (I à III), évaluant la hauteur de la crista galli par rapport au toit de l'ethmoïde) ;
- artères ethmoïdales antérieures, identifiées en coupes coronales en regard du récessus suprabulbaire et 1 cm en arrière de l'infundibulum frontal, elles peuvent être procidentes dans 40 % des cas ;
- lame papyracée : identifiée en coupes coronales, afin d'évaluer sa finesse ou un défaut.

► Ethmoïde postérieur et sphénoïde :

- cellule d'Onodi : identifiée en coupes sagittales, c'est une cellule ethmoïdale postérieure supra- et/ou latérosphénoïdale, pouvant laisser croire à tort que l'on a atteint le sinus sphénoïde. Les empreintes du nerf optique ou de l'artère carotide interne peuvent y être visibles.

- nerf optique et artère carotide interne : ils peuvent être procidents ou déhiscentes selon la pneumatisation sinusienne et sphénoïdale (pneumatisation du processus clinioïde antérieur), le risque de procidence de l'artère carotide interne augmente avec l'âge.

Si la TDM préopératoire est essentielle, elle n'est pas systématique en postopératoire et ne sera recommandée que dans le contexte d'un suivi carcinologique, d'une suspicion de récurrence ou de complications de la chirurgie initiale.

Place de l'IRM pour le diagnostic différentiel des rhinosinusites chroniques

Cet examen non irradiant offre une résolution spatiale et tissulaire très performante, dont la seule limite est l'analyse des structures osseuses. Ainsi, il apparaît comme un parfait complément de la TDM,

apportant de précieuses informations pour le diagnostic différentiel des rhinosinusites chroniques et purulentes. Les Prs Papon (Le Kremlin-Bicêtre) et de Bonneau ont présenté leurs recommandations de prescription et des aides à l'interprétation de cet examen. L'indication de l'IRM est dictée par la clinique et la TDM. Une masse, une ostéolyse, un diagnostic douteux ou un traitement non efficace doivent amener à discuter sa réalisation et permettra de caractériser une opacité en précisant sa nature solide, liquide ou fongique. L'IRM des sinus reste un examen dont l'accès est limité, au coût élevé et qui présente quelques contre-indications (1^{er} trimestre de grossesse, matériel ferromagnétique, claustrophobie, artefacts dentaires), il convient de sélectionner avec attention les patients qui peuvent en bénéficier. Enfin, la coopération entre le radiologue et l'ORL est primordiale pour en interpréter les résultats avec précision. Le délai de réalisation dépend de la clinique, réalisée en urgence devant une suspicion de complication neuroméningée ou orbitaire ; elle sera organisée sans urgence dans le cadre du bilan d'une sinusite

frontale, sphénoïdale ou ethmoïdale résistant au traitement médical ou devant une ostéolyse à la TDM. L'IRM peut également être discutée en cas de sinusite maxillaire résistant au traitement médical ou de sinusite survenant dans un contexte d'immunodépression. Cependant, elle n'est pas indiquée devant une sinusite aiguë non compliquée, ou chronique en cas d'étiologie dentaire ou fongique sans remaniement osseux. Elle apporte peu d'informations complémentaires en cas de sinusite œdématopurulente en l'absence d'atypie à la TDM. En revanche, elle permet de différencier une pyocèle d'une rétention sinusienne en identifiant un halo périphérique hyperintense en séquence T1, un hypersignal en séquence de diffusion associé à un hyposignal ADC. Du fait de sa spécificité, l'IRM a un intérêt majeur dans le diagnostic de la sinusite fongique immunoallergique, les opacités scano-graphiques étant retrouvées iso-intenses en T1 et surtout en T2 un aspect associant des plages en asignal liées à la présence des éléments fongiques et des plages en hypersignal en rapport avec les polypes inflammatoires. ■

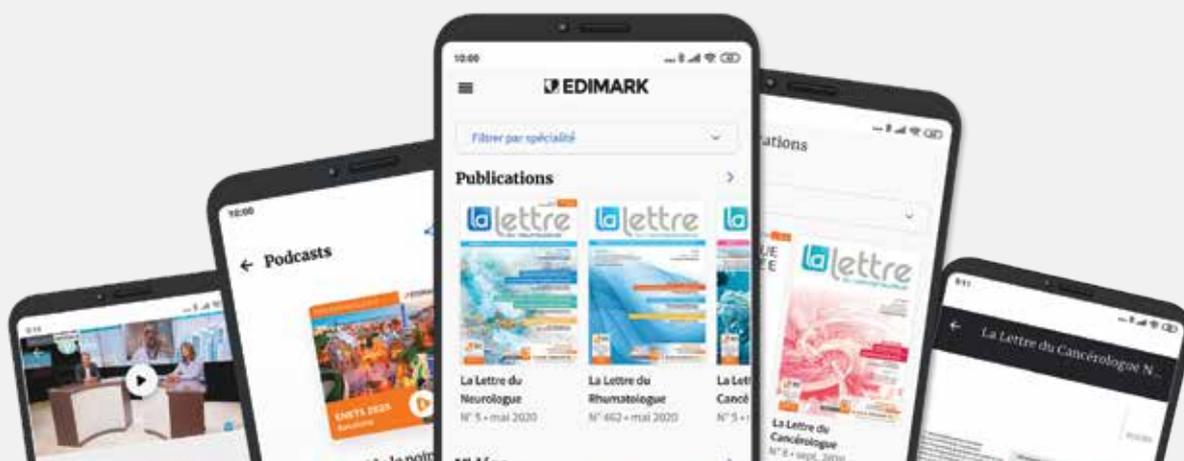
N. Broustaut déclare ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.

Références bibliographiques

1. Campos J, Heppt W, Weber R. Nasal douches for diseases of the nose and the paranasal sinuses – a comparative in vitro investigation. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270(11):2891-9.
2. De Gabory L et al. Prospective, randomized, controlled, open-label study to compare efficacy of a mineral-rich solution vs normal saline after complete ethmoidectomy. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2019;276(2):447-57.
3. Bolger WE et al. Middle turbinate stabilization after functional endoscopic sinus surgery: the controlled synechia technique. *The Laryngoscope* 1999;109(11):1852-3.
4. Mariano FC et al. The middle turbinate resection and its repercussion in olfaction with the university of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT). *Int Arch Otorhinolaryngol* 2018;22(3):280-3.
5. Bourdin A et al. How can we minimise the use of regular oral corticosteroids in asthma? *Eur Respir Rev* 2020;29(155):190085.
6. Fakhran S et al. Comparison of simulated cone beam computed tomography to conventional helical computed tomography for imaging of rhinosinusitis. *The Laryngoscope* 2014;124(9):2002-6.

Téléchargez l'application mobile Edimark !

 Publications  Vidéos  Podcasts



Imagerie du labyrinthe membraneux : état de l'art

Imaging of the membranous labyrinth: state of the art

M. Eliezer*

L'oreille interne, partie intégrante du système auditif et vestibulaire, est une structure anatomique complexe composée du labyrinthe osseux et du labyrinthe membraneux. La compréhension de ces 2 structures est fondamentale pour appréhender les nouvelles méthodes d'étude du labyrinthe membraneux en imagerie.

L'optimisation de séquences retardées a ouvert de nouvelles perspectives, particulièrement dans l'étude du labyrinthe membraneux et de la barrière hémato-labyrinthique.

Anatomie du labyrinthe membraneux

L'oreille interne, logée dans la partie pétreuse de l'os temporal, comprend la cochlée impliquée dans l'audition et le vestibule qui englobe les organes de l'équilibration.

Le labyrinthe osseux est une série de cavités creusées dans l'os temporal qui sert de coque rigide, protégeant les délicates structures du labyrinthe membraneux. Celui-ci est une série de sacs et de tubes remplis de liquide dont la paroi est constituée d'un revêtement de plusieurs couches de cellules épithéliales présentant une épaisseur d'environ 0,01-0,02 mm (figure 1). Ce revêtement adhère au périoste du labyrinthe osseux par un tissu conjonctif et par les fibres nerveuses provenant des différentes structures neurosensorielles [1]. Le labyrinthe membraneux contient le liquide endolymphatique dont la composition est riche en potassium et pauvre en sodium [2]. À l'inverse, le liquide périlympatique séparant le labyrinthe membraneux du labyrinthe osseux est un liquide riche en sodium et pauvre en potassium [2].

Le labyrinthe membraneux cochléaire est constitué du canal cochléaire, qui s'enroule 2 fois et demi autour du modiolus et qui communique avec le labyrinthe membraneux vestibulaire via un petit

canalicule de 0,2 mm de diamètre appelé le *ductus reuniens* [3]. Le labyrinthe membraneux vestibulaire contient le saccule, l'utricule et les canaux semi-circulaires membraneux. L'utricule est raccordé aux ampoules et aux canaux semi-circulaires, sans communication directe avec le saccule, le métabolisme – et a priori la réabsorption du liquide endolymphatique – étant réalisé au niveau du sac endolymphatique situé dans un repli de dure-mère à la face postérieure du rocher, par l'intermédiaire de l'aqueduc du vestibule.

Les structures neurosensorielles du labyrinthe membraneux vestibulaire se situent au niveau des ampoules des canaux semi-circulaires (accélération angulaire) et des macules sacculaire et utriculaire (accélération linéaire et gravité). La macule utriculaire se situe au niveau du plancher antérieur de l'utricule, alors que la macule sacculaire se trouve à la face médiale du saccule. Au niveau ampullaire, il existe une organisation assez similaire à l'except-

* Unité de neuroradiologie,
CHU Lariboisière, Paris.

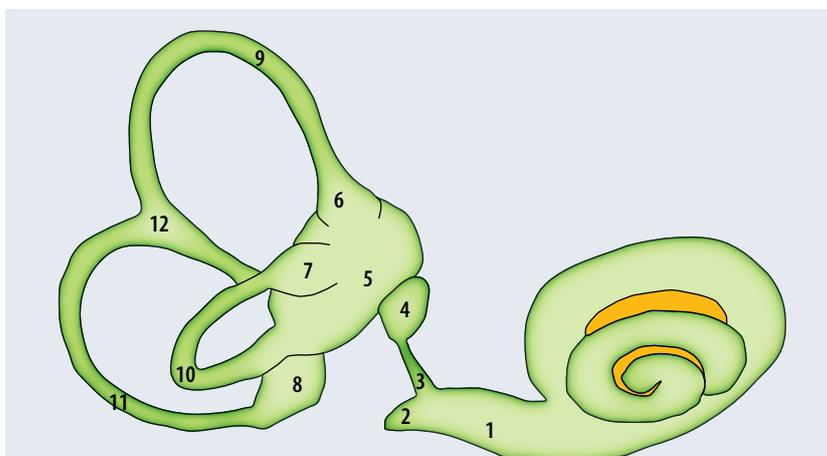


Figure 1. Représentation du labyrinthe membraneux au sein du labyrinthe osseux. 1 : canal cochléaire ; 2 : cæcum vestibulaire ; 3 : *ductus reuniens* ; 4 : saccule ; 5 : utricule ; 6 : ampoule du canal supérieur ; 7 : ampoule du canal latéral ; 8 : ampoule du canal postérieur ; 9 : canal membraneux supérieur ; 10 : canal membraneux latéral ; 11 : canal membraneux postérieur ; 12 : *common crus*.

Mots-clés

Labyrinthe membraneux

Barrière hémato-labyrinthique

IRM

Séquences FLAIR

Résumé

L'optimisation de séquences FLAIR retardées a ouvert de nouvelles perspectives dans l'étude du labyrinthe membraneux et de la barrière hémato-labyrinthique. Dorénavant, sous réserve d'une optimisation de ces séquences retardées par le radiologue, il sera possible de détecter l'hydrops endolymphatique primaire dans le cadre de la maladie de Ménière, mais également l'hydrops secondaire (inflammatoire, traumatique, 3^e fenêtre, etc.). Certains processus pathologiques peuvent également altérer la perméabilité de la barrière hémato-labyrinthique se manifestant par un passage important du gadolinium à travers cette barrière, visible uniquement sur les séquences retardées.

Summary

The optimization of delayed FLAIR sequences has opened new perspectives in the study of the membranous labyrinth and the blood-labyrinth barrier. From now on, subject to optimization of these delayed sequences by the radiologist, it will be possible to detect the primary endolymphatic hydrops in the context of Ménière's disease, but also the secondary hydrops (inflammatory, traumatic, 3rd window, etc.). Certain pathological processes can also alter the permeability of the blood-labyrinth barrier, as evidenced by a significant passage of gadolinium through this barrier, which is visible only on delayed sequences.

Keywords

Membranous labyrinth

Blood-labyrinth barrier

MRI

FLAIR sequences

tion de l'absence d'otoconies. En effet, il existe une membrane gélatineuse, la cupule, qui est sensible aux déformations induites par le mouvement d'endolymphe et qui va être rattachée à la crête ampullaire.

Imagerie normale du labyrinthe membraneux

Jusqu'à présent, l'IRM du labyrinthe avait pour principal objectif d'éliminer une pathologie rétro-labyrinthique. Néanmoins, les séquences T2 haute résolution permettent également d'évaluer la morphologie du labyrinthe osseux dans le cadre de la pathologie malformative, mais aussi d'exclure une déhiscence du canal semi-circulaire supérieur. En effet, ces séquences ont une excellente valeur prédictive négative pour éliminer une déhiscence canalaire [4].

Toutefois, elles n'ont pas encore leur place pour visualiser le labyrinthe membraneux de manière précise pour 2 raisons. La première est leur manque de résolution spatiale. Ces séquences offrent des épaisseurs de coupe entre 0,3 et 0,6 mm (ce qui est nettement supérieur à l'épaisseur du revêtement épithélial du labyrinthe membraneux, de l'ordre de 0,02 mm). Il n'est donc pas possible de visualiser correctement la paroi du labyrinthe membraneux, car le voxel acquis contiendra à la fois le signal (faible) émanant de la paroi et le signal (très élevé) des liquides environnants (volume partiel, voir [figure 2](#)). La 2^e raison est l'incapacité à mettre en évidence une différence de contraste entre la périlymphe et l'endolymphe malgré une composition hydroélectrique et protidique différente.

Tout comme dans l'encéphale, il existe une barrière hémato-labyrinthique imperméable aux macromolécules, mais qui laisse passer la taurine, le mannitol, les stéroïdes et les sels de gadolinium utilisés en IRM [5]. À l'état normal, les sels de gadolinium traversent donc progressivement cette barrière pour se loger uniquement dans le compartiment périlymphatique. Le revêtement épithélial du labyrinthe membraneux, barrière entre l'endolymphe et la périlymphe, est donc totalement imperméable aux sels de gadolinium ([figure 3](#)).

Ainsi, les séquences centrées sur le labyrinthe, injectées mais réalisées de manière retardée (4 h environ) ont vu le jour afin d'obtenir une bonne imprégnation en gadolinium de l'espace périlymphatique ([figure 4, p. 16](#)). Néanmoins, il faut avoir en tête que la concentration en sels de gadolinium au sein de la périlymphe reste assez faible, ce qui limite l'utilisation des séquences classiques en T1. Cela impose donc la réalisation de séquences FLAIR, habituellement réalisées sur l'encéphale pour supprimer le signal du liquide cérébrospinal, qui sont plus sensibles à la détection de faibles concentrations de gadolinium. Même si ces séquences FLAIR sont utilisées en pratique courante sur l'encéphale, elles nécessitent une optimisation particulière par le radiologue pour l'étude du labyrinthe membraneux. Étant donné que IRM 3T offre un meilleur rapport signal/bruit, il est plus aisé d'obtenir des images hautement résolues avec un temps d'acquisition acceptable. La réalisation de ces séquences reste tout à fait possible à 1,5 T, sous réserve d'un temps d'acquisition significativement plus long avec une résolution spatiale inférieure. Récemment, nous avons pu démontrer que le délai entre l'injection de produit de contraste et l'acquisition en IRM pouvait être réduit à 2 h, voire à 1 h, à condition d'une optimisation de ces séquences pour améliorer le contraste entre les structures [6].

À l'état normal, l'utricule et le saccule sont toujours visibles. L'utricule, de forme ovoïde, est le plus volumineux, occupant la partie supérieure du vestibule à hauteur du canal semi-circulaire latéral. Le saccule de forme ovale étant de taille nettement inférieure, occupe la partie inférieure et médiale du vestibule, à distance de la platine de l'étrier. Les ampoules des canaux semi-circulaires doivent être systématiquement visibles, et témoignent d'ailleurs d'un gage de qualité de la séquence réalisée.

Néanmoins, même si d'énormes progrès ont été réalisés depuis une quinzaine d'années, certaines structures restent invisibles à l'état normal. Le canal cochléaire ne peut être visualisé (puisque'il occupe environ 1/10 du labyrinthe osseux cochléaire), ainsi que la partie membraneuse des canaux semi-circulaires (qui occupe environ un tiers du contenant osseux).

Imagerie pathologique du labyrinthe membraneux

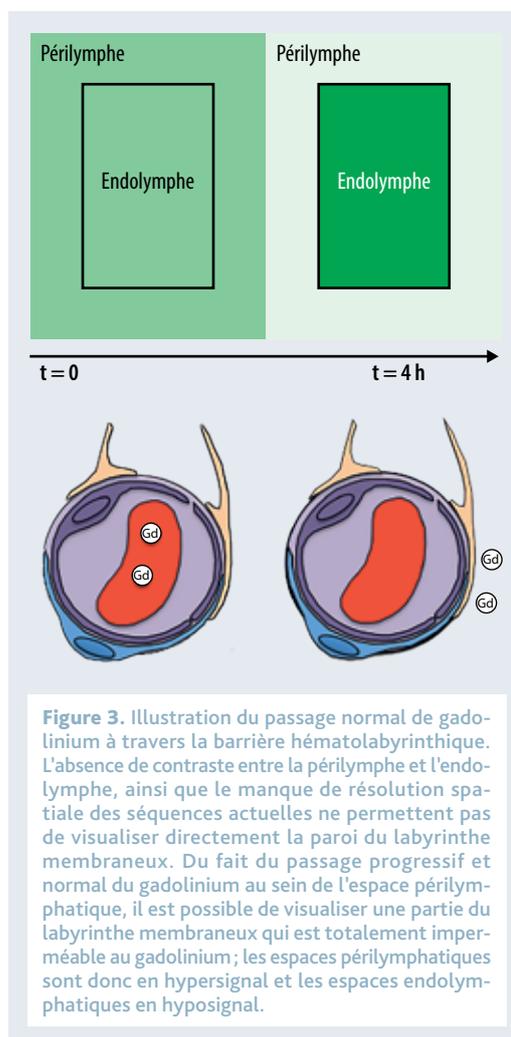
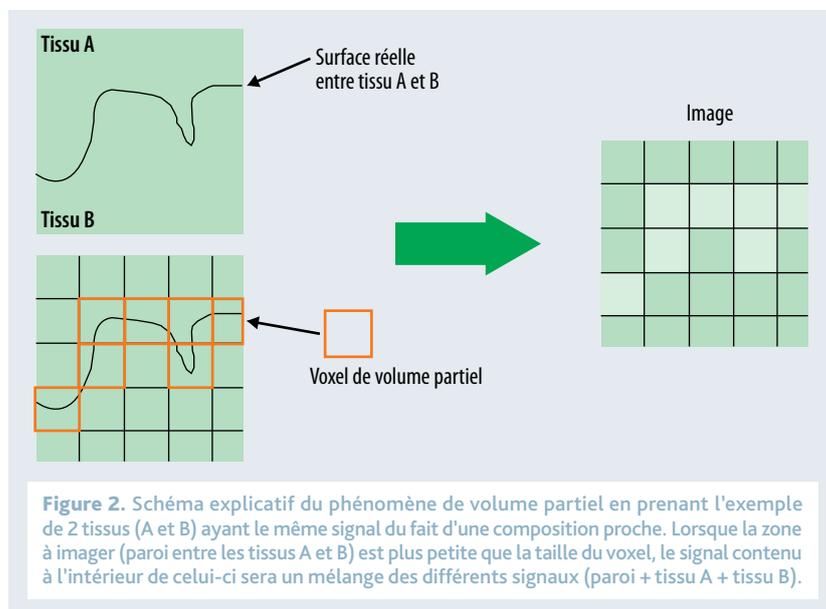
Les séquences FLAIR retardées offrent non seulement l'avantage d'étudier la morphologie du labyrinthe membraneux, mais également celui d'avoir une estimation indirecte de la perméabilité de la barrière hémato-labyrinthique.

