

Edition Tsunami

Le Maillon Faible

Radiologie, La Collection

Imagerie Des Sinus



Assembled By Tsunami

من صنع إليكم معروفا فكافئوه

فإن لم تجدوا ما تكافئونه

فادعوا له حتى تروا أنكم قد كافأتموه

Assembled By Tsunami

Copyright

Éditorial

G Moulin

Les affections des sinus de la face sont un motif de consultation d'autant plus fréquent que leurs modalités d'exploration et de prise en charge se sont particulièrement développées et sont devenues à la fois, de plus en plus sophistiquées et efficaces, et de moins en moins agressives.

C'est en effet, la vulgarisation de l'endoscopie qui a permis à de nouvelles techniques chirurgicales d'émerger, en particulier pour la prise en charge de la pathologie bénigne. Leurs résultats en terme de confort pour le patient et d'efficacité thérapeutique sont sans commune mesure avec la chirurgie classique. Le corollaire à l'apparition de cette chirurgie endoscopique a été la place prise par l'imagerie dans le bilan diagnostique pré et post-thérapeutique de ces affections.

Les clichés standard qui sont restés pendant longtemps les seuls examens disponibles pour l'exploration de la pathologie des sinus de la face, sont actuellement considérés comme obsolètes. Le scanner est devenu rapidement l'examen nécessaire et souvent suffisant en première intention. Sa substitution aux examens de radiologie générale est due à ses performances mais a été facilitée aussi par l'augmentation du parc d'appareillage dans notre pays. Il ne faut cependant pas multiplier à l'excès ce type d'examen, chez les patients porteurs de pathologie chronique bénigne, en raison du risque d'irradiation. Les indications doivent être donc bien posées et la pratique d'examens réalisés avec des faibles doses doit être encouragée même si la qualité iconographique n'est pas excellente.

Dans ces conditions, on aurait pu attendre de l'IRM qu'elle occupe une place importante. Cependant, la qualité des informations qu'elle délivre au niveau des sinus de la face reste relativement insuffisante. Elle doit donc être réservée aux explorations des complications intra-crâniennes ou crâniocéphaliques des sinusites aiguës ou chroniques, à la recherche des envahissements intra-crâniens, intra-orbitaires ou aux espaces profonds de la face des tumeurs et des pseudo-tumeurs ainsi qu'à la surveillance des lésions tumorales traitées.

Comme dans tous les domaines, posséder l'anatomie et la radio-anatomie est essentiel à la bonne interprétation des images radiologiques. Bien sûr, une connaissance globale de la disposition des sinus de la face peut suffire pour une interprétation sommaire. Il n'en reste pas moins vrai que bon nombre d'affections sont conditionnées par la disposition anatomique des cavités sinusiennes et de leurs voies de drainage. Il est donc souhaitable d'avoir une connaissance assez approfondie de cette anatomie qui est somme toute relativement fixe, car elle permet

de comprendre la physio-pathologie des affections des sinus de la face et d'apprécier leurs modalités de diffusion et d'atteinte éventuelles des régions adjacentes. Le dépistage radiologique des variations anatomiques avant la chirurgie endoscopique est une nécessité absolue. Le faire implique aussi d'avoir une bonne connaissance de l'anatomie de base. Ces variations anatomiques exposent à un risque fonctionnel neurologique ou visuel, ou à un risque vital important en cas de chirurgie endoscopique. Elles sont décrites de façon précise dans le chapitre d'anatomie de ce numéro de Cahier de Formation Continue du Journal de Radiologie. Leur description ou leur absence de description sur les comptes rendus radiologiques de scanner, en cas de complication chirurgicale, aura une valeur médico-légale certaine.

Comme cela a été dit précédemment, la pathologie bénigne des sinus de la face représente un motif fréquent de consultations. On doit différencier les affections aiguës, dont le diagnostic est clinique, qui ne nécessitent pas d'examens radiologiques, des affections chroniques. Parmi ces dernières, la sinusite chronique inflammatoire est liée à une pathologie de conduit par obstruction des voies de drainage. Elle est en général unilatérale et liée à une atteinte du complexe ostio-méatal antérieur. La recherche d'une étiologie dentaire est absolument fondamentale et doit être systématique en cas de sinusite maxillaire isolée ou de pan sinusite antérieure qui n'a pas fait sa preuve. La réalisation d'un « denta-scanner » dans le même temps que le scanner des sinus de la face doit alors être largement préconisé.

L'ethmoïdite œdémateuse et la polypose naso-sinusiennne correspondent, quant à elles, à une pathologie d'organe, liées à une véritable maladie de la muqueuse respiratoire, souvent associée à l'asthme et à d'autres manifestations atopiques. Les atteintes sont en général diffuses, bilatérales et intéressent l'ethmoïde antérieur et l'ethmoïde postérieur.

Le scanner doit pouvoir dépister les éventuelles pseudo-tumeurs associées ou secondaires aux sinusites chroniques. Dans ces cas, l'IRM peut être d'un appoint utile.

Après traitement médical ou chirurgical, la surveillance clinique et endoscopique est largement suffisante. L'imagerie peut intervenir pour apprécier la réponse thérapeutique si l'examen clinique et endoscopique ne sont pas suffisants ou si une intervention chirurgicale est envisagée après un traitement médical de première intention, ou en cas de complications.

Le problème est différent pour le bilan de la pathologie maligne. La mise en évidence des extensions à l'endo-crâne, à l'orbite ou péri-nerveuses est capitale. Le scanner et l'IRM apportent souvent des informations complémentaires s'il existe un doute sur l'un ou l'autre de ces examens. Chaque cas doit être considéré comme un cas particulier ; le bilan doit, dans tous les cas, être le plus complet possible car il conditionne la stratégie thérapeutique.

La surveillance de ces patients après traitement bénéficie du scanner et de l'IRM en complément des techniques endoscopiques et des biopsies. Il doit s'agir d'une surveillance rapprochée en raison du haut risque de récurrence locale.

En cas de pathologie traumatique, là aussi la connaissance de l'anatomie est indispensable. L'imagerie permet de classer les types de fracture. Le scanner est de plus en plus réalisé de première intention dans le bilan des polytraumatisés avec atteinte crânio-encéphaliques. Les différents types de fracture et les

modalités d'exploration sont largement décrites dans l'article consacré aux lésions traumatiques de la face.

Enfin, le dernier chapitre fait la synthèse de l'ensemble des affections rencontrées, de leur mode d'exploration, et propose des stratégies d'exploration claires et concises qui font actuellement l'objet d'un consensus dans la communauté radiologique française. Elles doivent pouvoir servir de référence tant aux jeunes radiologistes en formation qu'aux médecins plus expérimentés pour qui l'exploration de cette pathologie est courante.

Radioanatomie des sinus de la face

P Champsaur, T Pascal, V Vidal, JY Gaubert, JM Bartoli, G Moulin

ABSTRACT

Imaging anatomy of the paranasal sinuses

The imaging anatomy of the paranasal sinuses presents some complexity. The paranasal sinuses develop within facial and cranial bones. They communicate with one another and with the nasal cavity. Knowledge of normal anatomy is mandatory for accurate diagnosis of sinonasal pathology. The most frequent anatomical variants should be identified to decrease surgical risks. CT is the main imaging modality for the evaluation of sinonasal pathology.