Morphologie du labyrinthe membraneux

Initialement, ces séquences avaient uniquement pour objectif de rechercher une dilatation du compartiment endolymphatique (hydrops endolymphatique) dans le contexte de la maladie de Ménière. Même si l'hydrops endolymphatique apparaît comme le substratum de la maladie de Ménière, sa présence n'est pas synonyme de maladie de Ménière. En effet, des formes d'hydrops secondaires sont tout à fait possibles (*delayed endolymphatic hydrops*, traumatisme sonore, schwannome, labyrinthite, 3^e fenêtre, hypotension intracrânienne, otospongiose opérée) [7].

Malheureusement, différentes classifications radiologiques existent, présentant toutes des avantages et des inconvénients à des degrés divers [8, 9]. Toutefois, il est maintenant bien établi que la présence (et la sévérité) d'un hydrops endolymphatique en imagerie est fortement corrélée au degré de perte auditive [10]. L'absence d'hydrops endolymphatique radiologique ne permet donc pas d'éliminer formellement une origine pressionnelle. Étant donné qu'il existe une multitude de classifications radiologiques, une corrélation reproductible avec les explorations fonctionnelles est complexe. Quelques études se sont également penché sur les effets des différentes thérapeutiques sur le degré d'hydrops endolymphatique en IRM. Encore une fois, les résultats sont très variables entre les études réalisées avec un faible nombre de patients.

À l'inverse, certains patients présentent un collapsus du compartiment endolymphatique (atélectasie vestibulaire). Cette atélectasie vestibulaire s'oppose en tout point à l'hydrops endolymphatique, d'autant plus qu'elle intéresse la *pars superior* (utricle et ampoules des canaux semi-circulaires), et non la *pars inferior* (canal cochléaire et saccule). Cette entité histologique a été initialement décrite en 1988 par S.N. Merchant et H.F. Schuknecht sur des os temporaux [11]. Il aura donc fallu attendre 30 ans pour que les premières études confirment l'atélectasie vestibulaire in vivo (figure 5, p. 16) [12].



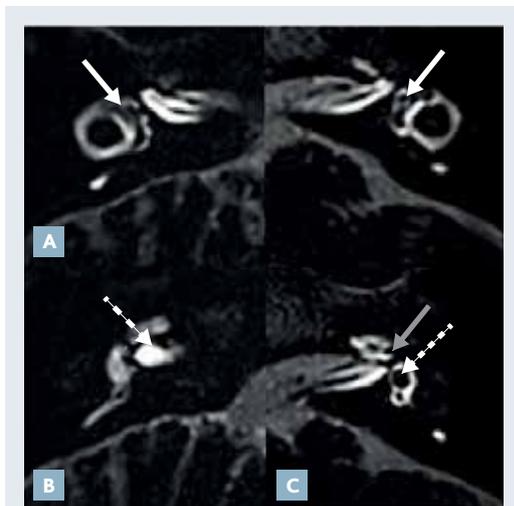


Figure 4. Patient présentant une maladie de Ménière de l'oreille gauche. Les coupes passant par l'utricule (A) et le saccule (B) montrent des structures de taille normale, bien entourées par du liquide périlymphatique. La coupe passant par le saccule (C) retrouve une dilatation de ce dernier (flèche blanche pointillée) ainsi que du canal cochléaire (flèche grise).

Tout comme l'hydrops endolymphatique, il semble exister une forme primaire dite idiopathique et une forme secondaire (fistule périlymphatique, hydrops endolymphatique, malformation, traumatisme chirurgical). La présentation clinique est variable, simulant parfois une canalolithiase. Les explorations fonctionnelles retrouvent une aréflexie canalaire et utriculaire systématiquement.

Perméabilité de la barrière hémato-labyrinthique

En cas de divers processus pathologiques (infectieux, vasculaire, traumatisme acoustique), cette barrière devient nettement plus perméable au gadolinium. De ce fait, les séquences FLAIR retardées permettent de mettre en évidence de discrètes atteintes de la perméabilité de la barrière, non visibles sur les séquences réalisées immédiatement après l'injection. C'est le cas de certaines atteintes vasculaires, uniquement observables sur les séquences retardées qui objectivent une rupture de perméabilité de la barrière systématisée à un territoire vasculaire. On le rappelle, la vascularisation du labyrinthe provient de l'artère labyrinthique elle-même, naissant de l'artère cérébelleuse antéro-inférieure. L'artère labyrinthique se divise

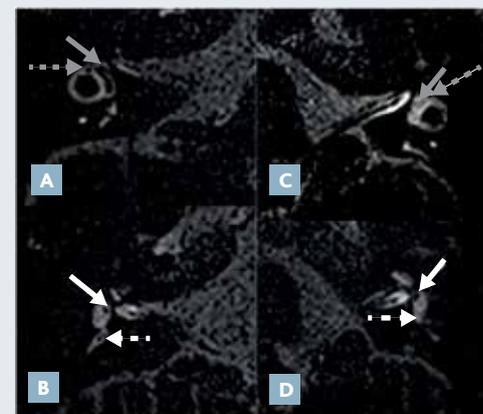


Figure 5. Patient atteint d'aréflexie unilatérale présentant une atelectasie vestibulaire gauche. Du côté sain (A et B), toutes les structures sont visibles. Du côté pathologique (C et D), on constate une absence de visibilité de l'utricule (flèche grise), des ampoules latérale (flèche grise pointillée) et postérieure (flèche blanche pointillée). À l'inverse, seul le saccule reste bien visible (flèche blanche).

en 3 rameaux : l'artère cochléaire propre vascularisant les deux tiers distaux de la cochlée ; l'artère vestibulaire antérieure vascularisant l'utricule et les ampoules supérieure et latérale ; et l'artère cochléovestibulaire, vascularisant le tour basal de la cochlée, le saccule et le canal semi-circulaire postérieur.

Dans le cadre d'une surdité brusque associée à une dysfonction du canal semi-circulaire postérieur, certaines équipes ont détecté des rehaussements systématisés au territoire de l'artère cochléovestibulaire évoquant une origine vasculaire [13]. De plus, en ce qui concerne le syndrome vestibulaire aigu, des prises de contraste systématisées au territoire de l'artère vestibulaire antérieure ont remis en cause l'atteinte nerveuse comme origine (figure 6) [14]. En effet, cette atteinte de la barrière hémato-labyrinthique remet en cause la physiopathologie de la névrite vestibulaire puisque à ce jour aucune étude radiologique n'a mis en évidence de prise de contraste des nerfs vestibulaires, en dehors de celles portant sur le syndrome de Ramsay-Hunt.

Néanmoins, il faut garder en tête que ces anomalies de perméabilité de la barrière hémato-labyrinthique détectées en imagerie peuvent également être non spécifiques, notamment en l'absence de systématisation artérielle, ce qui est possible en cas d'hydrops endolymphatique, de processus inflammatoires (par exemple dans l'otospongiose) ou infectieux.

Conclusion

L'abondance d'articles relatifs aux séquences FLAIR retardées témoignent de l'importance de ce protocole dans la compréhension des différents processus physiopathologiques du labyrinthe jusqu'à alors inaccessibles in vivo. Leur réalisation en pratique courante est dorénavant possible et constitue une grande aide au diagnostic, permettant d'adapter une prise en charge plus ciblée. Néanmoins, cette méthode d'analyse du labyrinthe reste encore imparfaite, nécessitant la réalisation d'une injection de gadolinium pour voir indirectement le labyrinthe membraneux, d'autant plus que ce dernier n'est encore pas visible en totalité. ■

M. Eliezer déclare ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.

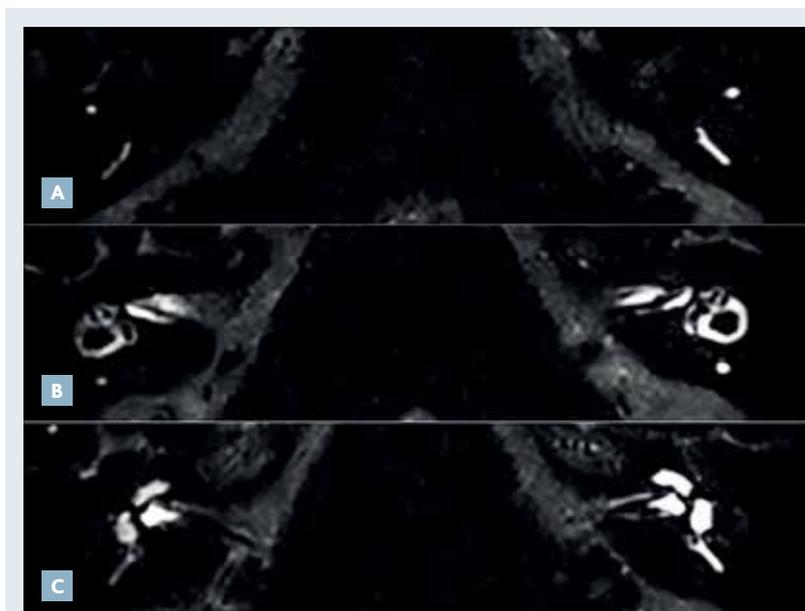
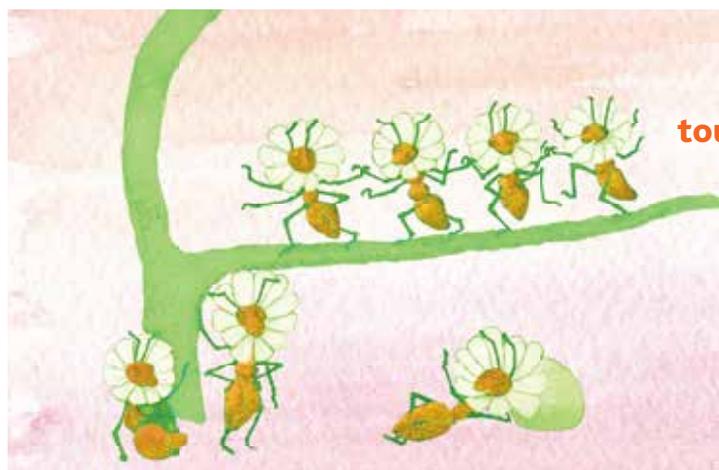


Figure 6. Patient présentant une syndrome vestibulaire aigu gauche étiqueté "névrite" vestibulaire. Du côté pathologique, on constate une prise de contraste asymétrique au niveau des canaux semi-circulaires supérieur (A), latéral (B), et postérieur (C), intéressant également le vestibule, et la cochlée dans une moindre mesure. Le patient ne présente aucune symptomatologie auditive par ailleurs.

References bibliographiques

1. Anson BJ, Donaldson JA. *The surgical anatomy of the temporal bone and ear* second edition. Philadelphia: WB Saunders 1973.
2. Ferrary E et al. *Physiologie des liquides labyrinthiques*. Encycl Med Chir. Paris: Elsevier. Oto-rhino-laryngologie, 20-030-B-10. 2007.
3. Hornibrook J et al. *Ductus reunions and its possible role in Ménière's disease*. Otol Neurotol 2021;42(10):1585-93.
4. Browaeys P et al. *Can MRI replace CT in evaluating semicircular canal dehiscence ?* AJNR Am J Neuroradiol 2013;34(7):1421-7.
5. Sun W, Wang W. *Advances in research on labyrinth membranous barriers*. J Otol 2015;10(3):99-104.
6. Barlet J et al. *Optimized 3D-FLAIR sequences to shorten the delay between intravenous administration of gadolinium and MRI acquisition in patients with Meniere's disease*. Eur Radiol 2022;32:6900-9.
7. Eliezer M et al. *Imaging of endolymphatic hydrops: a comprehensive update in primary and secondary hydropic ear disease*. J Vestib Res 2021;31(4):261-8.
8. Nakashima T et al. *Grading of endolymphatic hydrops using magnetic resonance imaging*. Acta Otolaryngol Suppl 2009;(560):5-8.
9. Attyé A et al. *MRI of endolymphatic hydrops in patients with Ménière's disease: a case-controlled study with a simplified classification based on saccular morphology*. Eur Radiol 2017;27(8):3138-46.
10. Attyé A et al. *In vivo imaging of saccular hydrops in humans reflects sensorineural hearing loss rather than Ménière's disease symptoms*. Eur Radiol 2018;28(7):2916-22.
11. Merchant SN, Schuknecht HF. *Vestibular atelectasis*. Ann Otol Rhinol Laryngol 1988;97(6 Pt 1):565-76.
12. Eliezer M et al. *Vestibular atelectasis: Myth or reality?* Laryngoscope 2019;129:1689-95.
13. Eliezer M et al. *Cochleovestibular artery syndrome: consideration based on VHIT, VEMP, and inner ear MRI*. J Neurol 2019;266(9):2327-9.
14. Eliezer M et al. *Detection of intralabyrinthine abnormalities using post-contrast delayed 3D-FLAIR MRI sequences in patients with acute vestibular syndrome*. Eur Radiol 2019;29:2760-9.



Claudie Damour-Terrasson et toute l'équipe Edimark vous souhaitent d'agréables fêtes de fin d'année.

Nous vous remercions chaleureusement de votre engagement à nos côtés.

Rendez-vous dans nos pages début 2024.

Intérêt de l'IA pour la détection des malformations labyrinthiques à partir de données d'imagerie médicale

AI for automatic detection of labyrinth malformation from medical imaging

A. Attyé*



L'imagerie labyrinthique est classiquement réalisée à la recherche d'informations anatomiques sur la cochlée et ses structures environnantes, et pour la détection de maladies de l'oreille interne ou du conduit auditif interne. En scanner et cone beam, elle permet, à l'aide de rayons X, l'analyse du labyrinthe osseux, des fenêtres, de l'aqueduc de la cochlée et du vestibule, la détection des malformations congénitales, des traumatismes osseux ou des pathologies péri-labyrinthiques comme les otospongioses. L'imagerie par résonance magnétique (IRM) ajoute l'étude du contenu liquidien à la recherche de fibrose, de tumeurs, de processus inflammatoires, voire du labyrinthe membraneux en protocole hydrops [1]. Ces techniques d'imagerie permettent d'obtenir une représentation de l'oreille interne sur différents plans de coupe avec des reconstructions inframillimétriques, analysées par un radiologue en 2 dimensions.

Néanmoins, la petite taille du labyrinthe rend difficile la recherche de malformations en 2 dimensions, notamment des différentes rampes et de l'apex de la cochlée [2], tandis que les reconstructions en 3D permettraient de mieux détecter les microcochlées et anomalies vestibulaires conformationnelles [3].

La détection d'anomalies labyrinthiques en 3D peut bénéficier d'outils de l'intelligence artificielle (IA) à la phase de segmentation et d'analyse, que nous allons détailler.

IA supervisée : apprentissage profond pour segmentation de l'oreille interne

La segmentation d'images peut être réalisée de façon manuelle, mais elle est chronophage et soumise à l'œil et à la variabilité du radiologue. De plus, la petite taille de l'oreille interne rend difficile l'identification des différentes structures de cette dernière, ce qui peut mener à des erreurs et à des reconstructions tridimensionnelles aberrantes [4]. La segmentation d'images médicales basée sur l'apprentissage profond et les réseaux de neurones à noyau de convolution est maintenant une technique bien rodée pour automatiser l'extraction de structures anatomiques ou pathologiques d'images radiologiques [5].

Celle-ci consiste en la construction d'un réseau neuronal multicouche selon le modèle des réseaux neuronaux humains. Cette technique nécessite une phase d'apprentissage avec des données d'entraînement en nombre important et leur étiquetage par un ou plusieurs experts. Dans le cas du labyrinthe, il faut préalablement avoir tracé manuellement le contour du labyrinthe osseux ou membraneux sur des données d'imagerie avant qu'un réseau de neurones artificiels puisse réaliser la même tâche [6] en autonomie.

La segmentation automatique permet une imagerie précise de l'oreille en 3D pour la planifica-

*GeodAlsics, Biopolis, Grenoble.

Résumé

Cet article synthétise les perspectives d'utilisation de l'intelligence artificielle supervisée et non supervisée (entraînée par un expert ou détectant les anomalies en autonomie) dans la détection de malformations labyrinthiques classiques ; mais également dans la détection de celles qui sont invisibles à l'œil nu par un radiologue expert, à partir de données d'imagerie en coupes (scanner, cone beam ou imagerie par résonance magnétique).

En plus de faciliter la détection syndromique et d'aider au planning préopératoire, l'ambition de cette nouvelle génération de logiciel est d'avancer dans la compréhension et le dépistage précoce des atteintes ménériennes pour les patients porteurs de troubles cochléovestibulaires.

Mots-clés

Intelligence artificielle
généraliste
Malformations
Labyrinthe
Imagerie

tion chirurgicale, notamment dans la chirurgie de l'implant cochléaire, mais pourrait également être utilisée dans le développement de la chirurgie robotisée de l'implant cochléaire pour des abord mini-invasifs (figure 1).

Bien que l'apprentissage profond soit efficace sur des tâches simples comme la segmentation, qui permet un contrôle visuel direct, il est actuellement déconseillé de s'en servir pour une tâche plus complexe comme le diagnostic en utilisant les réseaux de neurones artificiels en autonomie pour aller chercher des métriques mathématiques et non médicales.