Learning objectives: to review the normal sinonasal anatomy and its frequent anatomical variants at CT imaging.

Key words: Paranasal sinuses, anatomy. Paranasal sinuses, CT.

J Radiol 2003;84:885-900

RÉSUMÉ

La radio anatomie des sinus paranasaux ou sinus de la face est complexe. En effet, ces sinus se développent au sein des os de la face et de la base du crâne. Ils communiquent tous entre eux et avec la cavité nasale. La topographie des anomalies touchant les sinus est un élément déterminant dans l'identification de la pathologie en cause rendant la connaissance de la radioanatomie indispensable. Les principales variations anatomiques doivent être reconnues et identifiées car elles permettent de limiter les risques de la chirurgie endonasale. La technique de référence pour l'étude de la radioanatomie des sinus paranasaux reste la tomodensitométrie.

Les objectifs sont, d'une part de savoir décrire la radioanatomie en tomodensitométrie de la cavité nasale et des sinus paranasaux et, d'autre part de savoir identifier les principales variations anatomiques.

Mots-clés : Massif facial. Scanner. Sinus, anatomie.

Les sinus de la face ou sinus paranasaux sont un ensemble de cavités aériennes développées au sein du massif facial. Ces cavités présentent deux caractéristiques fondamentales : elles communiquent directement ou indirectement avec la cavité nasale et elles sont tapissées, par une même muqueuse de type respiratoire. Ces caractéristiques s'expliquent par l'embryologie. En effet, c'est la muqueuse de la cavité nasale primitive qui va « creuser » les différents sinus au sein des pièces osseuses adjacentes du massif facial pouvant pour une même cavité sinusienne être limitées par plusieurs os du crâne. De part et d'autre de la cavité nasale, il existe des sinus maxillaires, frontaux, sphénoïdaux et des labyrinthes ethmoïdaux. Chacune de ces cavités portent le nom de la pièce osseuse au sein de laquelle elle s'est principalement développée.

Après un très bref rappel embryologique, nous débuterons par l'étude analytique des pièces osseuses au niveau desquelles les cavités sinusiennes s'étendent en précisant les principales variations, puis nous étudierons la radioanatomie globale des cavités sinusiennes. L'imagerie en coupes tomodensitométriques est la technique de référence pour l'exploration radioanatomique des cavités sinusiennes. Nous l'avons choisie pour l'ensemble de nos coupes en imagerie tomodensitométrique en précisant que la radioanatomie IRM est strictement superposable.

EMBRYOLOGIE

Les gouttières olfactives apparaissent à la 5^e semaine chez l'embryon. Elles vont se creuser dans le massif facial pour donner la cavité nasale primitive vers la 9^e semaine. L'hypothèse la plus probable est que ce soit la muqueuse de cette cavité nasale primitive qui, par une activité « lytique », lyse les structures anatomiques adjacentes afin de « creuser » la cavité nasale puis les sinus paranasaux. C'est cette origine qui explique que l'ensemble des sinus paranasaux se draine dans la cavité nasale à partir de laquelle ils se sont développés. On peut remarquer, qu'il existe plusieurs bourgeons muqueux « lytiques » ayant des trajets différents. Pour une même cavité nasale droite ou gauche, il existe donc plusieurs sous-ensembles de cavités sinusiennes qui ont un même bourgeon comme origine et qui se drainent en un même méat au sein de la cavité nasale. Les deux sous-ensembles principaux sont :

- sinus maxillaire, ethmoïde antérieur, sinus frontal ;
- ethmoïde postérieur, sinus sphénoïdal.

Il existe trois bourgeons principaux :

- * Le bourgeon inférieur, le plus bas situé va creuser le méat inférieur et la face inférieure du cornet inférieur.
- * Le bourgeon intermédiaire va, d'une part creuser la face supérieure du cornet inférieur et la face inférieure du cornet moyen (c'est-à-dire le méat moyen), d'autre part se diviser en :
 - un bourgeon ascendant : le recessus ethmoïdo-frontal qui creusera l'ethmoïde antérieur et le sinus frontal ;

Tableau 1 : Légendes communes des figures sur les sinus paranasaux.

1	Os maxillaire
2	Sinus maxillaire
3	Face jugale du sinus maxillaire
4	Face orbitaire du sinus maxillaire
5	Face infra-temporale du sinus maxillaire
6	Processus frontal
7	Processus zygomatique
8	Processus alvéolaire
9	Processus palatin
10	Ostium du sinus maxillaire
11	Ethmoïde
12	Labyrinthe ethmoïdal
13	Lame criblée
14	Lame perpendiculaire
15	Apophyse crista galli
16	Lame orbitaire
17	Cornet suprême
18	Cornet supérieur
19	Cornet moyen
20	Processus unciné
21	Cavité nasale
22	Cloison nasale
23	Lame perpendiculaire
24	Vomer
25	Méat inférieur
26	Méat moyen
27	Infundibulum
28	Méat supérieur
29	Cornet inférieur
30	Racine cloisonnante
31	Racine cloisonnante de la bulle
32	Cellule de la bulle
33	Racine cloisonnante du processus unciné
34	Cellules méatiques
35	Cellules de l'unciné
36	Cellules avancée
37	Cellules moyennes
38	Cellules reculées
39	Sphénoïde
40	Sinus sphénoïdal
41	Septum du sinus sphénoïdal
42	Corps du sphénoïde
43	Grande aile du sphénoïde
44	Petite aile du sphénoïde
45	Processus ptérygoïde
46	Fosse ptérygopalatine
47	Fosse infra-temporale
48	Fosse hypophysaire
49	Ostium sphénoïdal
50	Artères carotides internes
51	Nerfs optiques
52	Os lacrymal
53	Canal lacrymonasal
54	Os nasal
55	Vomer
56	Nasopharynx
57	Os palatin
58	Apex dentaire
59	Canal infra-orbitaire
60	Orbite
61	Sinus frontal
62	Canal nasofrontal
63	Palais dur

– un bourgeon descendant qui creusera le sinus maxillaire.