En effet, il est très difficile actuellement de savoir comment un algorithme d'apprentissage profond arrive à un résultat donné, et il n'y a pas de possibilité de décomposer le modèle ou de le simuler [7]. Problématiques également, les tentatives d'explicabilité par des analyses a posteriori à l'aide de "heat maps" ont montré que les algorithmes d'apprentissage profond pouvaient arriver à la bonne décision à partir d'informations non médicales [8] et que

l'apprentissage erroné de ces raccourcis pouvaient être étendu à une base de validation externe sans que l'expert s'en aperçoive. Ces limites ont amené des auteurs à dénoncer les faux espoirs de l'explicabilité de l'apprentissage profond dans la santé. L'influence de la machine d'acquisition (type de scanner ou d'IRM, puissance du champ magnétique, etc.) sur la valeur des métriques anatomiques est l'un des biais majeurs en imagerie médicale. Ainsi, une cochlée segmentée à partir d'une séquence T2 en IRM venant d'une machine Philips peut avoir des valeurs différentes si le même patient a eu son IRM sur une machine Siemens. Il existe des moyens statistiques de corriger ces "effets machine" [9] ou de sous-échantillonner la population de référence pour limiter cet effet machine [10].

L'analyse tridimensionnelle à la recherche d'anomalies peut ensuite se faire sur des métriques anatomiques (volumes de la cochlée, des canaux, du vestibule ; angulations des canaux, longueur cochléaire) à l'aide d'autres technologies d'IA que nous allons détailler.

Summary

This article summarizes the prospects for using supervised and unsupervised artificial intelligence (led by an expert or detecting anomalies autonomously) in the detection of traditional labyrinthine malformations, but also in the detection of those invisible to the naked eye by an expert radiologist, based on cross-sectional imaging data (scanner, cone beam or magnetic resonance imaging).

In addition to facilitating syndromic detection and helping with preoperative planning, the ambition of this new generation of software is to advance in the understanding and early screening of meniere-form disorders for patients with cochleovestibular disorders.

Keywords

Generative artificial intelligence
Malformations
Labyrinth
Imaging

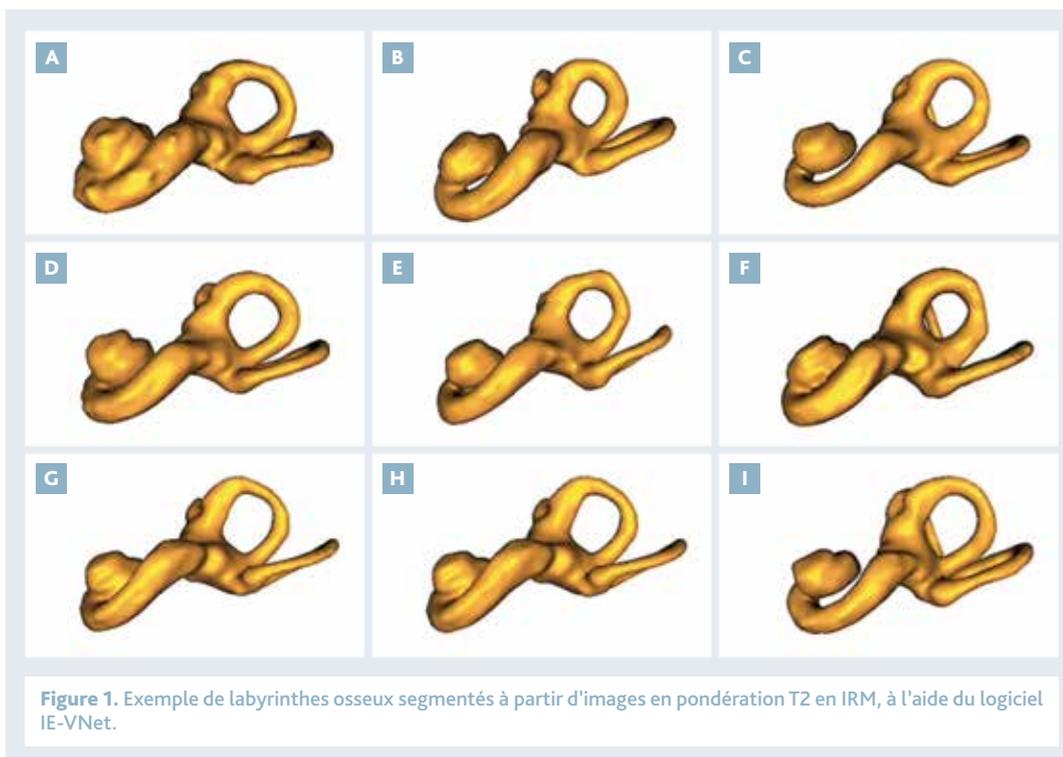
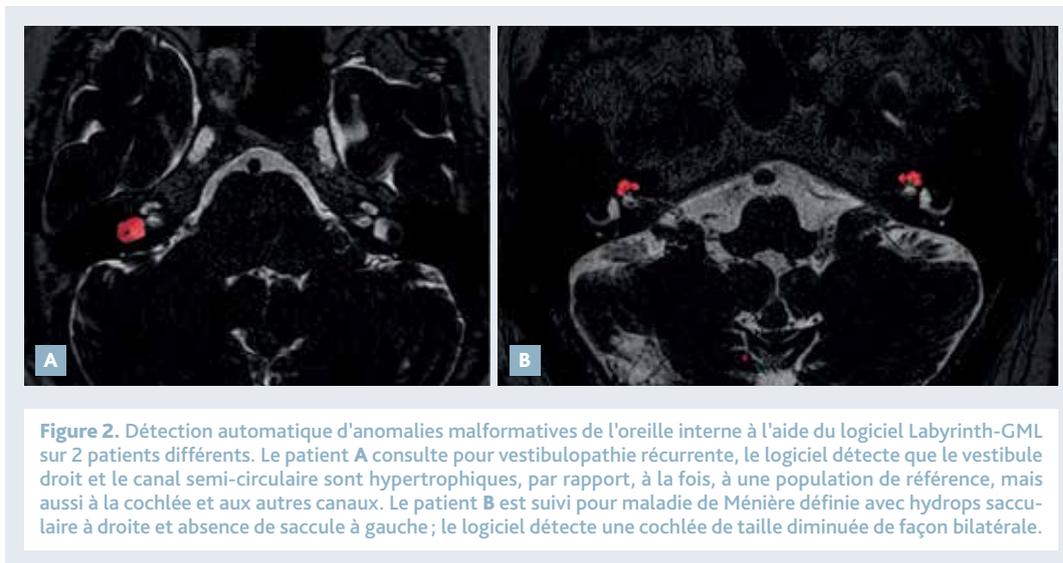


Figure 1. Exemple de labyrinthes osseux segmentés à partir d'images en pondération T2 en IRM, à l'aide du logiciel IE-VNet.

Références bibliographiques

1. Attyé A, Eliezer M. Endolymph magnetic resonance imaging: Contribution of saccule and utricle analysis in the management of patients with sensorineural ear disorders. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2020;137(1):47-51.
2. Demarcy T et al. Automated analysis of human cochlea shape variability from segmented μ CT images. *Comput Med Imaging Graph Off J Comput Med Imaging Soc* 2017;59:1-12.
3. Breitsprecher TM et al. Cochlear and vestibular volumes in inner ear malformations. *Otol Neurotol* 2022;43(8):e814-e819.
4. Hussain R et al. Automatic segmentation of inner ear on CT-scan using auto-context convolutional neural network. *Sci Rep* 2021;11:4406.
5. Chartrand G et al. Deep learning: a primer for radiologists. *Radiographics* 2017;37(7):2113-31.
6. Ahmadi S-A et al. IE-Vnet: Deep learning-based segmentation of the inner ear's total fluid space. *Front Neurol* 2022;13:663200.
7. Ghassemi M et al. The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care. *Lancet Digit Health* 2021;3:e745-50.
8. DeGrave AJ et al. AI for radiographic COVID-19 detection selects shortcuts over signal. *Nat Mach Intell* 2021;3:610-9.
9. Horng H et al. Improved generalized ComBat methods for harmonization of radiomic features. *Sci Rep* 2022;12(1):19009.
10. Attyé A et al. TractLearn: A geodesic learning framework for quantitative analysis of brain bundles. *Neuroimage* 2021;233:117927.
11. Lee P et al. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine. *N Engl J Med* 2023;388:1233-



Analyse de variété générative

Pour améliorer la précision et l'efficacité du diagnostic médical, l'IA a récemment connu un nouveau "boom" avec l'arrivée de logiciels dits génératifs, c'est-à-dire capables de synthétiser des données artificielles à partir d'une base de connaissances propres. Les plus populaires de ces logiciels sont basés sur des "modèles de langage large" [11] qui synthétisent du texte pouvant être utilisé pour répondre à des questions posées par les patients.

Si la pertinence médicale est encore loin d'être acquise, d'autres applications ont fait leurs preuves en médecine, notamment les modèles permettant de générer des référentiels personnalisés pour chaque patient, c'est-à-dire des normes quantitatives ne se basant pas uniquement sur l'âge et le sexe des patients, mais sur l'ensemble de leurs données. L'idée est de détecter les malformations labyrinthiques d'un patient à partir des données quantitatives, non pas en le comparant à un échantillon de sujets sains appariés, mais en créant un labyrinthe numérique virtuel de référence qui soit au plus proche du sien pour mieux détecter les petites malformations qui échapperaient aux statistiques traditionnelles, qui moyennent trop de sujets sains. Au-delà de la correction de l'effet machine évoquée précédemment, l'intérêt est de détecter l'anomalie d'une sous-structure dédiée (par exemple une microcochlée) par rapport à d'autres structures labyrinthiques comme le vestibule et les canaux semi-circulaires, et pas uniquement par rapport à une population de cochlée de référence, même bien sélectionnée (figure 2).

Il convient enfin de s'intéresser à la partie statistique médicale. En effet, ce type de logiciel étant entraîné de façon non supervisée pour détecter des anomalies radiologiques, il n'existe pas de *gold standard* pour valider ses résultats. La pertinence clinique se mesurera donc à la corrélation entre la présence de ces nouvelles anomalies radiologiques et des phénotypes cliniques, des réponses thérapeutiques et des prédictions d'évolutivité.

Les méthodes statistiques à utiliser seront donc des métriques classiques (odds ratio, probabilité d'appartenance à un sous-groupe de patients, etc.) et en aucun cas des métriques de *machine learning* (spécificité, sensibilité, etc.) par rapport à un diagnostic établi par un otologiste, ces logiciels étant destinés à de l'aide à la décision clinique et non à automatiser le diagnostic.

Conclusion

L'introduction de logiciels d'IA pour détecter des malformations de l'os temporal invisibles à l'œil nu pourrait représenter une étape majeure dans la prise en charge des patients avec troubles cochléo-vestibulaires. Cette innovation devra être évaluée dans une étude clinique prospective pour évaluer les perspectives en termes d'identification précoce de sous-groupe de patients difficiles à distinguer cliniquement, voire pour sélectionner les patients en fonction des voies thérapeutiques propres aux maladies chroniques de l'oreille interne. ■

A. Attyé déclare avoir des liens d'intérêts avec GeodAlSics.

Imagerie des brèches ostéodurales de la base du crâne

Imaging of skull base osteodural breaches

M. Babin*, F. Benoudiba*

Une brèche ostéodurale est une solution de continuité intéressant l'interface osseuse entre les cavités intra- et extracrâniennes, avec possible écoulement de liquide céphalo-rachidien au travers. La gravité de cette pathologie réside dans le risque d'infection du système nerveux central qu'elle peut engendrer. La place de l'imagerie est majeure dans son étude, puisqu'elle présente un double intérêt : essentiellement localisatrice lorsque le diagnostic clinique est évident, elle peut également permettre le diagnostic positif (et de ce fait topographique) dans les situations cliniques plus douteuses. L'exploration radiologique fait principalement intervenir 2 modalités radiologiques, la TDM et l'IRM, dont les performances dépendent du protocole réalisé. Cet article vise à éclaircir la stratégie d'exploration radiologique des brèches ostéodurales.

Généralités

Les brèches ostéodurales font communiquer l'endocrâne et les cavités aériques extracrâniennes. Elles intéressent essentiellement les étages antérieur et moyen de la base du crâne. Pour rappel, l'étage antérieur de la base du crâne présente des frontières anatomiques osseuses avec les cavités sinusiennes antérieures, notamment les sinus frontaux et les cellules ethmoïdales. L'étage moyen de la base du crâne présente, lui, des frontières anatomiques osseuses avec les cavités sinusiennes postérieures, notamment les sinus sphénoïdaux situés en bas et en avant de la selle turcique et à proximité des régions temporales, ainsi que les cavités tympano-mastoïdiennes latéralement et inférieurement.

Ainsi, les brèches ostéodurales antérieures de la base du crâne, les plus fréquentes, résultent majoritairement :

- d'une discontinuité de la lame criblée de l'ethmoïde, pièce osseuse très fragile, et des fovéas ethmoïdales, portions latérales du toit de l'ethmoïde (*figure 1, p. 22*) ;
- d'une discontinuité des parois postérieures des sinus frontaux.

Les brèches ostéodurales moyennes de la base du crâne, plus rares, résultent quant à elles :

- d'une discontinuité de la paroi postérosupérieure des sinus sphénoïdaux, les faisant communiquer avec la région sellaire ;
- d'une discontinuité de l'os sphénoïdal chez des patients présentant une variante anatomique à type d'hyperpneumatisation sphénoïdale, faisant communiquer la région temporale et les sinus sphénoïdaux (*figure 2, p. 22*) ;
- d'une discontinuité de la paroi supérieure du rocher faisant communiquer l'endocrâne avec les cellules mastoïdiennes, l'antre mastoïdienne et la caisse du tympan, respectivement par l'intermédiaire du toit des cellules mastoïdiennes, du tegmen antri et du tegmen tympani (*figure 3, p. 23*).

Ces brèches ostéodurales sont parfois responsables d'un retentissement fonctionnel secondaire aux liquorrhées (rhinorrhée ou otorrhée), mais leur risque principal réside dans l'infection du système nerveux central, fréquente, souvent grave et parfois mortelle. En effet, les brèches ostéodurales exposent au risque de méningite infectieuse [1] (pachy- et/ou leptoméningite), d'empyème sous-dural et d'abcès cérébral (*figure 4, p. 23*). En cas de suspicion de complication, le couple TDM + IRM permettra dans certaines situations de faire un bilan diagnostique et d'évaluer l'extension de la brèche.



M. Babin

* Service de neuroradiologie du CHU du Kremlin-Bicêtre.

Points forts⁺⁺

- » La brèche ostéodurale, en faisant communiquer l'endo- et l'exocrâne, expose à des infections graves du système nerveux central. Son exploration requiert une stratégie diagnostique performante.
- » L'examen clinique restant difficile, notamment dans l'étude des confins faciaux, l'imagerie joue un rôle majeur dans le diagnostic positif et topographique des brèches ostéoméningées.
- » La stratégie d'exploration radiologique des brèches ostéodurales fait intervenir, en première intention, le couple non invasif TDM + IRM.
- » Le protocole IRM d'exploration d'une brèche doit comporter une séquence 3D en hyperpondération T2.
- » Dans le cas des brèches ostéodurales dites "spontanées", l'IRM permet de rechercher des facteurs favorisants, notamment l'HTIC "idiopathique".

Highlights

» Osteodural breaches, by connecting the endo- and exocranium, expose the central nervous system to serious infections. Its exploration requires an effective diagnostic strategy.

» As clinical examination remains difficult, particularly in the study of facial borders, imaging plays a major role in the positive and topographical diagnosis of osteomeningeal breaches.

» The radiological exploration strategy for osteodural breaches first involves the noninvasive combination of CT-scan and MRI.

» The MRI protocol must include a 3D T2 hyperweighted sequence.

» In the case of so-called "spontaneous" osteodural breaches, MRI can also be used to detect predisposing factors, such as "idiopathic" intracranial hypertension.

Keywords

Osteodural breach
Computed tomography
CT-cisternography
MRI
Idiopathic intracranial hypertension

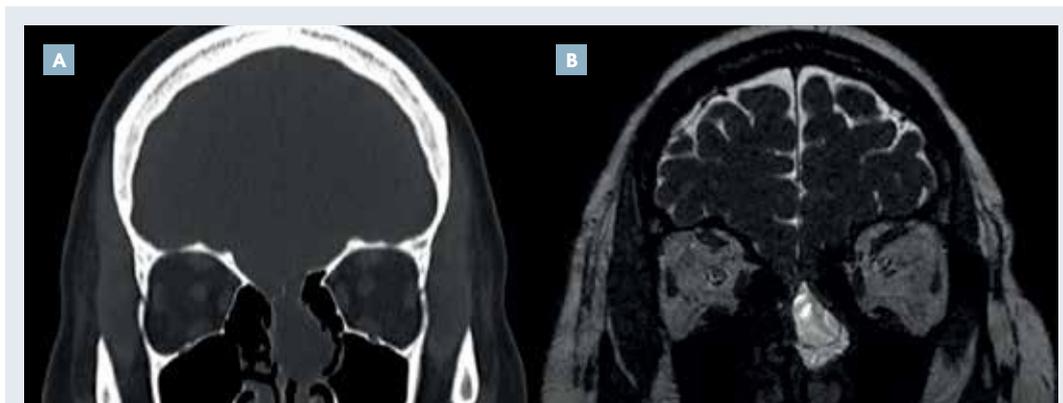


Figure 1. Rhinorrhée et obstruction nasale gauche chez une patiente de 50 ans. **A.** Reconstruction coronale de scanner haute résolution du massif facial montrant une déhiscence de la lame criblée de l'ethmoïde à gauche avec comblement convexe de la fosse nasale gauche. **B.** Reconstruction coronale d'IRM (séquence hyperpondérée T2) confirmant le diagnostic de méningocèle nasale gauche au travers de la brèche.



Figure 2. Rhinorrhée chez un patient de 40 ans. **A.** Coupe axiale de scanner du massif facial montrant une brèche temporosphénoïdale droite sur hyperpnéumatisation latérale du sphénoïde. **B.** Reconstruction coronale du scanner indiquant la brèche susmentionnée, avec comblement complet du sinus sphénoïdal droit. **C.** Reconstruction coronale d'IRM (séquence T2) confirmant le diagnostic de méningocéle sphénoïdale droite au travers de la brèche.

Les causes de brèche ostéodurale sont multiples et peuvent être classées selon leur mécanisme. Elles peuvent présenter une origine traumatique (accidentelle ou iatrogène) ou non traumatique (primaire sur défaut osseux congénital, secondaire sur processus affectant les parois osseuses comme certains processus infectieux, inflammatoires ou tumoraux). Enfin, il existe des cas de brèches ostéodurales dites "spontanées", notamment retrouvées dans le cadre de l'hypertension intracrânienne (HTIC) "idiopathique".

L'exploration diagnostique d'une brèche ostéodurale repose bien évidemment sur l'interrogatoire, l'examen clinique avec, notamment, la mise en évidence d'une rhinorrhée ou d'une otorrhée claire qui représentent les principaux motifs de consultation, l'examen biologique sur liquide recueilli avec test à la bandelette pour recherche de positivité de la β 2-transferrine, protéine relativement spécifique du liquide cébrospinal (LCS), ainsi que l'examen endoscopique. Dans les situations où ces différents éléments font aisément poser le diagnostic de fuite

de LCS, l'exploration radiologique aura pour principal rôle le diagnostic topographique de la brèche. Dans les situations plus complexes, le bilan d'imagerie permettra dans un premier temps de rechercher et confirmer l'existence d'une brèche et d'en préciser la topographie. Dans tous les cas, l'imagerie permettra également de rechercher des causes, des complications et de guider une éventuelle navigation chirurgicale.

Stratégie d'exploration radiologique [2-4]

L'exploration radiologique d'une brèche ostéodurale repose en premier lieu et dans la grande majorité des cas sur une stratégie non invasive, associant 2 modalités d'imagerie complémentaires : la TDM et l'IRM. Chacune de ces modalités présentant ses spécificités, il est nécessaire de les coupler pour augmenter la performance de l'exploration.

TDM

La tomodensitométrie représente l'examen d'imagerie le plus performant pour l'analyse des structures osseuses et constitue donc un outil indispensable dans l'approche des brèches ostéodurales. D'un point de vue technique, elle permet la réalisation d'acquisitions volumiques isotropiques avec des coupes d'épaisseur inframillimétrique, autorisant une analyse haute résolution des structures anatomiques et des reconstructions dans les 3 plans de l'espace (axial, coronal et sagittal), indispensables à l'interprétation. Il s'agit d'une technique facilement accessible, rapide et ne nécessitant pas d'injection de produit de contraste iodé, dont les objectifs sont les suivants : identifier et localiser une brèche ostéodurale, rechercher des causes sous-jacentes (fracture, infection, pathologie inflammatoire, etc.) et réaliser une cartographie anatomique pour une éventuelle navigation peropératoire (figure 5A, p. 24).

D'un point de vue pratique, on suspecte l'existence d'une brèche ostéoméningée devant l'association d'une solution de continuité osseuse faisant apparemment communiquer l'endocrâne et les cavités sinusiennes ou tympanomastoïdiennes et d'un comblement liquidien suspendu au sein d'une de ces cavités en regard du défaut osseux. A fortiori, la présence d'une pneumocéphalie à proximité du défaut osseux permet de poser le diagnostic.

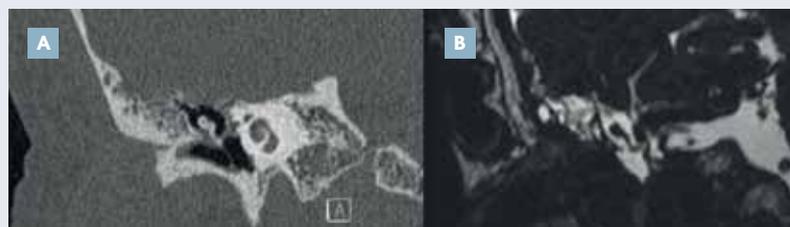


Figure 3. Otorrhée après chirurgie de l'oreille moyenne chez une patiente de 45 ans. **A.** Reconstruction coronale de scanner haute résolution du rocher droit montrant une interruption de continuité du tegmen tympani. **B.** Reconstruction coronale d'IRM (séquence hyperpondérée T2) des rochers montrant un début d'encéphalocèle temporale droite au travers de la brèche.

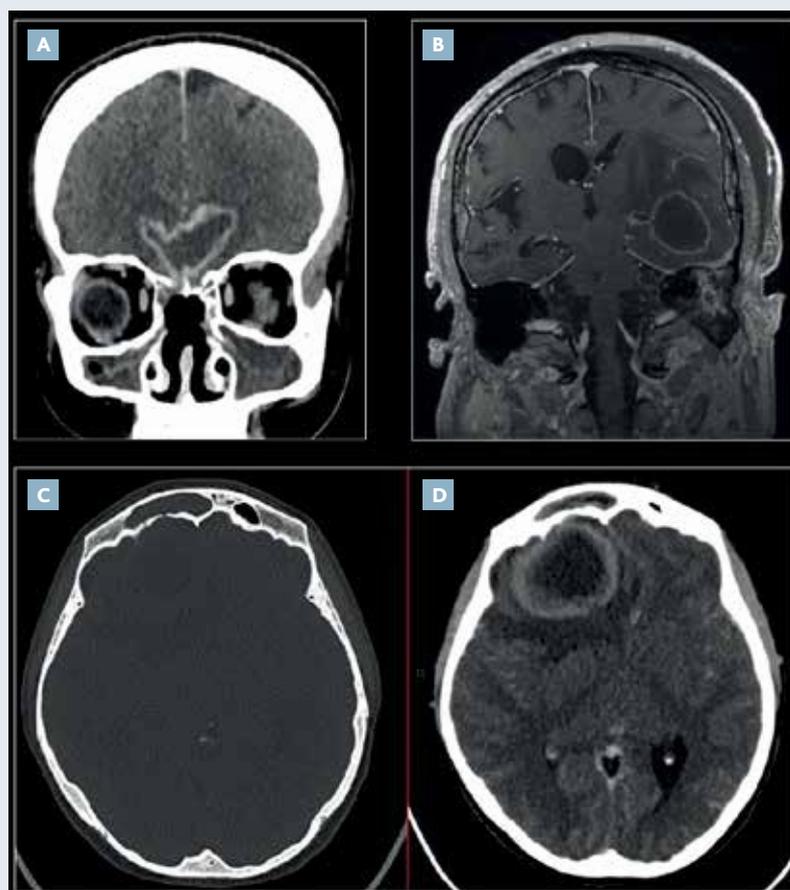


Figure 4. **A.** Céphalées fébriles dans les suites d'une ethmoïdectomie dans un contexte de polyposse. Coupe coronale de scanner injecté du massif facial montrant un abcès basifrontal médian et une solution de continuité de la lame criblée de l'ethmoïde à droite, faisant hautement suspecter une brèche. **B.** Crise convulsive fébrile chez un patient présentant un cholestéatome surinfecté à gauche. Reconstruction coronale d'IRM (T1 après injection de gadolinium) indiquant une pachyméningite et un abcès de topographie temporale gauche, faisant suspecter une brèche du toit du rocher. **C, D.** Céphalées fébriles chez une femme de 25 ans traitée pour sinusite frontale depuis 1 semaine. Scanner en coupes axiales montrant un comblement complet du sinus frontal droit avec une solution de continuité de sa paroi postérieure, avec volumineux abcès frontal droit en contiguïté.

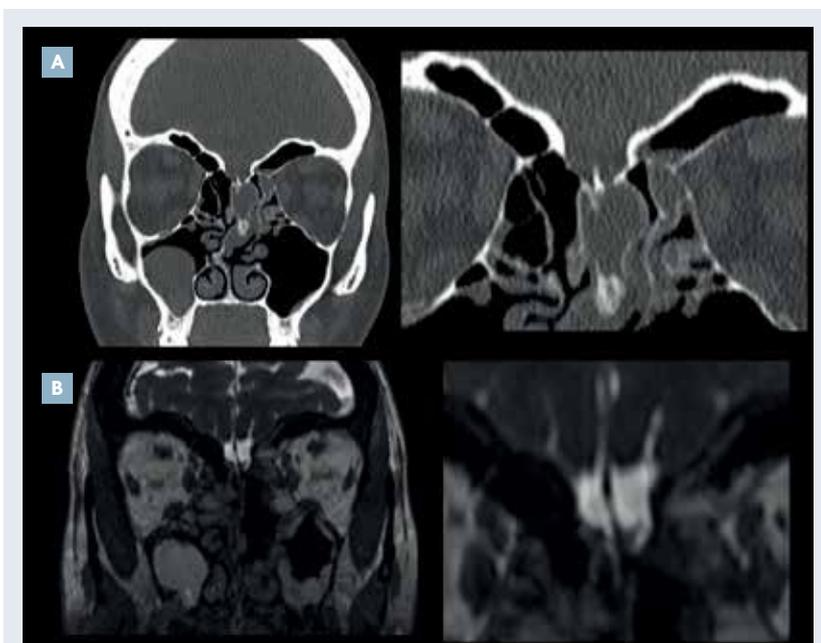


Figure 5. Récidive de rhinorrhée chez une patiente déjà opérée pour comblement d'une brèche ethmoïdale à gauche. **A.** Reconstruction coronale de scanner haute résolution du massif facial difficilement interprétable isolément étant donné l'antécédent chirurgical, avec comblement bilatéral des fentes olfactives. **B.** Reconstruction coronale d'IRM (séquence hyperpondérée T2) montrant un liseré en franc hypersignal T2 au niveau de la fente olfactive droite, correspondant à une brèche à ce niveau.

Sa principale limite réside dans le fait qu'elle ne permet qu'un état des lieux des structures osseuses, sans préjuger de l'existence d'une fuite de LCS. Ainsi, en cas de brèches osseuses multiples, elle ne permet pas d'identifier la brèche responsable d'une rhinorrhée ou otorrhée active. Par ailleurs, et malgré sa grande résolution, le scanner peut être mis en défaut pour différencier un défaut osseux d'une extrême déhiscence osseuse sans authentique défaut associé, notamment en cas de comblement muqueux ou liquidien des cavités aériques sinusiennes et mastoïdiennes.

IRM

L'IRM constitue le deuxième pilier radiologique dans l'exploration des brèches ostéodurales. Contrairement au scanner qui se base essentiellement sur des signes indirects, elle peut permettre la visualisation de la fuite de LCS au travers d'une brèche. Le protocole comprendra systématiquement et au minimum une séquence volumique isotropique hyperpondérée T2 afin de sensibiliser la recherche de LCS en regard de la ou des brèche(s) suspectée(s).

Cette séquence se base sur le haut signal T2 du LCS (qui se rapproche de celui de l'eau) et l'abaissement du signal des tissus environnants, ce qui permet de créer un important contraste LCS-tissus environnants, équivalent à une "cisternographie virtuelle". Elle montre ainsi une fuite de LCS sous la forme d'un hypersignal T2 liquidien souvent linéaire au travers du défaut osseux (figure 5B).

Le protocole sera complété par des séquences T1 et T2 "classiques" en coupes coronales, pour faciliter l'analyse anatomique et permettre celle des tissus mous environnants et du contenu des cavités sinusiennes et tympanomastoïdiennes. Ces séquences pourront notamment faciliter le diagnostic de méningocèle ou d'encéphalocèle et permettront d'analyser la méninge et le parenchyme cérébral éventuellement impliqués. Pour rappel, la méningocèle et la méningoencéphalocèle constituent une ptose voire un passage de contenu méningé et de tissu encéphalique au travers d'une zone de faiblesse de la dure-mère directement dans les cavités aériques de la base du crâne et représentent ainsi un signe très évocateur de brèche [5] (figures 1-3, p. 22-23).

Actuellement, le couple scanner-IRM permet le plus souvent de confirmer le diagnostic et de sursoir à un examen plus invasif tel que le cisternoscanner. Cependant, dans les cas difficiles, cette technique peut être d'une grande utilité pour faire le diagnostic de brèche.

Cisterno-TDM

Lorsque le diagnostic positif et/ou topographique d'une brèche ostéodurale reste douteux malgré l'examen clinicobiologique et radiologique standard, la cisterno-TDM peut permettre de clarifier la situation [6]. Il s'agit d'une technique consistant à réaliser des acquisitions tomodynamométriques après injection par voie intrathécale (le plus souvent au niveau lombaire) de produit de contraste iodé, permettant un rehaussement des espaces sous-arachnoïdiens (cisternes de la base et sillons corticaux). Elle démontre formellement l'existence d'une brèche par la visualisation d'une fuite de produit de contraste iodé au travers d'une zone de communication entre endo- et exocrâne. L'acquisition des images en décubitus ventral après mise en position de Trendelenburg peut permettre de sensibiliser la détection d'une fuite de produit de contraste, notamment dans le cas des brèches antérieures de la base du crâne (figure 6).

Point sur l'HTIC idiopathique [7, 8]

L'hypertension intracrânienne "idiopathique" est une pathologie en augmentation d'incidence, intéressant particulièrement les femmes jeunes atteintes d'obésité, de physiopathologie encore mal comprise. Essentiellement à l'origine d'une symptomatologie céphalalgique, elle peut être impliquée dans l'apparition de brèches ostéodurales "spontanées" avec fuite de LCS, possiblement par défaut de résorption et majoration de la pression intracrânienne du LCS ainsi que par fragilisation des zones propices au développement de brèches comme la lame criblée de l'éthmoïde. Il conviendra alors d'en rechercher les signes radiologiques en cas de facteurs prédisposants et de suspicion de brèche ostéodurale sans cause retrouvée.

Le protocole IRM pourra alors comporter, en plus des séquences citées dans le paragraphe précédent, des acquisitions T2 (coupes coronales et axiales) sur les nerfs optiques, une acquisition sagittale sur la selle turcique et une acquisition volumique au temps veineux pour étude des sinus veineux durs. En effet, les signes radiologiques classiques d'HTIC "idiopathique" comprennent notamment une pseudoarachnoïdocèle intrasellaire (aspect de selle turcique "vide"), un aspect tortueux des nerfs optiques, une dilatation des gaines des nerfs optiques, un aplatissement postérieur de la sclère,

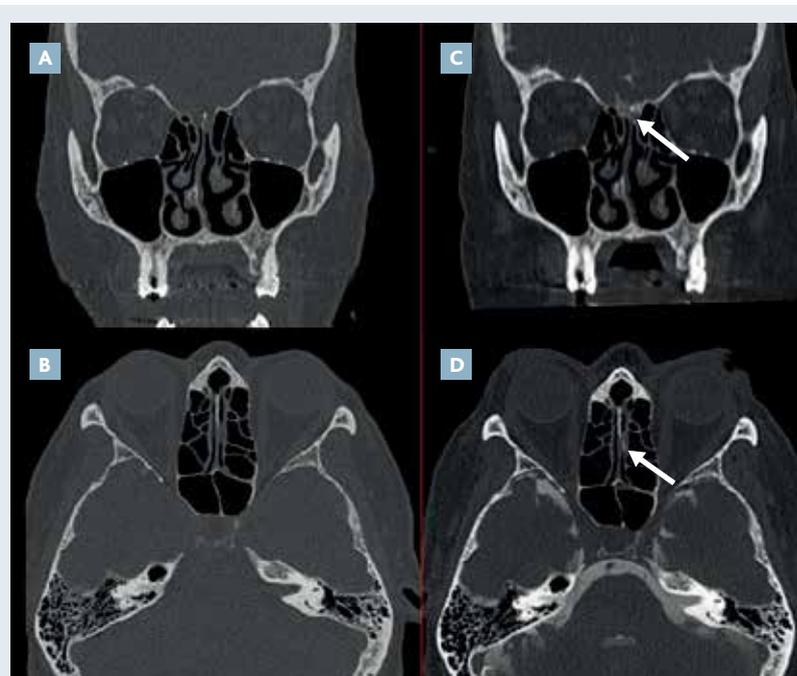


Figure 6. Rhinorrhée intermittente dans un contexte d'antécédent de traumatisme craniofacial, avec examens radiologiques standards non formellement conclusifs. **A et B.** Coupes coronale et axiale de scanner faisant suspecter une interruption de continuité de la lame criblée à gauche, avec discret comblement de la fente olfactive gauche. **C et D.** Coupes coronale et axiale de cisternoscanner confirmant une fuite de produit de contraste iodé au sein de la fente olfactive gauche, à travers une brèche de la lame criblée à gauche.

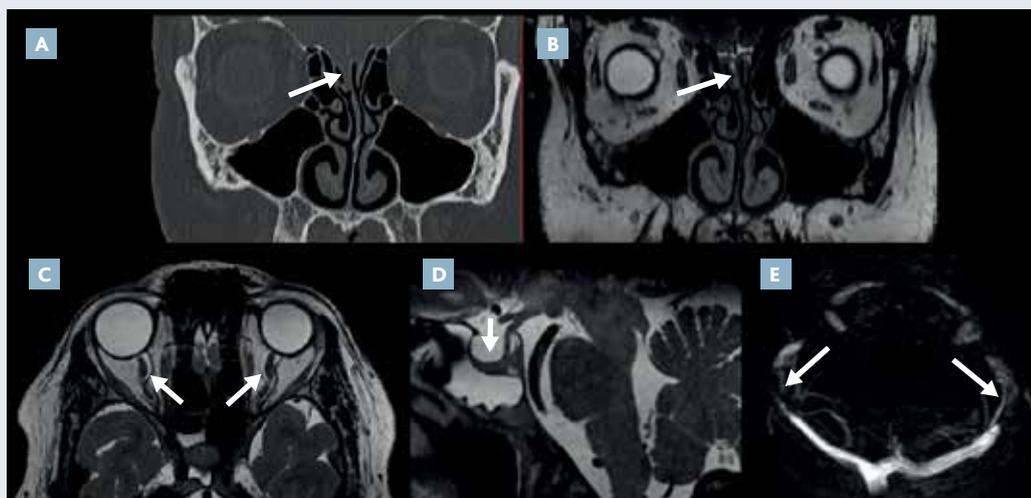


Figure 7. Rhinorrhée chez une femme de 55 ans sans contexte anamnestique ni clinique prédisposant. **A.** Coupe coronale de scanner faisant suspecter une interruption de la lame criblée à droite, avec comblement de la fente olfactive droite. **B.** Coupe coronale d'IRM confirmant la brèche (hypersignal T2 linéaire au sein de la fente olfactive droite). **C, D et E.** Séquences supplémentaires d'IRM montrant une tortuosité des nerfs optiques, une dilatation de leur gaine, une pseudoarachnoïdocèle intrasellaire et une sténose bilatérale des sinus veineux durs, l'ensemble faisant suspecter une HTIC idiopathique.

une protrusion de la papille optique, et bien souvent une sténose bilatérale des sinus veineux latéraux (figure 7, p. 25). Son diagnostic pourra être confirmé par une ponction lombaire avec mesure de pression du LCS et entraînera, dans certains cas, une prise en charge spécifique, médicamenteuse voire neuroradiologique interventionnelle (stenting des sinus veineux sténosés).