Le cul-de-sac entre ces deux bourgeons de division du bourgeon intermédiaire constitue l'infundibulum. Cet exemple du bourgeon intermédiaire permet de comprendre deux notions fondamentales :

– d'une part, l'unité de drainage du sinus maxillaire, de l'ethmoïde antérieur, et du sinus frontal ;

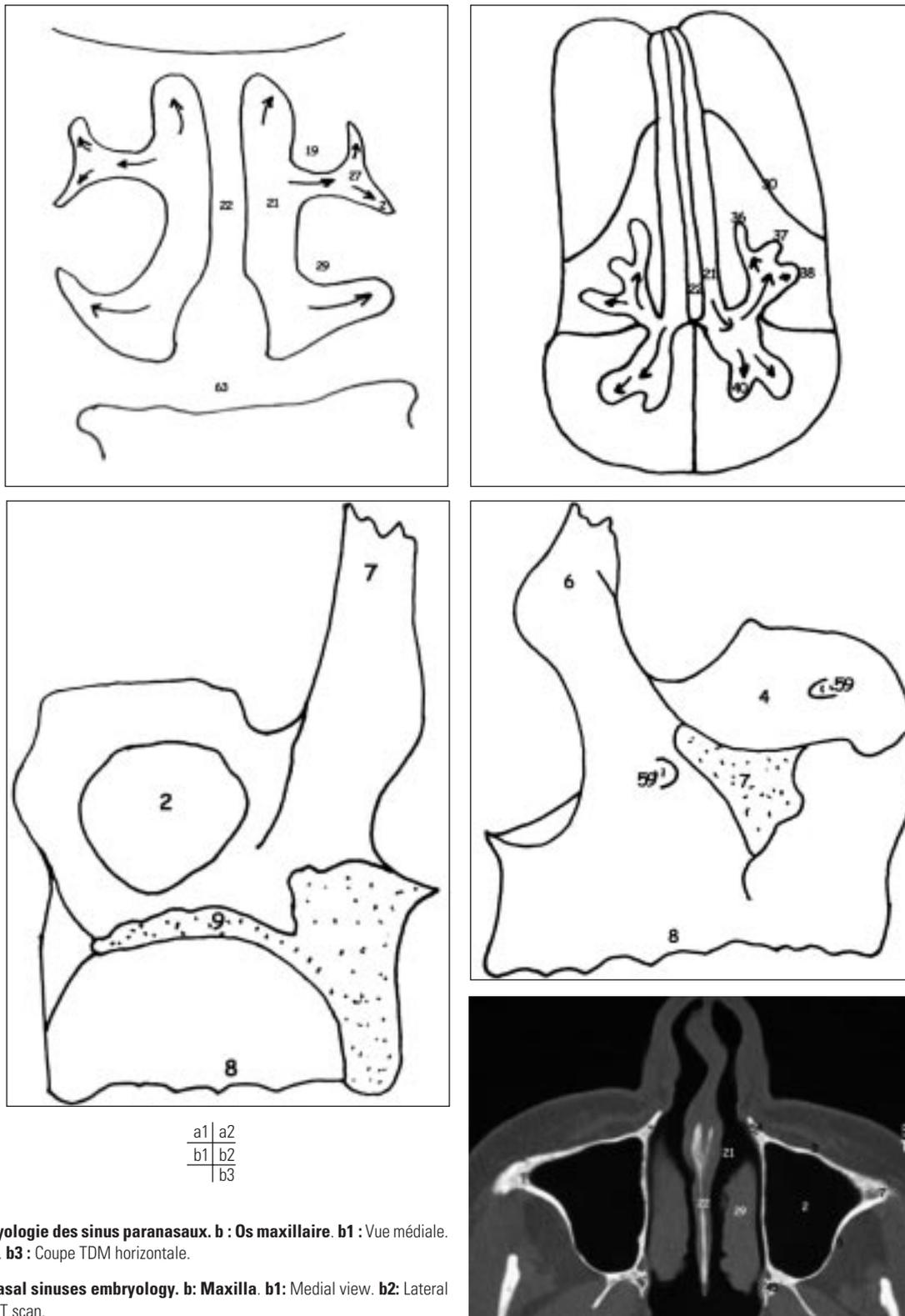
– d'autre part, la signification d'une racine cloisonnante qui représente au sein de l'ethmoïde la limite entre des cellules ayant pour origine un bourgeon différent. Ces bourgeons, avant de creuser l'ethmoïde, ont isolé une structure (racine cloisonnante) au sein de la cavité nasale qui donne son nom à la limite entre les cellules ethmoïdales à l'origine et au drainage différents. La racine cloisonnante du cornet moyen limite les cellules ethmoïdales antérieures creusées par le bourgeon intermédiaire et les cellules ethmoïdales postérieures creusées par le bourgeon supéro-postérieur.

* Le bourgeon supéro-postérieur va creuser les cellules ethmoïdales postérieures, le sinus sphénoïdal et le méat supérieur (*fig. 1a*).

ÉTUDE ANALYTIQUE

1. Os maxillaire–Sinus maxillaire

L'os maxillaire limite en grande partie le sinus maxillaire. C'est un os pair et symétrique. Sa morphologie globale est celle d'une pyramide dont le sommet est latéral et la base médiale. Il présente un corps avec trois faces (jugale, orbitaire, infra-temporale) et quatre processus (frontal, palatin, zygomatique, alvéolaire) (*fig. 1*). Le corps pyramidal de l'os maxillaire présente une face antéro-latérale ou jugale en rapport direct avec la face profonde de la joue. Sa face supérieure est appelée orbitaire, elle constitue le plancher de l'orbite (*fig. 2*). La face postéro-latérale ou infra-temporale présente une convexité postérieure et médiale appelée tubérosité maxillaire ; elle est en rapport avec les espaces profonds de la face. Le processus frontal s'articule avec l'os frontal et présente une direction caudo-craniale. Il répond sur sa partie médiale à la cavité nasale s'articulant avec l'ethmoïde. Latéralement, il est directement en rapport avec le sac lacrymal. Le processus palatin constitue, avec son homologue controlatéral, la partie antérieure du palais dur. Le processus zygomatique s'articule avec l'os du même nom. Il semble prolonger le sommet de la pyramide et présente une direction relativement horizontale. Le quatrième processus du maxillaire ou processus alvéolaire, inférieur et arciforme, est creusé par des alvéoles dentaires au nombre de huit. L'alvéole canine est la plus profonde. Les racines dentaires présentent donc des rapports particulièrement intimes avec le plancher du sinus maxillaire, expliquant la fréquence des sinusites maxillaires d'origine dentaire (*fig. 3*). En cas de dent incluse, la racine dentaire peut se situer dans le sinus maxillaire. La cavité creusée au sein du corps du maxillaire est le sinus maxillaire (*fig. 4*). Ce sinus maxillaire est en rapport, à travers les différentes faces du corps maxillaire, avec la région jugale en avant et latéralement, avec l'orbite à travers sa face supérieure orbitaire et avec les espaces profonds de la face par sa face postérieure. Il est à noter que sur l'os sec, l'orifice du sinus maxillaire est particulièrement large. Cet aspect n'est pas celui du massif facial en place. La fermeture partielle de cet orifice est réalisée par le processus maxillaire du cornet inférieur (*fig. 6*), par le processus unciforme de l'ethmoïde et par l'os palatin dans sa



a1	a2
b1	b2
	b3

Fig. 1 : a : Embryologie des sinus paranasaux. b : Os maxillaire. b1 : Vue médiale. b2 : Vue latérale. b3 : Coupe TDM horizontale.

Fig. 1: a: Paranasal sinuses embryology. b: Maxilla. b1: Medial view. b2: Lateral view. b3: Axial CT scan.

portion sagittale. Il en résulte un orifice final réduit situé au-dessus du cornet inférieur dans le méat moyen.

2. Ethmoïde – Labyrinthe ethmoïdal

2.1. L'ethmoïde

L'ethmoïde est un os impair et médian, composé de deux labyrinthes ethmoïdaux appelés antérieurement masses latérales (fig. 5). Ils sont creusés par le labyrinthe ethmoïdal droit et gau-

che qui constitue le véritable carrefour des sinus paranasaux, clef de la compréhension de la radioanatomie et de la pathologie des sinus. Les labyrinthes ethmoïdaux sont deux petits parallélépipèdes reliés entre eux, à leur partie supérieure, par une lamelle osseuse horizontale nommée : lame criblée.