Conclusion

La brèche ostéodurale de la base du crâne constitue une pathologie à retentissement fonctionnel, mais également à retentissement vital potentiel, à cause

du risque d'infection grave du système nerveux central auquel elle prédispose. Associée à l'examen clinique, l'exploration radiologique joue un rôle majeur dans le diagnostic positif et topographique de la brèche. Elle fait intervenir le couple TDM + IRM et nécessite un protocole adapté pour maximiser ses performances. Elle permet également la recherche de facteurs favorisant comme l'HTIC "idiopathique". Dans les cas difficiles, la cisterno-TDM sera réalisée en deuxième intention pour conforter le diagnostic positif et topographique de brèche. ■

M. Babin et F. Benoudiba déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.

Références bibliographiques

1. Daudia A et al. Risk of meningitis with cerebrospinal fluid rhinorrhea. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2007;116(12):902-5.
2. Hiremath SB et al. Cerebrospinal fluid rhinorrhea and otorrhea: a multimodality imaging approach. *Diagn Interv Imaging* 2019;100(1):3-15.
3. Bathla G et al. Imaging of cerebrospinal fluid leak. *Semin Ultrasound CT MR* 2016;37(2):143-9.
4. Reddy M, Baugnon K. Imaging of cerebrospinal fluid rhinorrhea and otorrhea. *Radiol Clin North Am* 2017;55(1):167-87.
5. Connor SE. Imaging of skull-base cephaloceles and cerebrospinal fluid leaks. *Clin Radiol* 2010;65(10):832-41.
6. Velusamy A et al. CT cisternogram findings in idiopathic cerebrospinal fluid leaks with emphasis on long term management. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2022;74(Suppl. 2):1605-11.
7. Tam EK, Gilbert AL. Spontaneous cerebrospinal fluid leak and idiopathic intracranial hypertension. *Curr Opin Ophthalmol* 2019;30(6):467-71.
8. S Bidot et al. Do most patients with a spontaneous cerebrospinal fluid leak have idiopathic intracranial hypertension? *J Neuroophthalmol* 2019;39(4):487-95.

CMS

CORSICA MEDICAL SUMMIT

Conférence Euro-Méditerranéenne

x

ORL
CORSICA

ESTHÉTIQUE
CORSICA

TOXIN
CORSICA

SAVE THE DATE



Corsica-medical-summit.com

AJACCIO

21 & 22
JUN
2024

Contact :

Coordination générale

Prescilla Escriva
+ 33 6 26 45 64 46
p.escriva@comnco.com

Inscription et informations pratiques

Laetitia Passadat
+ 33 6 14 10 46 67
cms@comnco.com

comnco
GROUP

Grands repères scanographiques avant chirurgie nasosinusienne

Major scanographic landmarks before sinonasal surgery

M. Alexandru^{1,3}, L. Tanaka^{1,2}, J. Nevoux^{1,2}, G. Adebs Nasser⁴, F. Benoudiba⁴, J.F. Papon^{1,2}

Du fait de sa complexité, l'anatomie des cavités nasosinusiennes peut être difficile à appréhender. Cependant, son analyse détaillée est indispensable avant toute chirurgie endonasale, afin de minimiser les risques de difficultés ou de complications opératoires.

Le scanner des sinus sans injection de produit de contraste est la pierre angulaire de l'imagerie sinusienne préopératoire.

L'objectif de cet article est d'énumérer les grands repères anatomiques à analyser avant de réaliser une chirurgie nasosinusienne. Selon le type de chirurgie, on s'intéressera à différentes zones anatomiques à risque. Enfin, une "check-list" préopératoire sera établie.

Chirurgie du sinus maxillaire

Procidence du canal infraorbitaire

Le sinus maxillaire, de forme pyramidale, est creusé dans l'os maxillaire. Ses limites anatomiques sont :

➤ en haut, le plancher d'orbite avec le canal infraorbitaire, par lequel passe le nerf maxillaire (2^e branche du nerf trijumeau : V2). Une procidence (plus rarement une déhiscence) du canal infraorbitaire dans le sinus maxillaire peut s'observer, et l'analyse scanographique (coupes coronales) d'une éventuelle procidence permettra d'éviter une lésion peropératoire du nerf maxillaire (notamment lors d'une méatotomie moyenne ou inférieure) (figure 1) ;

➤ en avant, l'os maxillaire est composé des piliers osseux canin et zygomatique et d'une zone de fragilité osseuse : la fosse canine, par laquelle sont réalisés les abords du sinus maxillaire par voie de Caldwell-Luc ;



Figure 1. Scanner des sinus, coupe coronale montrant une procidence du canal infraorbitaire droit au sein du sinus maxillaire. Cette variante anatomique est à risque de lésion du nerf maxillaire lors d'une méatotomie moyenne ou inférieure droite.

- en arrière, la fosse infratemporale ;
- en bas, l'os maxillaire sur lequel s'insèrent les 16 dents supérieures ;
- médialement, la limite correspond à la cloison intersinusonasale. Elle est composée d'un ostium, orifice de drainage du sinus maxillaire vers la fosse nasale. Les limites de cet ostium sont : en avant, la voie lacrymale ; en arrière, la lame perpendiculaire de l'os palatin (où est situé le foramen sphéno-palatin par où passe l'artère du même nom) ; en haut, l'os ethmoïde ; en bas, le cornet inférieur ; et latéralement, le processus unciforme [1].



M. Alexandru

¹ Service d'ORL et chirurgie cervico-odontofaciale, hôpital Bicêtre, AP-HP.

² Faculté de médecine, université Paris-Saclay.

³ UMR_S933, Maladies génétiques d'expression pédiatrique, INSERM, Sorbonne Université, hôpital Armand-Trousseau, Paris.

⁴ Service de neuroradiologie diagnostique, hôpital Bicêtre, AP-HP.

Points forts⁺⁺

Mots-clés

Chirurgie nasosinusienne

Variantes anatomiques

Scanner des sinus

» Du fait de la grande variabilité de leur anatomie, la chirurgie des cavités nasosinusiennes peut représenter un défi complexe à relever. En effet, chaque partie des fosses nasales a des variantes anatomiques à connaître et à analyser en préopératoire.

» Le scanner des sinus est l'examen d'imagerie de référence avant toute chirurgie endonasale.

» D'avant en arrière, les repères anatomiques à analyser avant l'opération sont : les cellules frontoethmoïdales (coupes sagittales) ; le récessus frontal (coupes sagittales) ; la lame papyracée (coupes axiales et coronales) ; le processus unciforme (coupes coronales) ; les artères ethmoïdales (coupes coronales et sagittales) ; le nerf maxillaire (V2) et le canal infraorbitaire (coupes coronales) ; la cellule d'Onodi (coupes axiales, coronales et sagittales) ; le nerf optique (coupes axiales, coronales et sagittales) ; l'artère carotide interne (coupes axiales, coronales et sagittales).

Highlights

» *Because of the great variability of its anatomy, sinonasal surgery can be a complex challenge. Indeed, each part of the nasal cavity has anatomical variants that must be known and analyzed before surgery.*

» *The sinus CT-scan is the benchmark imaging exam prior to any sinus surgery.*

» *From front to back, the anatomical landmarks to be analyzed preoperatively are: the frontoethmoidal cells (sagittal sections); the frontal recess (sagittal sections); the papyraceous lamina (axial and coronal sections); the unciform process (coronal sections); the ethmoidal arteries (coronal and sagittal sections); the maxillary nerve (V2) and the infraorbital canal (coronal sections); the Onodi cell (axial, coronal and sagittal sections); the optic nerve (axial, coronal and sagittal sections); the internal carotid artery (axial, coronal and sagittal sections).*

Keywords

Sinonasal surgery
Anatomical variants
Sinus CT-scan

Position du processus unciforme (ou unciné)

La position du processus unciforme varie d'un patient à l'autre et nécessite d'être étudiée afin de prévenir les difficultés opératoires lors d'une méatotomie moyenne. Le processus unciforme est une structure osseuse mince qui s'insère sur l'os turbinale, la lame perpendiculaire de l'os palatin et l'os ethmoïdal. Il présente un bord postérieur libre de forme concave (figure 2). Une uncinectomie est réalisée au début d'une méatotomie moyenne afin d'ouvrir le sinus maxillaire. Le processus unciforme peut présenter des variantes anatomiques qui vont diminuer le calibre de l'orifice de drainage du sinus

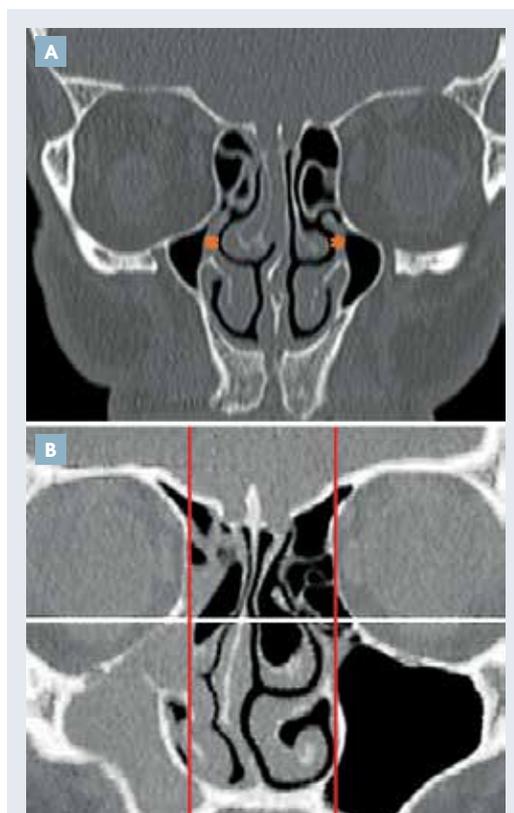


Figure 2. Position du processus unciforme. A. Coupes coronales, on visualise le processus unciforme (*). B. Le processus unciforme passe habituellement dans le même plan coronal que la lame papyracée (lignes verticales rouges).

maxillaire, à l'origine de sinusites à répétition. Ainsi, il peut être : pneumatisé, horizontalisé (adhérant au rebord orbitaire), verticalisé (adhérant au toit de l'ethmoïde ou à la lame orbitaire) ou hypoplasique.

Défaut de la lame papyracée

La lame papyracée correspond à la lame osseuse séparant l'orbite des cavités nasales. Elle est très fine : 0,2-0,4 mm [2].

Elle peut être déhiscente et/ou procidente, spontanément ou du fait d'un traumatisme facial (figure 3).



Figure 3. Aspect déhiscent de la lame papyracée droite (flèches) en coupes axiale (A) et coronale (B).

Dans ce cas, il existe un risque majoré de brèche orbitaire lors de la méatotomie moyenne ou de l'ethmoïdectomie. L'analyse d'une éventuelle anomalie de la lame papyracée se fait grâce au scanner des sinus en coupes axiales et coronales.

Chirurgie du sinus frontal et de l'ethmoïde antérieur

Hauteur de la base du crâne

La hauteur de la base du crâne par rapport aux cavités nasales est variable d'un individu à l'autre, et peut également varier pour un même individu d'un côté à l'autre (chez 10-30 % de la population caucasienne, la hauteur de la base du crâne entre les 2 fosses nasales est différente) [3-5]. La classification de Keros permet d'évaluer la différence de hauteur entre la lame criblée et le toit de l'ethmoïde :

- Keros 1 : la différence de hauteur est de 1-3 mm ;
- Keros 2 : la différence de hauteur est de 4-7 mm ;
- Keros 3 : la différence de hauteur est de 8-16 mm.

Plus cette différence de hauteur est importante, plus le risque de brèche ostéodurale lors de l'ethmoïdectomie est élevé. Enfin, en cas d'asymétrie de la hauteur entre 2 fosses nasales, il existe également un sur-risque de brèche ostéodurale peropératoire (*figure 4*). La hauteur de la base du crâne est analysée à l'aide de coupes scanographiques coronales.

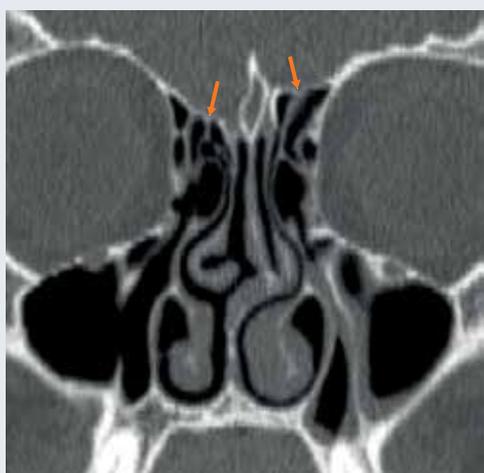


Figure 4. Scanner des sinus en coupe coronale montrant une asymétrie de hauteur de la base du crâne et d'angle entre la crista galli et le toit de l'ethmoïde, la base du crâne étant plus basse à droite qu'à gauche (flèches). Risque majoré de brèche ostéodurale peropératoire à droite.

Artères ethmoïdales procidentes

L'artère ethmoïdale antérieure est présente au niveau du toit de l'ethmoïde, à la partie supérieure de la racine cloisonnante de la bulle (et non à la partie postérieure du canal nasofrontal comme cela est



Figure 5. Artères ethmoïdales antérieures procidentes (flèches) sur un scanner des sinus en coupe coronale.

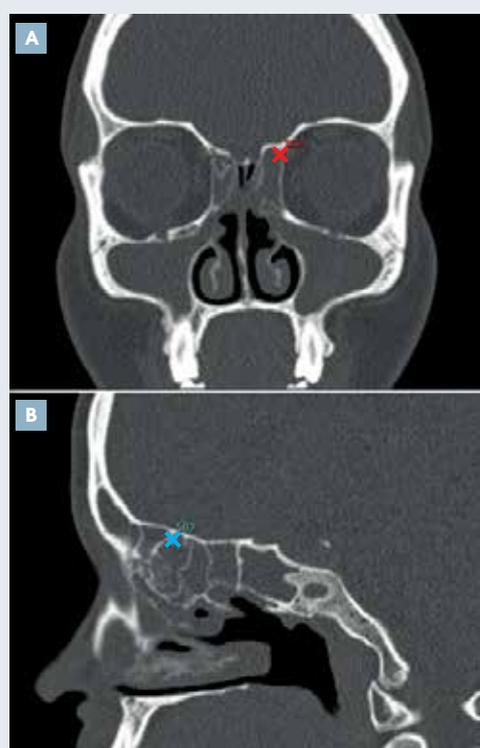


Figure 6. Repère préopératoire de l'artère ethmoïdale antérieure en coupes coronale (A : croix rouge) et sagittale (B : croix bleue), permettant de mesurer la distance entre le récessus frontal et l'artère ethmoïdale antérieure (ici mesurée à 9 mm).

souvent décrit). La distance moyenne entre la partie postérieure du canal nasofrontal et l'artère ethmoïdale antérieure est estimée à 11 mm [6]. L'artère ethmoïdale antérieure est déhiscente dans sa portion inférieure dans environ 40 % des cas [7] (figure 5, p. 29), et peut être à l'origine d'une hémorragie intraorbitaire mettant en jeu le pronostic ophtalmologique. On visualise les artères ethmoïdales antérieures en coupes coronales, et on peut localiser la distance de celles-ci par rapport au récessus frontal en coupe sagittale (figure 6, p. 29).

Enfin, avant toute chirurgie endoscopique du sinus frontal, il convient d'analyser sur un scanner des sinus le récessus frontal (qui est mieux visualisé en coupes sagittales). La facilité d'accès au sinus frontal dépend notamment de la présence de la cellule de l'agger nasi (cellule la plus antérieure de l'ethmoïde).

Chirurgie de l'ethmoïde postérieur/du sphénoïde

Les sinus sphénoïdaux ont la particularité d'être souvent asymétriques. La position de la cloison intersinusienne est importante à repérer en préopératoire afin de s'assurer que l'on rentre dans le bon sinus durant l'intervention et qu'elle ne s'insère pas sur le canal carotidien. À la portion postérolatérale du sinus sphénoïdal se situe le récessus opticocarotidien, entre le nerf optique en haut et l'artère carotide interne en bas. Ce récessus est plus ou moins profond selon la pneumatisation du canal optique et du processus clinéoïde antérieur.

Cellule d'Onodi

L'accès au sinus sphénoïdal peut être limité par la présence d'une cellule d'Onodi (figure 7).

Il s'agit d'une cellule ethmoïdale postérieure qui se développe latéralement et/ou au-dessus du sinus sphénoïdal, abaissant et médialisant ce dernier. Le nerf optique et l'artère carotide interne sont alors visualisés au contact de la cellule d'Onodi et non pas du sinus sphénoïdal [1]. Il s'agit d'une variante anatomique à risque. Cette cellule est mieux visualisée en coupes sagittales.

Nerf optique procident ou déhiscent

Les sinus sphénoïdaux sont en rapport avec 2 structures fondamentales à leur partie postérieure : le nerf



Figure 7. Coupes axiale (A), coronale (B) et sagittale (C) d'une cellule d'Onodi gauche.

optique et l'artère carotide interne. Ceux-ci peuvent être procidents ou déhiscentes au sein du sinus sphénoïdal ou d'une cellule d'Onodi. La pneumatisation de ces sinus est très variable, mais plus le sinus sphénoïdal est pneumatiqué, plus le risque de procidence, voire de déhiscence du nerf optique est important [8] (figure 8).

Artère carotide interne procidente ou déhiscente

Le canal carotidien serait lysé dans près de 25 % de la population générale [9]. Ce phénomène s'aggrave avec l'âge, une résorption osseuse étant visualisée au niveau du canal carotidien chez 80 % des patients âgés de plus de 85 ans (figure 9).

Conclusion

L'étude minutieuse préopératoire du scanner des sinus permet d'éviter un grand nombre de complications chirurgicales.

D'avant en arrière, les repères anatomiques à analyser sont :

- les cellules frontoethmoïdales (coupes sagittales) ;
- le récessus frontal (coupes sagittales) ;
- la lame papyracée (coupes axiales et coronales) ;
- le processus unciforme (coupe coronale) ;
- les artères ethmoïdales (coupes coronales et sagittales) ;
- le nerf maxillaire (V2) et canal infraorbitaire (coupes coronales) ;
- la cellule d'Onodi (coupes axiales, coronales et sagittales) ;
- le nerf optique (coupes axiales, coronales et sagittales) ;
- l'artère carotide interne (coupes axiales, coronales et sagittales).

Les systèmes de sinusonavigation sont de plus en plus utilisés en chirurgie nasosinusienne. Ils peuvent fournir une aide complémentaire peropératoire à l'opérateur, mais leur fiabilité est variable. Ils ne remplacent donc nullement une excellente connaissance de l'anatomie des fosses nasales. ■

M. Alexandru, L. Tanaka, J. Nevoux, G. Adebs Nasser, F. Benoudiba et J.F. Papon déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.



Figure 8. Procidence intrasphénoïdale du nerf optique gauche (flèche), coupe coronale.

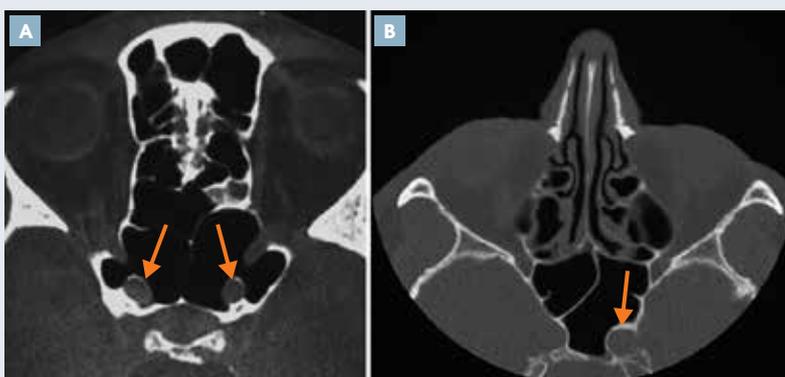


Figure 9. Procidence intrasphénoïdale de l'artère carotide interne (flèches) (A : bilatérale ; B : gauche).

Références bibliographiques

1. Lund VJ et al. European position paper on the anatomical terminology of the internal nose and paranasal sinuses. *Rhinol Suppl* 2014;24:1-34.
2. Joseph JM, Glavas IP. Orbital fractures: a review. *Clin Ophthalmol* 2011;5:95-100.
3. Dessi P et al. Difference in the height of the right and left ethmoidal roofs: a possible risk factor for ethmoidal surgery. Prospective study of 150 CT scans. *J Laryngol Otol* 1994;108:261-2.

4. Lebowitz RA et al. Asymmetry of the ethmoid roof: analysis using coronal computed tomography. *Laryngoscope* 2001;111:2122-4.
5. Reiß M, Reiß G. Height of right and left ethmoid roofs: aspects of laterality in 644 patients. *Int J Otolaryngol* 2011;2011:508907.
6. Simmen D et al. The surgeon's view of the anterior ethmoid artery. *Clin Otolaryngol* 2006;31:187-91.

7. Moon HJ et al. Surgical anatomy of the anterior ethmoidal canal in ethmoid roof. *Laryngoscope* 2001;111:900-4.
8. DeLano MC et al. Relationship of the optic nerve to the posterior paranasal sinuses: a CT anatomic study. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996;17:669-75.
9. Kainz J, Stammberger H. Danger areas of the posterior rhinobasis. An endoscopic and anatomical-surgical study. *Acta Otolaryngol* 1992;112:852-61.

Prise en charge thérapeutique de la polypose nasosinusienne fondée sur les recommandations françaises d'ORL

Management of CRwNP based on the French recommendations of otorhinolaryngology

V. Favier*, J.F. Papon**



V. Favier



J.F. Papon

La polypose nasosinusienne (PNS) est une maladie inflammatoire chronique caractérisée par la présence de polypes œdémateux, bilatéraux et relativement symétriques, provenant initialement des labyrinthes ethmoïdaux. C'est une maladie fréquente et sous-diagnostiquée, touchant environ 2 % de la population, ce qui correspond à 1 million de personnes en France [1]. La PNS est dans la grande majorité des cas dite primitive, par opposition aux PNS secondaires associées à des pathologies infectieuses chroniques (bactériennes ou fongiques), des déficits immunitaires ou des pathologies mucociliaires. Le volume et l'extension de ces polypes aux fosses nasales et sinus paranasaux, ainsi que l'inflammation qu'ils entretiennent, sont responsables des principaux symptômes de la PNS au diagnostic [2]: obstruction respiratoire nasale, rhinorrhées antérieure et postérieure, douleurs ou pesanteurs faciales et troubles de l'odorat. La physiopathologie de la PNS primitive est proche de celle de l'asthme, avec une prédominance de la voie inflammatoire de type 2 [3]. La prise en charge de la PNS primitive n'est à l'heure actuelle pas curative. Elle vise à stabiliser les symptômes et à offrir la meilleure qualité de vie possible aux patients. Par conséquent, le traitement est basé sur une escalade thérapeutique personnalisée, en fonction de la sévérité et du contrôle de la maladie [4]. Ces notions de sévérité et de contrôle ont été mises en avant depuis l'autorisation de mise

sur le marché (AMM) française de 2 biothérapies ciblant l'inflammation de type 2: le dupilumab (Dupixent®, depuis juillet 2021) et le mépilizumab (Nucala®, depuis juin 2022). Ainsi, ces traitements sont remboursés en France lorsqu'ils sont prescrits en complément de rhinocorticoïdes, dans le cadre d'une PNS sévère et non contrôlée, malgré un traitement par corticostéroïdes systémiques et une prise en charge chirurgicale. Cela correspondrait à une population cible de 5 080 patients en France selon la commission de la transparence de la Haute Autorité de santé (HAS). Les recommandations de la Société française d'ORL publiées en octobre 2023 ont pour but de définir les principes de l'escalade thérapeutique dans la PNS, fondés sur des critères de sévérité et de réponse aux traitements, ainsi que d'éclairer le choix des praticiens dans les situations complexes. Ces recommandations sont consultables sur le site de la SFORL [5].

Évaluation des comorbidités associées à la PNS

Comme pour toute maladie chronique, il convient de prendre en compte l'histoire médicale du patient dans sa globalité et d'évaluer les comorbidités qui peuvent impacter la sévérité de la PNS ou être aggravées par la PNS.

* Département d'ORL, chirurgie cervicofaciale et maxillofaciale, hôpital Gui-de-Chauliac, CHU de Montpellier.

** Service d'ORL et chirurgie cervicofaciale, hôpital Bicêtre, AP-HP, Le Kremlin-Bicêtre.

Points forts⁺

- » Les rhinocorticoïdes et douches nasales, quotidiennement et à long terme, sont le socle du traitement de la polypose nasosinusienne (PNS), quel qu'en soit le stade.
- » En cas de symptômes non contrôlés par ce traitement de fond, la prescription de corticostéroïdes systémiques est possible en cures courtes, sans dépasser une dose cumulée annuelle de 1 000 mg d'équivalent prednisone.
- » Une option instrumentale (polypectomie) ou chirurgicale peut être proposée aux patients non contrôlés dépassant cette dose cumulée annuelle.
- » Les biothérapies sont réservées aux PNS sévères insuffisamment contrôlées par les rhinocorticoïdes et après une chirurgie autre qu'une simple polypectomie. Le choix entre une biothérapie à long terme et une reprise chirurgicale doit être discuté avec le patient.

PNS et asthme

Le concept de "united airway disease" s'appuie sur la connexion fonctionnelle et morphologique du nez et des bronches pour favoriser une réflexion physiopathologique commune entre les spécialités ORL et pneumologiques [6]. L'asthme est une maladie potentiellement létale, en cas de crise aiguë grave, mais également par augmentation du risque cardiovasculaire lié à une consommation excessive de corticostéroïdes oraux [7, 8]. Il est donc primordial que l'ORL s'approprie la symptomatologie de l'asthme (dyspnée expiratoire en particulier à l'effort, toux volontiers nocturne, oppression thoracique, sifflements expiratoires) pour pouvoir évoquer ce diagnostic et apprécier son contrôle tout au long du suivi de la PNS. La présence de plus de 1 de ces symptômes est évocatrice d'asthme et doit faire orienter le patient vers un spécialiste pour une prise en charge adaptée [9]. Lorsque les symptômes de la PNS sont mal contrôlés, ils peuvent être responsables d'une aggravation de l'asthme, mais l'inverse n'est pas démontré. Par exemple, le traitement chirurgical de la PNS a montré son efficacité dans le contrôle de la maladie asthmatique [2]. Ainsi, il est nécessaire que l'ORL collabore en bonne intelligence avec le pneumologue pour les patients atteints d'asthme sévère et de PNS, d'autant plus depuis l'avènement des biothérapies dans la PNS, qui ont toutes été déjà validées dans l'asthme sévère. En outre, il existe des cas de réponses dissociées asthme/PNS sous biothérapie qui doivent pousser au dialogue entre nos 2 spécialités pour choisir la meilleure option thérapeutique pour le patient.

PNS et apnées obstructives du sommeil

Les liens entre obstruction nasale et troubles du sommeil sont bien connus, puisqu'une mauvaise respiration nasale nocturne est responsable d'une perturbation du flux inspiratoire favorisant le collapsus des voies aériennes supérieures, ce qui peut induire ronflements, hypopnées ou apnées. L'obstruction nasale dans la PNS n'échappe pas à la règle, puisqu'elle aggrave les troubles obstructifs du sommeil déjà existants [10]. Ainsi, il est recom-

mandé de rechercher à l'interrogatoire des signes évocateurs d'un syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) chez les patients atteints de PNS. Un enregistrement du sommeil sera proposé uniquement sur la base de la suspicion clinique de SAOS. Pour les patients chez qui le SAOS est déjà connu, la prise en charge nasale de la PNS permet de favoriser la tolérance de l'orthèse d'avancée mandibulaire ou de la pression positive continue.

Comorbidités nasales de la PNS

Enfin, il convient de rechercher des comorbidités nasales associées à la PNS, comme une forte déviation septale qui peut impacter la diffusion des rhinocorticoïdes ou les hamartomes épithéliaux respiratoires adénomatoïdes des fentes olfactives pouvant être responsables de troubles de l'odorat et ne répondant ni à la corticothérapie (locale ou systémique), ni aux biothérapies. Dans ces 2 cas, une option chirurgicale ciblée pourra être proposée au patient.

Escalade thérapeutique

Les options médicamenteuses et chirurgicales dans la PNS sont résumées dans la **figure 1, p. 34**. Cette prise en charge médicochirurgicale est souvent désignée comme "escalade thérapeutique", afin de rappeler qu'il est important de veiller à la bonne réalisation des traitements les plus simples, dont l'efficacité est suffisante pour la grande majorité des patients, avant de passer à "l'étape d'après".

Notions de sévérité et réponse aux traitements

La prise en charge de la PNS doit être personnalisée. Le choix d'une option thérapeutique supplémentaire dans l'escalade thérapeutique du traitement de la PNS doit se baser sur la sévérité des symptômes, malgré une prise en charge adaptée et bien conduite. La sévérité de la PNS doit être évaluée par son retentissement sur la qualité de vie, mesurable par des questionnaires spécifiques validés en langue française

Mots-clés

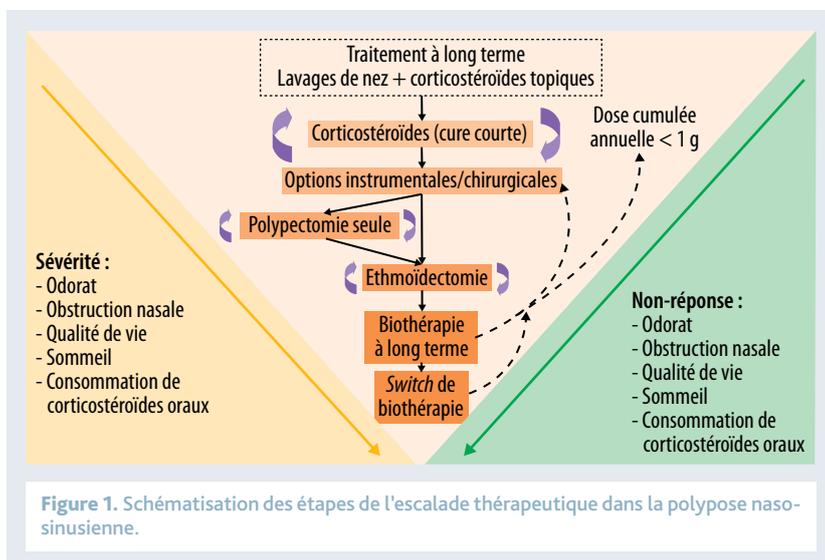
Polypose nasosinusienne
Rhinocorticoïdes
Corticostéroïdes oraux
Chirurgie
Biothérapie

Highlights

- » Daily and long-term use of nasal corticosteroids and nasal douches are the cornerstone of chronic rhinosinusitis with nasal polyps (CRwNP), whatever the stage of the disease.
- » In case of uncontrolled symptoms despite this ongoing treatment, short courses of oral corticosteroids may be prescribed, not exceeding an annual cumulative dose of 1 000 mg of equivalent prednisone.
- » A polypectomy or surgical procedure may be offered to uncontrolled patients exceeding this annual cumulative dose.
- » Biologics are reserved for severe CRwNPs insufficiently controlled by nasal corticosteroids, and after surgery other than isolated polypectomy. The choice between long-term prescription of biologics and revision surgery must be discussed with the patient.

Keywords

Chronic rhinosinusitis with nasal polyps
Nasal corticosteroids
Oral corticosteroids
Surgery
Biologics



(SNOT22 [11], DyNaChron [12], etc.). Il convient également de prendre en compte les troubles de l'odorat, l'obstruction nasale, le retentissement sur le sommeil et la consommation de corticostéroïdes oraux pour juger de la sévérité de la PNS et de son contrôle. Le volume des polypes nasaux est intéressant à considérer dans la prise en charge globale du patient, mais il n'est pas à lui seul un marqueur de la sévérité ou du contrôle de la maladie. De même, les opacités scannographiques ne doivent pas être étudiées isolément pour juger de la sévérité de la PNS.

À chaque nouveau palier de l'escalade thérapeutique, il convient de respecter un délai de 3 à 6 mois pour évaluer la réponse clinique au traitement.

Thérapeutiques intranasales : socle du traitement de la PNS

Les lavages de nez en volume suffisant, associés à une corticothérapie intranasale quotidienne et à long terme, sont efficaces dans le traitement de la PNS et doivent être bien réalisés, même lorsqu'on passe à un palier supérieur de l'escalade thérapeutique [2]. Il ne semble pas y avoir de différence évidente d'efficacité en fonction des spécialités de rhinocorticoïdes [13] et il existe un passage négligeable dans la circulation sanguine, n'engendrant pas d'effet systémique. Un traitement bien conduit permet en outre de diminuer la consommation de corticostéroïdes oraux ainsi que le risque d'automédication [14]. Il convient d'éduquer le patient à la bonne réalisation des lavages de nez et d'administration de sprays. Des recommandations récentes de la SFORL permettent de

fournir au patient les étapes nécessaires à la bonne réalisation des sprays nasaux [15].

Corticostéroïdes oraux

Les corticostéroïdes oraux en cure courte permettent de réduire les symptômes ainsi que la taille des polypes dans la majorité des cas, mais n'ont pas une durée d'action prolongée dans le temps [2]. Contrairement à l'asthme, la PNS n'est pas une maladie létale. Par conséquent, il n'est pas acceptable que les patients soient traités à long terme par corticostéroïdes systémiques, au vu des risques cardiovasculaires et métaboliques de ces traitements. Price et al. [8] ont montré dans une étude de cohorte portant sur 48 000 patients qu'une dose cumulée annuelle d'équivalent prednisone supérieure à 1 000 mg entraînait un surrisque de diabète de type 2 de 37 %, de maladie cardiovasculaire de 42 %, ou encore multipliait le risque d'ostéoporose fracturaire d'un facteur 2,6. Il est ainsi recommandé de ne pas dépasser la dose cumulée annuelle de 1 000 mg d'équivalent prednisone, ce qui correspond environ à 1 000 mg de prednisolone (tableau) [16]. Pour ce faire, il faut réaliser un interrogatoire policier afin de prendre en compte l'ensemble des prises de corticostéroïdes sur l'année, avec les doses et durées précises, sans se limiter à l'indication PNS. Ainsi, un patient, déjà sous corticostéroïdes systémiques à long terme, pour une indication rhumatologique par exemple, pourrait ne pas être éligible à une cure courte de corticostéroïdes pour contrôler ses symptômes de PNS, dès 1 dose quotidienne de 3 mg de prednisone. Cette notion de dose cumulée annuelle doit également être connue par le patient, qui ne devrait pas avoir à recourir à une automédication par corticostéroïdes pour contrôler les symptômes de PNS.

Traitements instrumental et chirurgical

Lorsque les symptômes de PNS ne sont pas contrôlés par thérapie locale et corticothérapie systémique, il est possible de proposer une solution interventionnelle au patient. Il est important d'en définir les objectifs avec ce dernier. Notamment, il est important de rappeler que ces options ne permettent pas de guérir de la PNS, mais d'en contrôler les symptômes grâce à une diminution du volume des polypes et à une potentielle meilleure diffusion des douches nasales et rhinocorticoïdes. Ces options peuvent être

répétées au cours de l'histoire clinique du patient, d'autant plus si elles ont été efficaces pendant une longue période. Lorsqu'un patient redevient symptomatique après un traitement instrumental ou chirurgical, il est possible de proposer à nouveau des cures courtes de corticothérapie orale, tout en restant dans les normes précédemment décrites.

◆ La polypectomie

La polypectomie isolée est une option thérapeutique réalisable sous anesthésie locale ou générale et consiste à réséquer le tissu œdématié sans toucher à la structure osseuse de l'ethmoïde. Elle tend à être utilisée pour rendre un service rapide au patient, par la levée de l'obstruction nasale, tout en limitant les symptômes transitoires postopératoires (caillotage, crustation). La durée d'efficacité de la polypectomie est moindre que celle des procédures chirurgicales ethmoïdales, mais cela n'empêche pas son utilisation possiblement répétée dans le temps lorsque le symptôme principal est l'obstruction nasale, ou lorsque la population s'y prête (actifs ne souhaitant pas d'arrêt de travail, patients inéligibles à une anesthésie générale, etc.).

Toutefois, la polypectomie reste une option instrumentale et non chirurgicale. Par conséquent, un patient non contrôlé ayant bénéficié uniquement d'une polypectomie ne peut être considéré en échec de chirurgie et n'est donc pas redevable d'une biothérapie.

◆ La chirurgie ethmoïdale

De nombreuses techniques chirurgicales des labyrinthes ethmoïdaux sont décrites dans la PNS. Pour autant, leur principe réside dans l'ouverture et la résection des lamelles osseuses de l'ethmoïde qui sont recouvertes de la muqueuse formant les polypes. Cela permet une diminution du volume des polypes, une diminution de la surface osseuse et donc de la surface muqueuse pathologique, et une meilleure diffusion des rhinocorticoïdes. Les nuances de la chirurgie ethmoïdale varient, de l'ouverture partielle des cellules pour la dissection et la résection du tissu polypeux à la chirurgie radicale emportant l'ensemble des lamelles osseuses et de la muqueuse du labyrinthe ethmoïdal, associée à l'ouverture des sinus paranasaux (nasalisation). Cette diversité de techniques pourrait en partie expliquer que le taux de reprise chirurgicale et le délai de récurrence symptomatique après chirurgie soient très variables dans la littérature [2]. Comme pour la polypectomie, la chirurgie ethmoïdale peut être répétée dans le temps.