2.2. La lame criblée

La lame criblée est, en effet, percée de multiples orifices qui laisseront passage aux fibres olfactives de la première paire crâ-

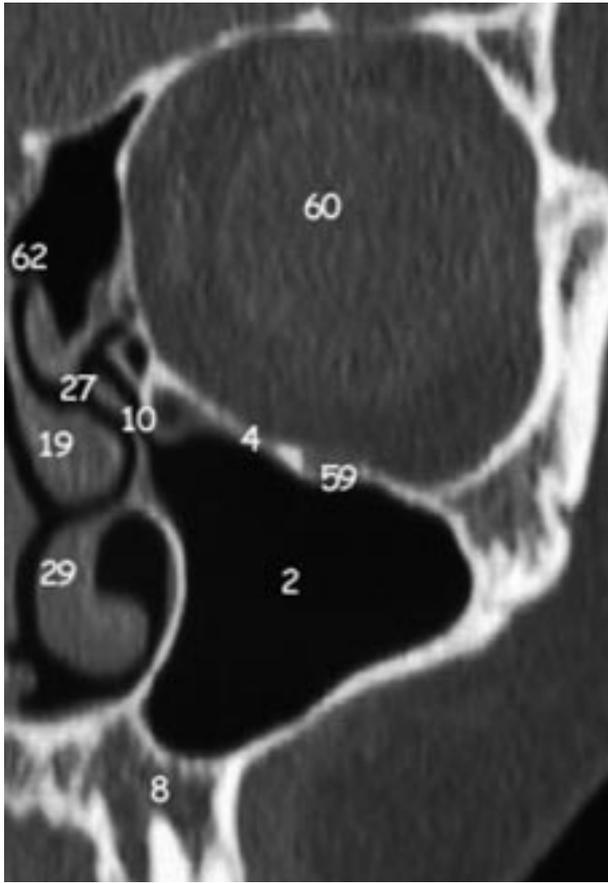


Fig. 2 : Face orbitaire du sinus maxillaire. TDM reconstruction coronale.

Fig. 2: Maxillary sinus, orbital surface. Coronal CT image.

nienne. La lame criblée sépare la cavité nasale de la cavité crânienne. Son caractère fin et criblé en fait une zone de communication potentielle entre les fosses nasales et les espaces extra-

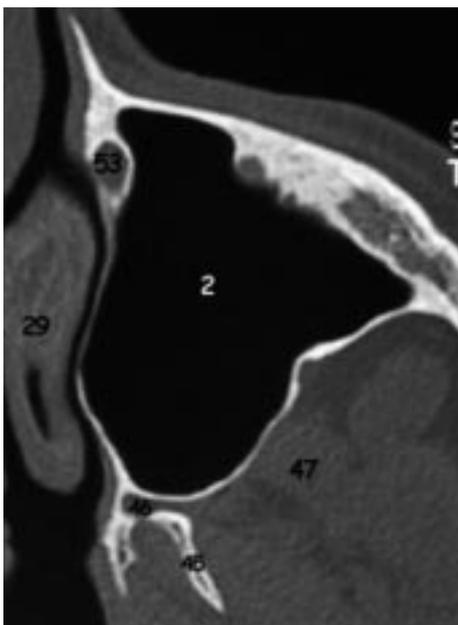


Fig. 4 : Sinus maxillaire : coupe horizontale en TDM.

Fig. 4: Maxillary sinus: axial CT image.

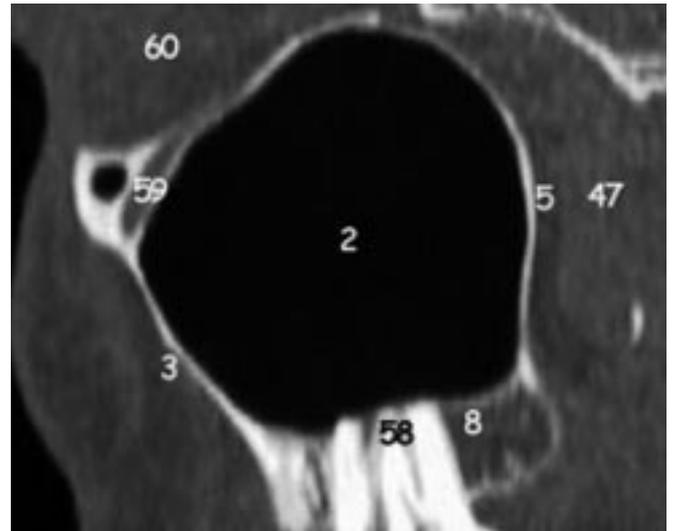


Fig. 3 : Sinus maxillaire : rapport avec racines dentaires. TDM reconstruction sagittale.

Fig. 3: Maxillary sinus: relationship with adjacent teeth. Sagittal CT image.

durax (fig. 6). Lors des traumatismes, une fracture de cette lame criblée peut être responsable d'une rhinorrhée de liquide cérébrospinal avec un risque important de méningite. Cette lame criblée est également une voie privilégiée d'extension des tumeurs des fosses nasales vers l'endocrâne. À sa partie médiane, elle est divisée en deux par une lame osseuse sagittale qui est la lame perpendiculaire (fig. 7).

2.3. La lame perpendiculaire

La lame perpendiculaire participe au cloisonnement de la cavité nasale en une hémicavité droite et gauche. Elle n'est pas le seul élément constitutif de la segmentation des fosses nasales puisque en arrière et vers le bas, l'os vomer complète la lame perpendiculaire pour constituer la cloison nasale (fig. 8).

2.4. Les labyrinthes ethmoïdaux

Les labyrinthes ethmoïdaux anciennement appelés masses latérales, présentent une morphologie quadrilatère. Ils sont creusés de cavités, appelées anciennement cellules ethmoïdales, qui ne sont en fait pas des cellules isolées, mais communiquent entre elles à la manière d'un authentique labyrinthe osseux. Ce labyrinthe n'est pas unique et toutes les cavités d'un labyrinthe ethmoïdal d'un côté ne communiquent pas toutes entre elles. Il existe une organisation de chaque labyrinthe ethmoïdal que nous verrons ultérieurement.

2.4.1. Les faces des labyrinthes

- Sur ses faces superficielles dorsales et craniales, le labyrinthe ethmoïdal présente une particularité anatomique importante : les cavités les plus superficielles ne sont que des hémicavités. Elles forment une cellule complète en se joignant avec une hémicavité sphénoïdale (cellules dorsales) ou une hémicavité frontale (cellules craniales) (fig. 9). Au niveau de l'os frontal, ces hémicavités se situent sur la partie dite nasale de part et d'autre de l'incisure ethmoïdale de l'os frontal, en dehors de la partie orbitaire. Ces hémicavités sont, en fait, des cellules ethmoïdales qui se sont développées au-delà de l'ethmoïde pour gagner l'os frontal. Les sinus frontaux ne sont qu'une forme hypertrophique de ces hé-

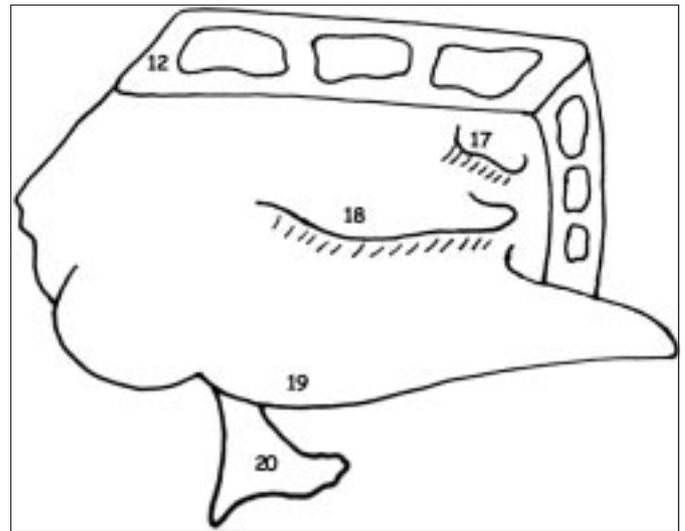
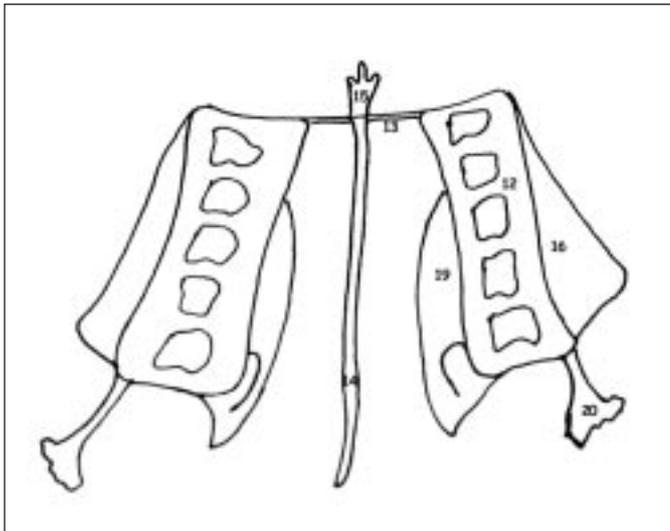


Fig. 5: Ethmoïde. a : Vue postérieure. **b :** Vue médiale.

Fig. 5: Ethmoid bone. a: Posterior view. **b:** medial view.

micavités. On peut donc mieux comprendre que les sinus frontaux ne soient considérés que comme des cellules antérieures de l'ethmoïde particulièrement développées. La topographie du drainage des sinus frontaux et le canal nasofrontal est parfaitement expliquée par cette conception. La face supérieure du labyrinthe ethmoïdal n'est pas directement en rapport avec la cavité crânienne, mais, l'est au travers de l'os frontal qui, à la manière d'un couvercle, vient fermer chacun des labyrinthes ethmoïdaux. Seule la lame criblée, qui se projette au niveau de l'incisure ethmoïdale de l'os frontal, se trouvera directement en rapport avec la cavité crânienne. Sur cette partie endocrânienne de la lame criblée apparaît un élément osseux saillant antérieur qui prolonge la lame perpendiculaire au niveau de l'endocrâne : l'apophyse crista galli (fig. 10).

• La face latérale des labyrinthes ethmoïdaux

Elle est directement en rapport avec l'orbite dont elle constitue un élément important de la paroi médiale. Cette lame osseuse particulièrement fine s'appelle la lame orbitaire (fig. 11), appelée précédemment lame papyracée ou os planum. Son caractère fin explique le rapport anatomique très important entre le labyrinthe ethmoïdal et la cavité orbitaire. Cette finesse est importante à connaître dans les traumatismes de l'orbite où la fracture de cette lame est relativement fréquente. Cette fracture ne doit pas être confondue avec l'aplasie partielle de la lame orbitaire qui est une absence congénitale d'un petit segment de cette lame (fig. 12). La présence de cette variante anatomique doit être connue et signalée, car elle présente le risque, lors de la chirurgie endoscopique du labyrinthe ethmoïdal, de faire communiquer

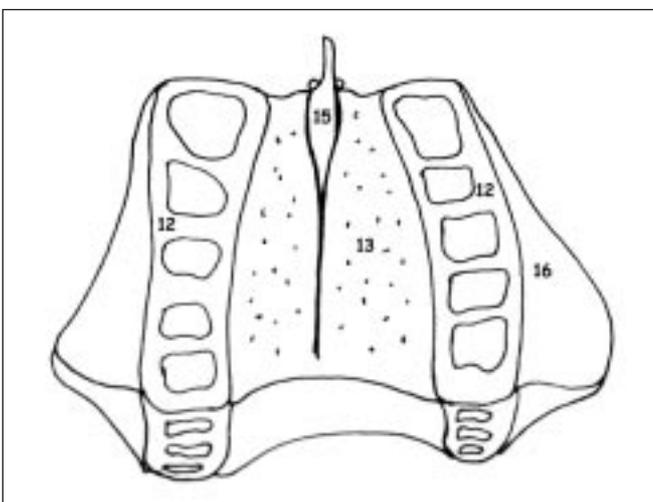


Fig. 6: Ethmoïde vue supérieure : lame criblée de l'ethmoïde.

Fig. 6: Ethmoid bone, superior view. Cribriform plate.

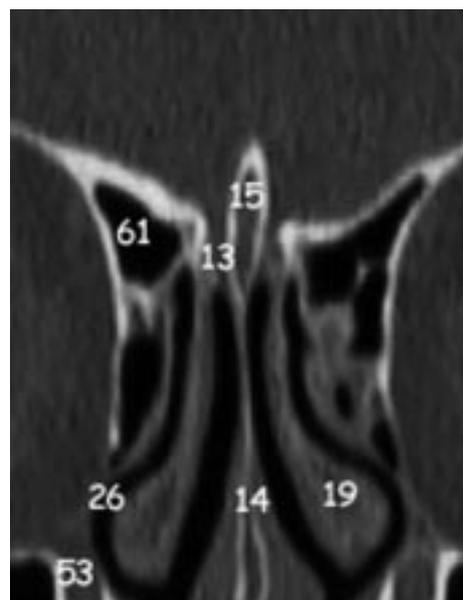


Fig. 7 : Lame perpendiculaire de l'ethmoïde, reconstruction coronale en TDM.

Fig. 7: Ethmoid bone: perpendicular plate. Coronal CT image.