Tableau. Tableau de conversion de doses des principaux glucocorticoïdes, en équivalent prednisone, d'après D. Liu et al [16].

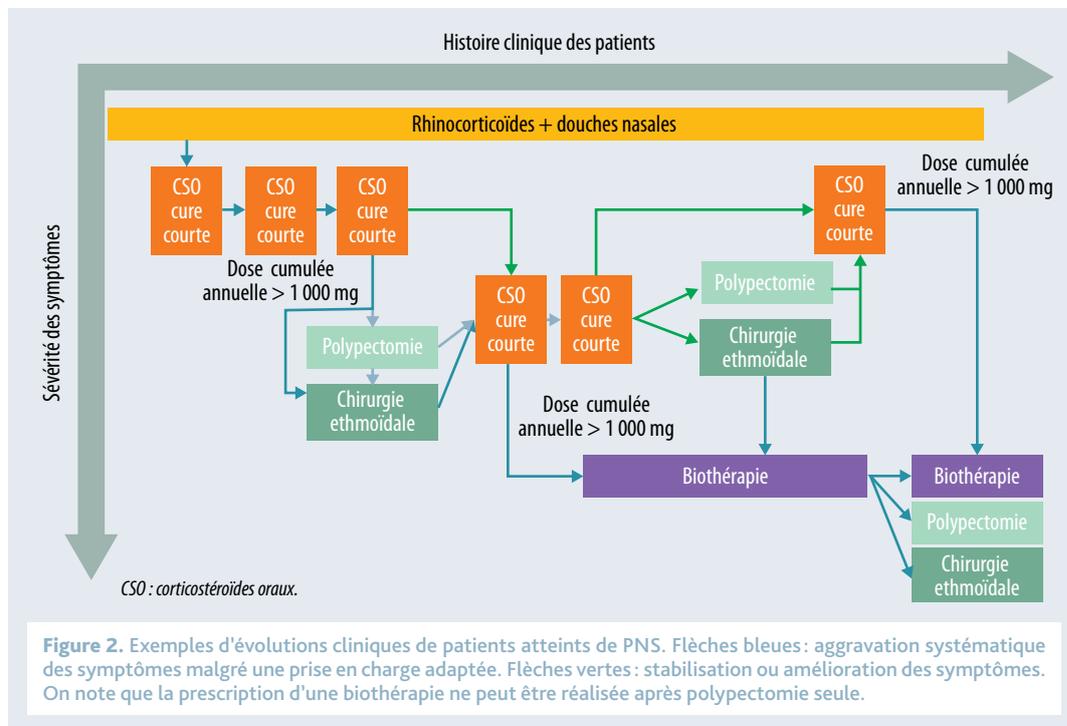
Glucocorticoïde	Dose	Équivalent en dose de prednisone
Hydrocortisone	1 mg	≈ 0,25 mg
Cortisone	1 mg	≈ 0,2 mg
Prednisolone	1 mg	≈ 1 mg
Méthylprednisolone	1 mg	≈ 1,25 mg
Dexaméthasone	1 mg	≈ 6,7 mg
Bétaméthasone	1 mg	≈ 8,3 mg

Une récurrence précoce des symptômes avec altération de la qualité de vie et nécessité de prescription de corticostéroïdes oraux, dans les 2 ans suivant une chirurgie ethmoïdale antérieure et postérieure, doit faire considérer un traitement par biothérapie.

Biothérapies

Lorsqu'un patient est en situation d'échec de prise en charge chirurgicale et sous traitement par rhinocorticoïdes bien conduit, il peut être redevable d'une biothérapie dans les conditions d'AMM. Les 2 biothérapies actuellement remboursées en France pour la PNS sévère ont une action dirigée uniquement contre les interleukines (IL) de la voie inflammatoire de type 2 qui est l'endotype le plus fréquent des PNS primitives en Europe [17]. Le dupilumab (Dupixent®) cible l'IL-4 et le récepteur à l'IL-13, alors que le mépolizumab (Nucala®) cible l'IL-5. Par conséquent, avant d'initier une biothérapie, il faut s'assurer de l'absence d'arguments en faveur d'une PNS secondaire, dont la plupart des entités sont liées à la voie inflammatoire de type 1, ce qui vouerait ces biothérapies à l'échec.

Le dupilumab et le mépolizumab s'administrent par voie sous-cutanée respectivement toutes les 2 et 4 semaines, avec de bons profils de tolérance et d'efficacité, bénéficiant d'un haut niveau de preuve scientifique. Les essais cliniques randomisés en double aveugle, de phase III, pour le dupilumab [18] et le mépolizumab [19] ont montré une supériorité de ces molécules par rapport au placebo concernant les 2 critères de jugement principaux : le score de congestion nasale et le score de polypes nasaux. Aucun événement indésirable grave n'a été rapporté dans ces essais. Sous dupilumab, une augmentation de l'éosinophilie sanguine peut être observée durant les premiers mois, ce qui peut justifier une surveillance biologique initiale à l'appréciation du clinicien.



En l'état actuel des connaissances, le traitement doit être poursuivi à long terme lorsqu'il est efficace, puisqu'il n'existe pas de données fiables pour prévoir une diminution de dose ou un arrêt de ces molécules. Il faut donc éduquer le patient à la technique d'injection (stylos auto-injecteurs disponibles).

À ce jour, aucun facteur prédictif de la réponse aux biothérapies n'est disponible dans la littérature. Lorsque les symptômes ne sont pas ou plus contrôlés 6 mois après l'introduction d'une biothérapie, il faut considérer le patient en échec avec cette molécule et proposer un changement de thérapeutique. Il peut s'agir de reprendre une stratégie médicale (corticostéroïdes oraux en cures courtes ne dépassant pas 1 g/an), instrumentale ou chirurgicale, comme d'envisager un changement de biothérapie (figure 2). Dans tous les cas, les modalités de suivi de l'efficacité des traitements répondent aux mêmes principes que ceux énoncés précédemment.

Au total, le parcours des patients atteints de PNS suit rarement les étapes de l'escalade thérapeutique de façon linéaire. La majorité des patients peut être contrôlée par un traitement topique bien conduit associé à quelques cures courtes de corticostéroïdes oraux ne dépassant pas la dose cumulée annuelle de 1 000 mg de prednisolone. Lorsqu'un patient n'est pas contrôlé, une option chirurgicale ou instrumentale est proposée, sous couvert du traitement topique de fond. En cas de récurrence des symptômes, une reprise de cures courtes de corticostéroïdes est possible. Si cela ne suffit pas à contrôler les symptômes, l'ORL discutera une reprise chirurgicale ou l'administration d'une biothérapie en fonction des options chirurgicales déjà réalisées et de la durée d'efficacité sur les symptômes de PNS. Une récurrence précoce symptomatique dans les 2 ans suivant une chirurgie ethmoïdale bien conduite serait plutôt en faveur d'un traitement par biothérapie. ■

V. Favier et J.F. Papon ont réalisé des missions de conseil et d'expertise pour les laboratoires Sanofi Winthrop Industrie et GlaxoSmithKline.

Références bibliographiques

1. Fokkens WJ et al. EUFORA consensus on biologics for CRSwNP with or without asthma. *Allergy* 2019;74(12):2312-9.
2. Fokkens WJ et al. European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2020. *Rhinology* 2020;58(Suppl S29):1-464.
3. Staudacher AG et al. Utilizing endotypes, phenotypes, and inflammatory markers to guide treatment decisions in chronic rhinosinusitis. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2020;124(4):318-25.
4. Carsuzaa F et al. Definition of severity and treatment response in chronic rhinosinusitis with nasal polyps: a Delphi

study among French experts. *Expert Rev Clin Immunol* 2023;19(8):1005-11.

5. SFORL. Recommandation de pratique clinique. Prise en charge de la polype nasosinusienne de l'adulte. <https://www.sforl.org/wp-content/uploads/2023/10/Reco-PNS-FINAL-290923-.pdf>

6. Klain A et al. United airway disease. *Acta Biomed* 2021;92(Suppl 7):e2021526.

7. Richie RC. Mortality statistics in asthma. *J Insur Med* 2023;49(4):244-9.

8. Price DB et al. Adverse outcomes from initiation of systemic corticosteroids for asthma: long-term observational study. *J Asthma Allergy* 2018;11:193-204.



Retrouvez l'intégralité
des références bibliographiques
sur www.edimark.fr

Références bibliographiques

9. Raheison-Semjen C et al. Updated guidelines (2021) for management and follow-up of asthmatic patients of the French Society of Pneumology (SPLF) and the French Society of Pediatric Pneumology and Allergology (SP2A). Short version. *Respir Med Res* 2022;81:100898.
10. Jiang RS et al. The impact of chronic rhinosinusitis on sleep-disordered breathing. *Rhinology* 2016;54(1):75-9.
11. de Dorlodot C et al. French adaptation and validation of the sino-nasal outcome test-22: a prospective cohort study on quality of life among 422 subjects. *Clin Otolaryngol* 2015;40(1):29-35.
12. Kacha S et al. Development and validity of the DyNaChron questionnaire for chronic nasal dysfunction. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2012;269(1):143-53.
13. Chong LY et al. Different types of intranasal steroids for chronic rhinosinusitis. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;4(4):CD011993.
14. Speth MM et al. Appropriate medical management of chronic rhinosinusitis reduces use of antibiotics and oral corticosteroids. *Laryngoscope* 2020;130(12):E709-E714.
15. SFORL. Recommandation sur l'éducation thérapeutique pour optimiser l'usage du spray nasal multidoses. Bon usage du spray nasal multidoses. <https://www.sforl.org/wp-content/uploads/2023/10/RECOMMANDATION-SUR-LEDUCATION-THERAPEUTIQUE-POUR-OPTIMISER-USAGE-DU-SPRAY-NASAL-MULTIDOSES-1.pdf>
16. Liu D et al. A practical guide to the monitoring and management of the complications of systemic corticosteroid therapy. *All Asth Clin Immun* 2013;9(1):1-25.
17. Wang X et al. Diversity of T_H cytokine profiles in patients with chronic rhinosinusitis: a multicenter study in Europe, Asia, and Oceania. *J Allergy Clin Immunol* 2016;138(5):1344-53.
18. Bachert C et al. Efficacy and safety of dupilumab in patients with severe chronic rhinosinusitis with nasal polyps (LIBERTY NP SINUS-24 and LIBERTY NP SINUS-52): results from two multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled, parallel-group phase 3 trials. *Lancet* 2019;394(10209):1638-50.
19. Han JK et al. Mepolizumab for chronic rhinosinusitis with nasal polyps (SYNAPSE): a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 3 trial. *Lancet Respir Med* 2021;9(10):1141-53.

Diagnostiques différentiels radiologiques de la polypose nasosinusienne

Differential radiological diagnoses of CRwNP

E. Talab-Berthou*, F. Benoudiba*, G. Adebs-Nasser*, C. Ancelet*, C. Pelissou*, M. Babin*, J.F. Papon**

La polypose nasosinusienne (PNS) correspond à une forme de rhinosinusite diffuse, bilatérale et chronique caractérisée par une dégénérescence œdémateuse bénigne de la muqueuse des voies aériennes supérieures, se soldant par le développement de polypes au sein des cavités nasosinusiennes. Sa prévalence est estimée entre 2 et 2,5 % dans la population générale en France.

Cliniquement, les patients se présentent avec les symptômes aspécifiques d'un dysfonctionnement nasosinusal chronique, avec obstruction nasale, rhinorrhée postérieure et anosmie. La fibroscopie nasale permet d'évoquer le diagnostic en présence de polypes bilatéraux des fosses nasales, ainsi que de grader l'extension par rapport à la paroi des cornets. La maladie de Fernand Widal associée à la PNS une allergie à l'aspirine et aux anti-inflammatoires non stéroïdiens, ainsi qu'un asthme. L'imagerie a un rôle clé dans cette pathologie. Elle permet dans un premier temps de confirmer le diagnostic (scanner, IRM) et d'apprécier l'extension de la maladie. En cas d'échec du traitement par corticothérapie locale et générale, elle permet d'apprécier l'anatomie en vue d'une chirurgie, et de rechercher un diagnostic différentiel ou une éventuelle pathologie associée. Le radiologue et le chirurgien ORL doivent connaître, au scanner et à l'IRM, les images classiques retrouvées dans cette pathologie, et surtout celles qui doivent faire envisager un diagnostic différentiel ou une pathologie associée.

Diagnostic radiologique de la polypose

Le scanner, ou cone beam CT (CBCT), est souvent réalisé lors du diagnostic initial ou de l'échec du premier traitement.

La forme classique retrouve une atteinte diffuse de la muqueuse touchant de manière bilatérale les systèmes ethmoïdaux antérieur et postérieur, associée à une atteinte polypoïde muqueuse des fosses nasales. Ce tableau radiologique est retrouvé dans la PNS, mais n'en est pas pathognomonique, cet aspect scanographique pouvant résulter par exemple d'une pansinusite aiguë ou chronique.

Classiquement, il n'existe pas de zones de lyse osseuse ni de déformations osseuses majeures (un bombement symétrique des lames papyracées est possible, ainsi qu'une déminéralisation diffuse des cloisons ethmoïdales, par hyperpression osseuse chronique), la présence de ces éléments sur le scanner doit faire envisager un diagnostic différentiel ou associé (muco-cèle secondaire à une obstruction chronique).

L'exception est le syndrome de Woakes, qui est une forme rare de PNS très déformante et destructrice, dans laquelle de véritables lyses osseuses et une importante déformation des parois osseuses sont présentes.

Une atteinte unilatérale au scanner doit faire formellement récuser le diagnostic de PNS et envisager un différentiel.

La classification scanographique de Lund-Mackay sur 24 points (12 par côté) cote 0, 1 ou 2 points selon le degré de comblement du sinus (aucun, partiel, complet) et prend en compte le sinus frontal, les cellules ethmoïdales antérieures, postérieures, le sinus maxillaire, le sinus sphénoïdal et l'ostium du sinus maxillaire (0 si perméable, 2 si obstrué). Elle permet non seulement d'évaluer la sévérité, mais également de suivre l'évolution de l'atteinte, et doit être réalisée à distance (1 mois) de tout épisode aigu et de toute corticothérapie.

La présence d'atypies au scanner (atteinte très asymétrique, zones de lyse osseuse, hyperdensité spontanée du comblement sinusien en fenêtrage



E. Talab-Berthou

* Service de neuroradiologie diagnostique et interventionnelle, CHU de Bicêtre, Le Kremlin-Bicêtre.

** Service d'ORL et de chirurgie maxillofaciale, CHU de Bicêtre, Le Kremlin-Bicêtre.

Mots-clés

Polypose nasosinusienne
Pathologie inflammatoire
Papillome inversé
Sinusite fongoallergique
Polype antrochoanal

Points forts⁺⁺

- » Connaître les points clés du diagnostic de polypose nasosinusienne en imagerie.
- » Savoir reconnaître les atypies en imagerie devant faire évoquer un diagnostic différentiel.
- » Connaître les principaux différentiels de la polypose nasosinusienne et leur présentation radiologique.
- » Penser aux diagnostics associés et savoir reconnaître une autre pathologie des sinus concomitante.

Highlights

- » *Knowing the key points in diagnosing chronic rhinosinusitis with nasal polyps using imaging.*
- » *Knowing how to recognize atypia in imaging leading to consider a differential diagnosis.*
- » *Knowing the main differentials of chronic rhinosinusitis with nasal polyps and their radiological features.*
- » *Considering associated diagnoses and knowing how to recognize another concomitant sinus disease.*

Keywords

Chronic rhinosinusitis with nasal polyps
Inflammatory disease
Inverted papilloma
Fungalallergic sinusitis
Antrochoanal polyp

parties molles, effet de masse majeur sur l'os) doit largement faire prescrire une IRM avec injection afin de ne pas méconnaître un diagnostic différentiel ou une pathologie associée, voire une complication de la PNS (pneumocèles, mucocèles, etc.).

L'IRM avec injection centrée sur les sinus de la face doit être réalisée en cas de doute sur le diagnostic initial (clinique ou scanographique), ou d'échec du traitement médical bien mené avant d'envisager un traitement chirurgical.

Les séquences à réaliser au minimum (coupes fines, éviter les séquences volumiques) sont les séquences axiales T1, axiale et coronale T2, ainsi qu'axiale et coronale T1 avec et sans saturation du signal de la graisse après injection de gadolinium.

L'IRM retrouve classiquement un comblement ou un épaississement muqueux en cadre des sinus de la face se présentant en franc hypersignal T2, avec un fin rehaussement périphérique après injection.

Les polypes muqueux des fosses nasales présentent la même sémiologie IRM.

Les polypes présents dans les fentes olfactives peuvent apparaître en isosignal T2 en raison de l'espace réduit, entraînant une absence de la visualisation du chorion muqueux en hypersignal T2 qui est tassé à ce niveau.

Tout comblement nasosinusal ne répondant pas à la description sémiologique IRM d'une muqueuse plus ou moins épaissie (hypersignal T2 franc, fin rehaussement périphérique), ne correspond pas

à l'atteinte de la PNS et doit faire évoquer un diagnostic différentiel ou un diagnostic associé.

Différentiels de la polypose

Les polypes muqueux des fosses nasales sont présents en accompagnement de nombreuses pathologies, ce sont des tumeurs nasosinusiennes bénignes ou malignes à l'atteinte de certaines maladies de système, en passant par la sinusite fongoallergique. Leur présence peut induire en erreur l'ORL qui réalise le diagnostic initial par nasofibroskopie, voire le radiologue qui retrouve au scanner un comblement diffus des sinus de la face accompagné de polypes des fosses nasales. Dans la grande majorité des cas de diagnostic difficile, l'IRM avec injection va permettre de redresser le diagnostic.

Sinusite aiguë ou chronique

Une pansinusite aiguë ou chronique peut être à l'origine d'un comblement diffus des sinus de la face au scanner, notamment des sinus ethmoïdaux de manière bilatérale, parfois accompagné de polypes réactionnels.

Un aspect spumeux et des niveaux hydroaériques peuvent aider à faire le diagnostic différentiel au scanner, ainsi que les stigmates d'inflammation chronique avec ostéosclérose des parois osseuses ou calcifications linéaires sous-muqueuses, non présents dans la PNS.

La réalisation d'un scanner à la phase aiguë d'une sinusite peut mener à tort au diagnostic de PNS et ne permet pas de juger de l'état de base des sinus. Le scanner à la recherche d'une PNS doit être réalisé à distance d'un épisode aigu.