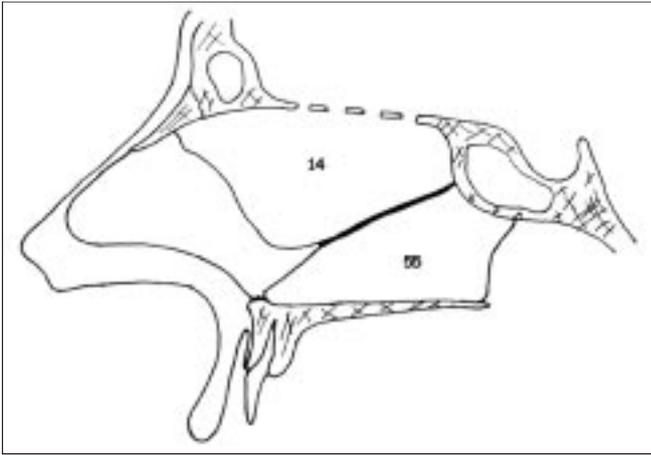


Fig. 8 : Cloison nasale : vue latérale de la cloison nasale.

Fig. 8: Bony nasal septum: lateral view.

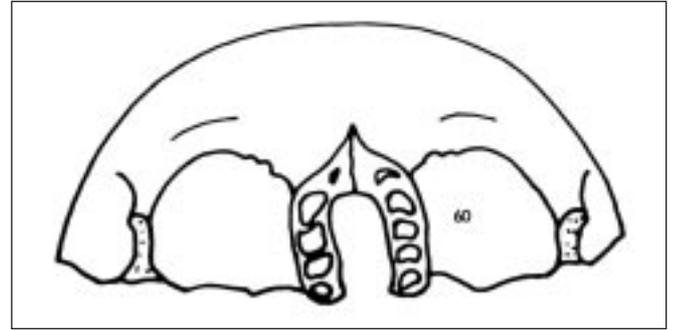


Fig. 9 : Os frontal. Vue inférieure.

Fig. 9: Frontal bone: inferior view.

la cavité nasale et l'orbite sans qu'aucune limite osseuse n'indique au chirurgien son passage dans l'orbite.

- La face médiale de chaque labyrinthe ethmoïdal est directement en rapport avec les fosses nasales (fig. 13).

Alors que la face orbitaire est lisse, la face médiale présente d'importants reliefs. Ces reliefs sont constitués par des lamelles osseuses recourbées sur elles-mêmes. Ces lamelles osseuses constituent successivement en crânio-caudal les cornets suprême, supérieur et moyen (fig. 14). Le cornet suprême est, donc le plus cranial, postérieur et court. Le cornet supérieur est un peu plus caudal et un peu plus large. Enfin, le plus volumineux est le cornet moyen. Les cornets suprême, supérieur et moyen ne sont donc que des émanations de la face nasale du

labyrinthe ethmoïdal alors que le cornet inférieur constitue un os propre de la face. Chacun des cornets segmente une hémicavité nasale en « étages » incomplets appelés méats. Ils décomposent le flux aérien en augmentant la surface de contact entre l'air pénétrant dans les fosses nasales et la muqueuse de ces cavités. Ce contact permet le réchauffement et l'humidification de l'air inspiré par la muqueuse. Le cornet moyen semble se prolonger au sein du labyrinthe ethmoïdal et participer à son cloisonnement, par ce qu'on appelle la racine cloisonnante du cornet moyen. Elle représente un élément de segmentation fondamentale dans la systématisation de l'ethmoïde que nous verrons ultérieurement. Il en est de même pour les cornets suprême et supérieur mais avec une moindre importance.

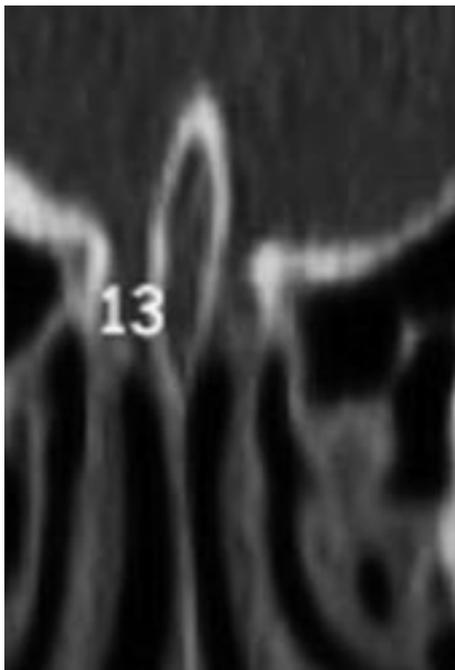


Fig. 10 : Apophyse crista galli : TDM reconstruction coronale.

Fig. 10: Crista galli, coronal CT image.



Fig. 11 : Lame orbitaire du labyrinthe ethmoïdal.

Fig. 11: Orbital plate of ethmoidal labyrinth.

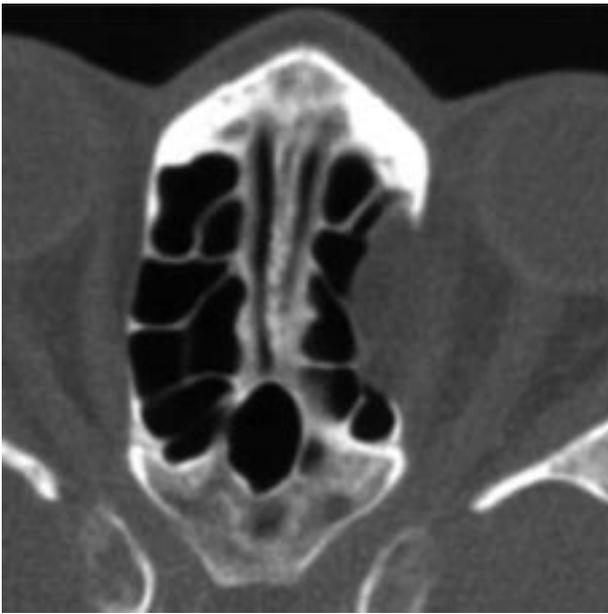


Fig. 12 : Aplasie partielle de la lame orbitaire du labyrinthe ethmoïdal (a et b).

Fig. 12: Dehiscence of orbital plate of ethmoidal labyrinth (a and b).

• Les variations morphologiques de l'ethmoïde

Elles sont importantes à connaître. Il s'agit de la dysharmonie du toit de l'ethmoïde, de la dehiscence du toit de l'ethmoïde et de la dehiscence de la lame criblée ou la lame orbitaire. La dysharmonie du toit de l'ethmoïde (fig. 15) est intra-ethmoïdale, dans 12 % des cas, et se situe entre l'ethmoïde et le sphénoïde dans le plan sagittal, dans 8 % des cas. La dehiscence du toit de l'ethmoïde (fig. 16) est d'une fréquence inférieure à 1 % des cas, comme la dehiscence de la lame criblée. Ces dehiscences sont responsables de méningocèles pouvant donner des images troublantes, en particulier dans le plan coronal. L'asymétrie de hauteur droite-gauche du toit de l'ethmoïde a une fréquence

d'environ 10 % : la droite est inférieure à la gauche, dans 8,6 % des cas, de 2 à 7 mm et la gauche est inférieure à la droite dans 1,2 % des cas, avec une différence inférieure à 2 mm. L'asymétrie de hauteur droite-gauche est surtout antérieure. La dehiscence de la lame papyracée, toujours antérieure, a une fréquence située entre 1 et 5 %. L'élément sémiologique fondamental pour l'identifier est la présence de graisse orbitale dans le labyrinthe ethmoïdal, en particulier dans la bulle de l'ethmoïde antérieur. Il n'existe pas de remaniement inflammatoire ou infiltratif à ce niveau. Les différents cornets limitent les méats. Chaque méat porte le nom du cornet qui le limite à sa partie supérieure ; le méat moyen est donc situé en dessous du cornet

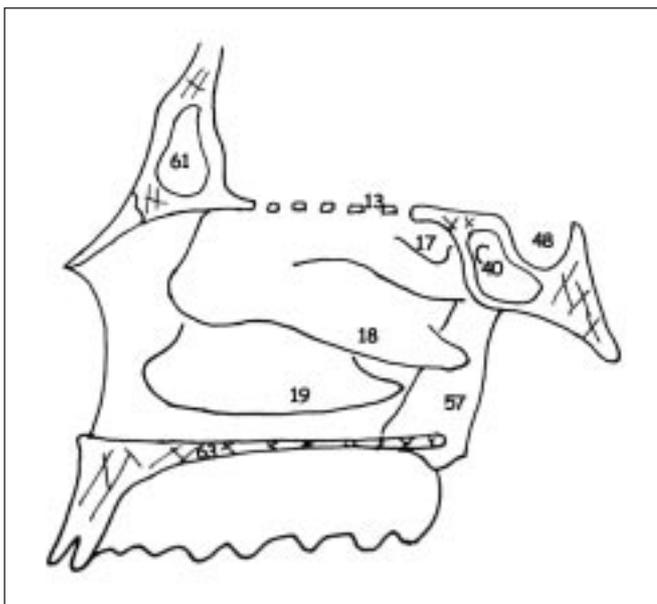


Fig. 13 : Vue latérale des fosses nasales.

Fig. 13: Lateral view of nasal cavity.



Fig. 14 : Cornets. TDM reconstruction coronale.

Fig. 14: Nasal turbinates, coronal CT scan.

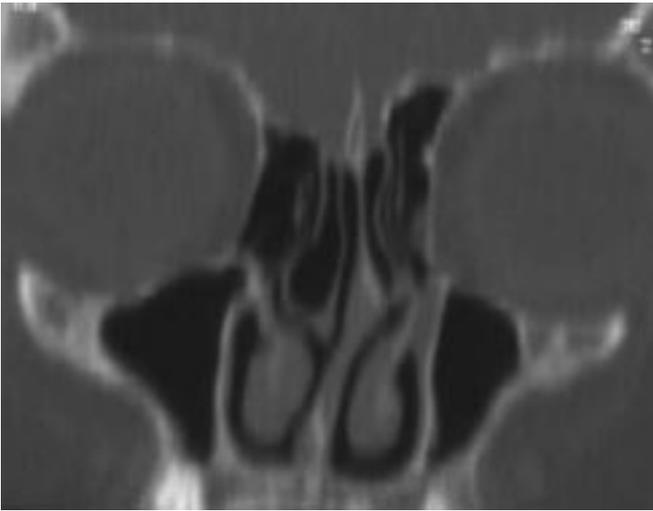
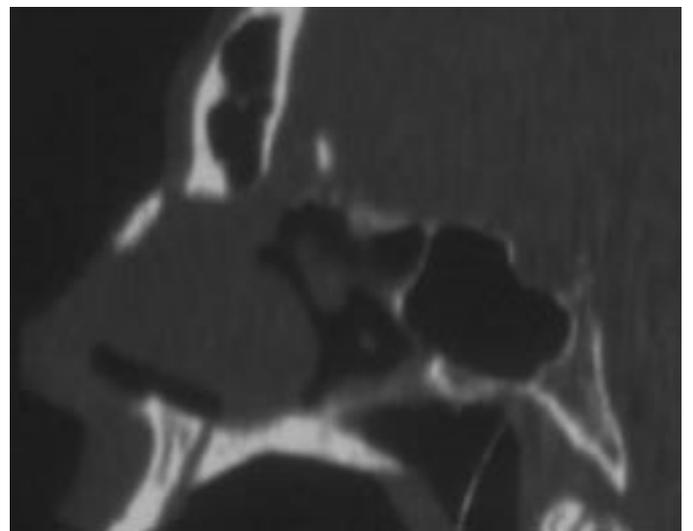
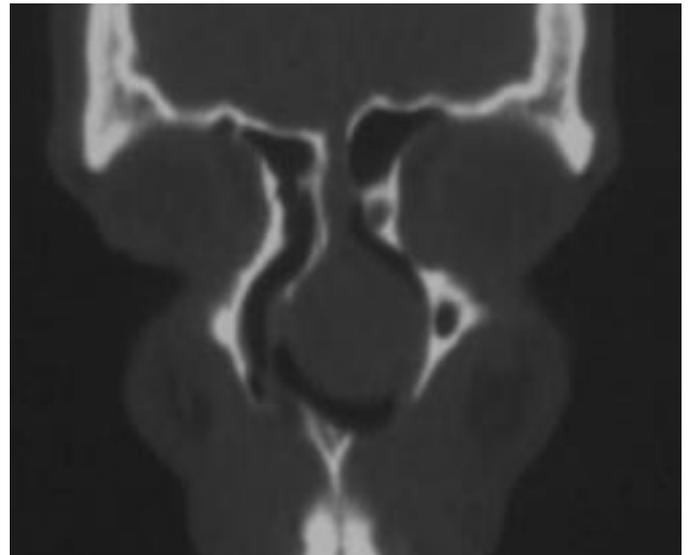
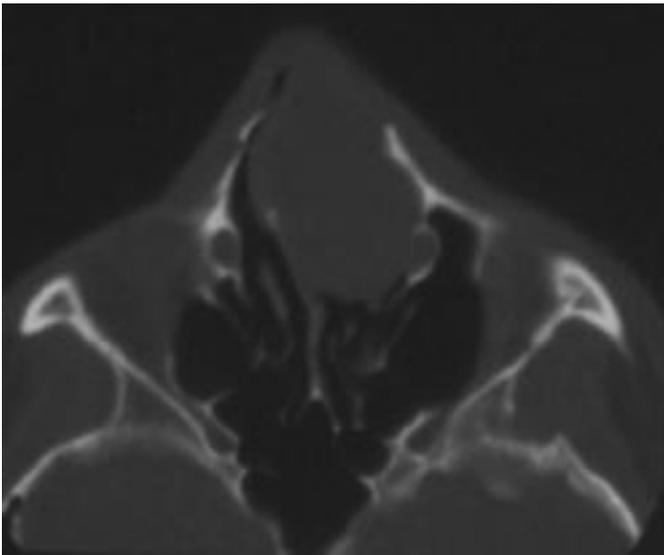


Fig. 15 : Dysharmonie du toit de l'ethmoïde au dépend du toit de l'ethmoïde droit. TDM reconstruction coronale.

Fig. 15: Dehiscence of the top of ethmoidal labyrinth, coronal CT image.



a | b
| c

Fig. 16 : Déhiscence de la lame criblée avec méningocèle. TDM en coupe axiale (a), en reconstruction coronale (b) et sagittale (c).

Fig. 16: Dehiscence of cribriform plate. Axial (a), coronal (b), and sagittal (c) CT images.