Polype de Killian

Le polype de Killian (*figure 1*), ou polype antrochoanal, est à l'origine d'un aspect radiologique de polypose unilatérale. Issu de la muqueuse du sinus maxillaire, il s'étend via l'ostium principal, ou plus souvent accessoire du sinus maxillaire



Figure 1. Polype de Killian en franc hypersignal T2 (A) avec fin rehaussement périphérique après injection de gadolinium (B).

jusqu'à la partie postérieure des fosses nasales et des choanes. Au scanner, il existe un comblement du sinus maxillaire sans signes de réaction osseuse inflammatoire comme retrouvé dans les sinusites chroniques, et un comblement polypoïde unilatéral de la fosse nasale. Le caractère unilatéral du comblement sinusien et des fosses nasales doit mener à la réalisation d'une IRM, qui fera aisément le diagnostic de polype antrochoanal bénin. En T1 et en T2, le signal du polype sera celui de la muqueuse nasosinusienne (franc hypersignal T2, hyposignal T1). Le fin rehaussement périphérique muqueux du contour du polype après injection de gadolinium (pas de rehaussement du chorion central) permettra d'éliminer une lésion tissulaire, qui reste la crainte principale dans le cadre d'un comblement nasosinusien unilatéral.

Sinusite fongoallergique (figure 2)

La sinusite fongoallergique est une forme de sinusite chronique diffuse de l'immunocompétent avec un terrain atopique, à l'origine d'un comblement uni- ou bilatéral des sinus et des fosses nasales pouvant en imposer pour une PNS. Quelques particularités peuvent permettre d'évoquer ce diagnostic dès la réalisation du scanner. L'IRM avec injection de gadolinium pourra ensuite confirmer le diagnostic.

Au scanner, il existe un comblement des sinus de la face, spontanément hyperdense, avec parfois des calcifications centrales punctiformes "en ciel étoilé". Un effet de masse avec expansion des cloisons osseuses, ainsi que des zones d'érosion osseuse, sont caractéristiques. L'IRM retrouve un comblement en asignal T2 en regard des zones hyperdenses au scanner, confirmant la nature fongique, avec aspect irrégulier et abrasé de la muqueuse inflammatoire en périphérie, qui conserve son hypersignal T2 physiologique. Les zones en asignal T2 se présentent en hypersignal T1, permettant de les différencier du contenu aérique normal du sinus (en asignal T2 et T1).

Granulomatose à éosinophiles avec polyangéite

L'atteinte rhinosinusienne des maladies systémiques est fréquente. Elle est peu spécifique et associe des épaissements muqueux en cadre, des comblements nasosinusiens, des phénomènes d'érosion puis de sclérose osseuse.

Parmi les maladies systémiques, la granulomatose à éosinophiles avec polyangéite (GPEA) est caracté-

risée par un asthme sévère et une hyperéosinophilie sanguine et tissulaire, avec une atteinte sinusienne précoce [1]. Elle se présente sous la forme d'une rhinosinusite chronique non destructrice, avec comblement diffus des sinus associé à des polypes des fosses nasales, pouvant faire évoquer initialement le diagnostic de polypose. 80 % des patients atteints de GPEA présentent des symptômes de dysfonctionnement nasosinusien, parfois associés une otite moyenne résistante, ce qui doit faire évoquer ce diagnostic [1].

Hamartome adénomatoïde des fosses nasales (figure 3, p. 40)

L'hamartome épithélial respiratoire adénomatoïde (HERA) des fosses nasales est une tumeur bénigne bilatérale dont la base d'implantation est située au niveau de la fente olfactive. La plupart des HERA sont associés à un autre processus pathologique inflammatoire des fosses nasales, en particulier une PNS, mais des formes isolées existent [2].

Cette pathologie semble liée à une inflammation prolongée ou importante de la muqueuse des fentes olfactives. Les patients se présentent avec une obstruction nasale chronique résistante aux traitements. L'imagerie retrouve un comblement bilatéral des fosses nasales avec élargissement bilatéral des fentes olfactives au scanner (> 10 mm), sans érosion osseuse, qui permettrait d'évoquer le diagnostic d'HERA associé par exemple à une PNS [3]. En IRM, on retrouve un comblement bilatéral des fosses nasales partant des fentes olfactives élargies, se présentant en iso- ou hypersignal T2, avec prise de contraste homogène après injection de gadolinium.

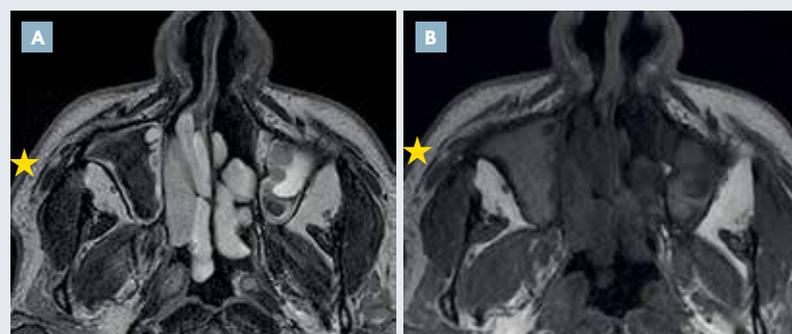


Figure 2. Polypose nasosinusienne avec polypes des fosses nasales en franc hypersignal T2 (A), associée à une sinusite fongoallergique : comblement en asignal T2 (A) et hypersignal T1 spontané (B) du sinus maxillaire droit.

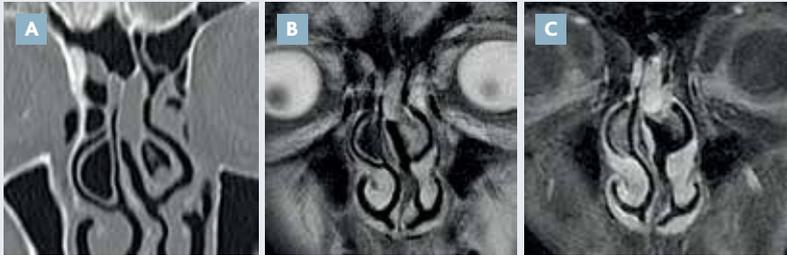


Figure 3. Hamartome adénomatoïde des fosses nasales, bilatéral (A) en hypersignal T2 (B), prenant le contraste de manière homogène après injection de gadolinium (C).



Figure 4. Déhiscence de l'étage antérieur sur le scanner (flèche, A) avec méningocèle de même signal que le LCS en T2 mimant un polype muqueux de la fosse nasale gauche (B).

Méningocèle (figure 4)

Une méningocèle nasosinusienne (ou méningo-encéphalocèle) se définit comme une hernie des méninges au sein des cavités nasosinusiennes, accompagnée ou non de parenchyme cérébral. Elle peut être congénitale, post-traumatique, post-chirurgicale, ou spontanée (parfois dans le contexte d'une hypotension intracrânienne idiopathique).

Suspectée devant un *defect* osseux de la base du crâne sur le scanner en regard d'un comblement nasosinusien, l'IRM est absolument indispensable pour en faire le diagnostic et éviter une chirurgie ou une biopsie inappropriée.

Le scanner retrouve un comblement aspécifique, plus ou moins polypoïde des fosses nasales (en cas de brèche de l'étage antérieur), pouvant mimer un polype intranasal, en regard d'un *defect* osseux de la base du crâne. L'IRM confirme le diagnostic en montrant une formation de même signal que le liquide cérébrospinal (LCS), contenant plus ou moins du parenchyme cérébral, l'ensemble étant en continuité avec les espaces sous-arachnoïdiens intracrâniens.

Pièges : polypes d'accompagnement masquant une tumeur maligne ou un papillome inversé (figure 5)

La plupart des lésions malignes ou à potentiel de dégénérescence maligne nasosinusienne, comme le papillome inversé, peuvent être accompagnées de réactions de la muqueuse avoisinante, à type de polypes inflammatoires d'accompagnement. Ces polypes inflammatoires peuvent masquer une lésion tissulaire en endoscopie. Le caractère unilatéral des polypes doit encore une fois être un signal d'alerte, devant faire réaliser une IRM avec injection pour ne pas méconnaître une lésion sous-jacente non accessible en endoscopie.

Il est également possible de retrouver une lésion tissulaire associée à une authentique PNS. La distinction entre les polypes muqueux inflammatoires bénins et la lésion tissulaire est notamment faite sur les séquences T2 (où les polypes muqueux présentent un franc hypersignal T2, contrastant avec une lésion tissulaire en isosignal T2), et après



Figure 5. Patient avec une polypose nasosinusienne, polypes muqueux classiques en franc hyper T2 (A) rehaussés en périphérie après injection de gadolinium (B), auxquels s'associe sur un plan de coupe plus postérieur au niveau du sinus sphénoïdal une lésion tissulaire en isosignal T2 (C, étoile) présentant un rehaussement tissulaire après injection (D), en rapport avec un possible papillome inversé.



Figure 6. Patient opéré d'une polypose nasosinusienne. Mucocèle sphénoïdale secondaire, avec comblement vieilli en hypersignal T2 modéré (A), hypersignal T1 (B) et avec aspect fin et laminé de la muqueuse périphérique après injection de gadolinium (C) permettant de poser le diagnostic de mucocèle.

injection de gadolinium qui mettra en évidence un rehaussement de la lésion tissulaire différent du rehaussement fin périphérique des polypes muqueux bénins.

Enfin, les lésions malignes elles-mêmes peuvent simuler au scanner une atteinte diffuse de PNS : en particulier le lymphome des sinus, peu lytique, qui sera évoqué au scanner sur la présence d'une lyse osseuse ou d'une atteinte perméative de l'os assez discrètes, et souvent d'une extension aux parties molles. L'IRM retrouvera une lésion tissulaire présentant une franche restriction de la diffusion.

Complications de la PNS : pneumocèle, mucocèle (figure 6)

L'inflammation chronique des muqueuses en lien avec la PNS est un facteur de risque de survenue de mucocèle, risque augmenté par le traumatisme des chirurgies endonasales pratiquées. Les mucocèles sont fréquentes dans la région frontoethmoïdale. L'incidence d'une mucocèle après traitement endos-

copique des polypes est estimée à 2,5/100 patients par an [4]. L'évolution naturelle de la polypose est également à l'origine de pneumocèles et mucocèles, pouvant parfois se rompre.

La présence de douleurs ou de signes orbitaires doit inciter à pratiquer une imagerie, au minimum un scanner des sinus.

Conclusion

La clinique aspécifique de la PNS, ainsi que la présence de polypes à la rhinoscopie peuvent être symptomatiques de différentes affections, pour lesquelles l'imagerie va apporter une aide précieuse au diagnostic. Certains signes d'alerte au scanner, comme le caractère unilatéral de l'atteinte ou une lyse osseuse inhabituelle doivent faire récuser le diagnostic de polypose et mener à la réalisation d'une IRM avec injection. Enfin, d'autres pathologies nasosinusiennes peuvent coexister avec d'authentiques polyposes, et doivent être connues et recherchées par l'ORL et le radiologue. ■

Références bibliographiques

1. Nakamaru Y et al. Otolitic and rhinologic manifestations of eosinophilic granulomatosis with polyangiitis. *Audiol Neurootol* 2016;21(1):45-53.
2. Safi C et al. Outcomes and imaging findings of respiratory epithelial adenomatoid hamartoma: a systematic review. *Int Forum Allergy Rhinol* 2019;9(6):674-80.
3. Hawley KA et al. CT findings of sinonasal respiratory epithelial adenomatoid hamartoma: a closer look at the olfactory clefts. *Am J Neuroradiol* 2013;34(5):1086-90.
4. Chobillon MA, Jankowski R. Relationship between mucocèles, nasal polyposis and nasalisation. *Rhinology* 2004;42(4):219-24.
5. Lacan A. *Imagerie des sinus*. Sauramps Medical, 2016.

E. Talab-Berthou, F. Benoudiba, G. Adebs-Nasser, C. Ancelet, C. Pelissou, M. Babin et J.F. Papon déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.

fiche technique

Sous la responsabilité de son auteur

K. Bergaoui*

Comment je fais une imagerie en coupe chez un enfant ?

L'imagerie en coupe comprend le scanner et l'imagerie par résonance magnétique (IRM). L'IRM a pour avantages, chez l'enfant, une meilleure discrimination tissulaire et l'absence d'irradiation. Ses inconvénients sont la durée de réalisation, un appareil impressionnant avec un tunnel étroit pouvant être anxiogène, un bruit fort inévitable (65 à 120 dB suivant le type de séquence). Le scanner est un examen rapide, au contraire de l'IRM qui nécessite une immobilité longue (au moins 15 minutes) et parfaite pour être de qualité.

Chez l'enfant, plusieurs moyens peuvent être utilisés pour obtenir l'immobilité nécessaire. Il faut un environnement calme, avec une luminosité contrôlée et des intervenants habitués à la prise en charge des enfants [1]. La présence de l'un des parents réduit l'anxiété et doit être encouragée. Une décoration adaptée (personnages de dessins animés, en particulier) favorise la coopération. Dès l'âge de 4-5 ans, le simulateur d'IRM (IRM en jeu) (figure 1) permet aux enfants de se familiariser avec l'appareil et avec le bruit qu'il produit. Pendant l'examen, on peut utiliser des dispositifs permettant la projection de supports audiovisuels.

Les techniques d'IRM spécifiques d'acquisition rapide ou avec correction de mouvements ont la capacité de fournir des images de qualité satisfaisantes malgré des mouvements légers ; ils sont associés à des protocoles optimisés pour réduire le temps d'examen [2].

Avant l'âge de 5 mois, on a recours à la technique du "feed and wrap" : le bébé est gardé à jeun 3 h avant l'examen, puis nourri (biberon, allaitement) afin d'induire le sommeil et emmailloté (figure 2). L'adjonction de quelques gouttes de solution sucrée (G30) sur la tétine peut être un appoint précieux. Après 5 mois et avant 5 ans, une sédation médicamenteuse est nécessaire, avec pour objectif un sommeil



Figure 1. IRM en jeu : simulateur préparant l'enfant, diminuant l'angoisse lors du vrai examen. Sous supervision paramédicale, l'enfant est allongé pendant quelques minutes dans le tunnel et exposé à des niveaux de bruit semblables à ceux attendus lors de l'IRM.



Figure 2. Le nourrisson est enveloppé de bandes limitant ses mouvements. Cet emmaillotage rassure le bébé et favorise l'endormissement (photo reproduite avec le consentement des parents).

* Service de radiopédiatrie, hôpital Robert-Debré, Paris.

Protocole médical de sédation avant acte d'imagerie (hors AG)
Tableau de posologie pour les enfants (5 mois-5,5 ans)

Enfants (âge corrigé++) : 5 mois-2 ans
(5 kg-14 kg)

Privation de sommeil++

Gélules de pentobarbital
(5 mg-7mg/kg/prise,
Dmax = 100 mg,
administration par voie
intrarectale après dilution)



À partir de 1 an/12 kg
Gouttes buvables
d'alimémazine
Théralène® 4 %
(entre 0,025
et 0,05 mL/kg/prise, Dmax)

Demi-dose pentobarbital
(si besoin au bout de 45 minutes)
5-11 kg
Dissoudre 1 dose dans 2 mL
de sérum physiologique,
administrer 1 mL seulement

Poids (kg)	
1 × 30 mg	5-6
1 × 40 mg	7-8
1 × 50 mg	9-10
2 × 30 mg	11
2 × 30 mg	12
1 × 30 mg + 1 × 40 mg	13-14

0,5 mL alimémazine

Enfants : 2 ans-5,5 ans (11 kg-25 kg)

Privation de sommeil++ puis avec l'administration du sédatif
prise d'eau sucrée ou jus de pomme

Suppositoires
de pentobarbital
(5 mg/kg/prise, Dmax = 100 mg)



Gouttes buvables d'alimémazine
Théralène® 4 %
(entre 0,025 et 0,05 mL/kg/prise,
Dmax = 1,25 mL)

		Poids (kg)		
2 × 30 mg		11-12		0,5 mL
1 × 30 mg + 1 × 40 mg		13-15		
1 × 40 mg	ou	1 × 30 mg		0,6 mL
		1 × 50 mg		
1 × 40 mg	+	1 × 50 mg		0,74 mL
		2 × 50 mg		
		18		0,84 mL
		19		
		20-21		
		22-25		

Attention : conversion entre mL et gouttes pour l'alimémazine valable
seulement pour le flacon à 4 %
Il existe une autre présentation avec une autre concentration : ne pas confondre !

Figure 3. Protocole de sédation médicamenteuse utilisé à l'hôpital Robert-Debré. Dans ce cas, le pentobarbital (voie intrarectale) est donné seul (si le poids de l'enfant est inférieur à 12 kg) ou en association à l'alimémazine (voie orale). La dose est fonction du poids de l'enfant. Cette combinaison est très efficace avec peu d'effets indésirables. La principale contrainte est organisationnelle, car le délai d'action est très variable et il faut que la machine soit libre rapidement quand l'enfant dort: le planning d'IRM doit être souple.

profond et prolongé pour la durée de l'IRM. Un interrogatoire soigneux des parents à la recherche de contre-indications est réalisé. Plusieurs protocoles de sédation sont décrits dans la littérature. À titre d'exemple, le protocole de sédation utilisé à l'hôpital Robert-Debré est détaillé sur la figure 3. Il nécessite, chez un enfant privé de sommeil (couché tard, levé tôt), 3 h de jeûne. L'endormissement de l'enfant survient après un délai variable (30 min-3 h) avec un taux de succès de l'ordre de 95 %. Un monitoring de la saturation en oxygène et de la fréquence cardiaque est pratiqué jusqu'au réveil. Les effets

indésirables principaux sont une agitation paradoxale, une somnolence prolongée (jusqu'à 24 h après la sédation) [3]. Dans notre expérience les effets indésirables graves sont exceptionnels. Après 5 ans, si l'enfant ne peut coopérer, l'anesthésie générale est indiquée.

La réalisation d'une imagerie en coupe chez un enfant nécessite donc une organisation spécifique en milieu spécialisé. ■

K. Bergaoui déclare ne pas avoir de liens d'intérêts en relation avec cet article.

Références bibliographiques

1. Jaimés C et al. Strategies to minimize sedation in pediatric body magnetic resonance imaging. *Pediatr Radiol* 2016;46:916-27.
2. Dong SZ et al. Techniques for minimizing sedation in pediatric MRI. *J Magn Reson Imaging* 2019;50(4):1047-54.
3. de Rover I et al. Needle-free pharmacological sedation techniques in paediatric patients for imaging procedures: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 2023;130(1):51-73.



Prochain numéro

À paraître en mars

Dossier:
Sommeil

Coordination : Dr Quentin Lisan (Suresnes)

Abonnez-vous sur www.edimark.fr ou p. 4