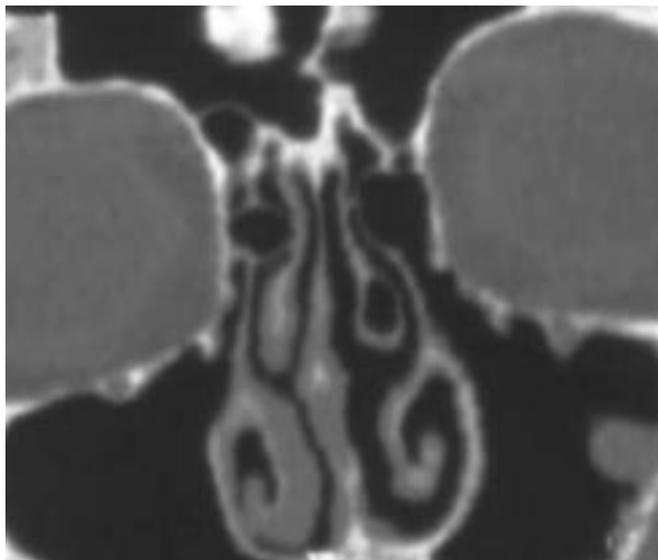


Fig. 17 : Pneumatization du cornet moyen ou concha bullosa. TDM reconstruction frontale.

Fig. 17: Concha bullosa of the middle turbinate, coronal CT scan.

moyen. Il existe des variations de la pneumatization des cornets. La plus connue est la concha bullosa (*fig. 17*). Il s'agit d'une pneumatization du cornet moyen. Cette pneumatization peut être très importante sans caractère pathologique. De la face médiale de l'éthmoïde se détache une petite lamelle osseuse orientée en crânio-caudal et, vers l'avant, appelée le processus unciné. Il va venir cloisonner partiellement l'ouverture du sinus maxillaire (*fig. 18*) et se terminer au contact de la face médiale du corps du maxillaire. Le processus unciné peut être l'objet de pneumatization. Il peut aussi être collé à la paroi de l'orbite. Il existe parfois des inversions de sa courbure naturelle.

2.4.2. La systématisation du labyrinthe éthmoïdal (*fig. 19*) est importante à connaître

– Elle est basée sur les communications et le drainage dans les cavités nasales du labyrinthe éthmoïdal. On peut ainsi définir un cloisonnement antéro-postérieur au sein du labyrinthe éthmoïdal divisé alors en éthmoïde antérieur et postérieur. Ce cloisonnement tient compte de l'étage du drainage des cavités dans les fosses nasales. En effet, l'éthmoïde antérieur se draine dans le méat moyen, alors que l'éthmoïde postérieur se draine dans le méat supérieur.

– La séparation entre l'éthmoïde antérieur et postérieur est constituée par une lamelle osseuse qui présente une morphologie en « S » dont la partie la plus antérieure est située sur la face médiale du labyrinthe éthmoïdal. Cette lame en « S » dans le plan horizontal est la racine cloisonnante du cornet moyen précédemment citée. Mais, au-delà de cette segmentation de base, il existe aussi une systématisation de chaque partie (antérieure et postérieure) de l'éthmoïde.

• L'éthmoïde antérieur

Il est divisé par la racine cloisonnante de la bulle en des cellules situées en avant, appelées système pré-bullaire, et des cellules situées en arrière, appelées groupe de la bulle. Ce groupe de la bulle est en réalité une seule et volumineuse cellule. La bulle éthmoïdale est une cellule unique pour chacun des labyrinthes

éthmoïdaux. Elle est située en avant de la racine cloisonnante du cornet moyen et en arrière de la cloison coronale que constitue la racine cloisonnante de la bulle. En revanche, le groupe pré-bullaire est divisé par une cloison sagittale médiane, la racine cloisonnante du processus unciné, en cellules de l'unciné en dehors et cellules méatiques en dedans.

– Il existe des variations de pneumatization de la cellule unciniformienne antérieure. Cette pneumatization peut être très importante et appelée, dans ce cas, agger nasi. La cellule unciniformienne inférieure peut être également très pneumatisée, venir quasiment dans le plancher de l'orbite et s'appeler la cellule de Haller.

– Le processus unciné est une lame osseuse appendue au labyrinthe éthmoïdal dirigé en bas et en arrière. Il est, le plus souvent, caché par le cornet moyen. Il limite, avec la bulle, une gouttière appelée l'infundibulum éthmoïdal. Le sinus frontal par le canal nasofrontal, les cellules éthmoïdales antérieures et le sinus maxillaire viennent s'aboucher dans l'infundibulum. Le méat des cellules méatiques et de l'unciné s'ouvre à la partie inférieure de cette gouttière. Le sinus frontal n'est, comme nous l'avons vu, qu'une expansion au sein de l'os frontal d'une cellule de l'éthmoïde antérieur, communiquant par le canal nasofrontal avec l'infundibulum.

• L'éthmoïde postérieur

Il est constitué de cellules postérieures divisées, dans le plan coronal, en cellules avancées les plus antérieures, centrales à la partie moyenne et reculées à la partie la plus postérieure. Les reculées portent également le nom d'Onodi. Le drainage de ces cellules postérieures se fait en arrière et en haut du cornet moyen dans le méat supérieur comme les sinus sphénoïdaux. Le développement de la pneumatization est parfois très important avec expansion de cellules dans le sinus maxillaire.

3. Sphénoïde – Sinus sphénoïdal – Sinus frontal

Le sphénoïde est le siège des sinus sphénoïdaux, situés en arrière des labyrinthes éthmoïdaux et qui sont les sinus paranasaux les plus postérieurs. Le sphénoïde est un os qui participe, comme l'éthmoïde et le frontal, à la constitution de la base du crâne. Il est situé en arrière de l'éthmoïde. Seul le corps, partie centrale de cet os impair et médian, est intéressé par les sinus de la face. En effet, les petites ailes et les grandes ailes du sphénoïde participent à la constitution de la base du crâne et, partiellement, de la calvaria, mais n'entrent pas dans la constitution des sinus. Les processus ptérygoïdes qui sont appendus à la face inférieure du sphénoïde ne participent pas eux non plus à la constitution des cavités sinusiennes. Ils présentent, en revanche, un rapport antérieur à leur partie distale avec la face postérieure du corps du maxillaire droit et gauche en venant s'y accoler. L'espace limité entre la face postérieure du maxillaire et la face antérieure des processus ptérygoïdes avant qu'ils ne s'accolent correspond à la fosse ptérygopalatine. Cette fosse est le prolongement médial de la fosse infra temporale dont elle est séparée par la fissure ptérygomaxillaire.

Le corps du sphénoïde présente 6 faces. Il est marqué, à sa partie supérieure, par l'empreinte de la fosse hypophysaire dans laquelle se loge la glande hypophyse. Il est creusé d'une cavité sinuienne divisée, par le septum des sinus sphénoïdaux, en deux sinus droit et gauche (*fig. 20*).

– **La paroi antérieure de ce corps du sphénoïde** présente, à droite et à gauche, des hémicellules qui ferment en arrière les labyrinthes éthmoïdaux. Dans ces hémicellules, se trouve la partie

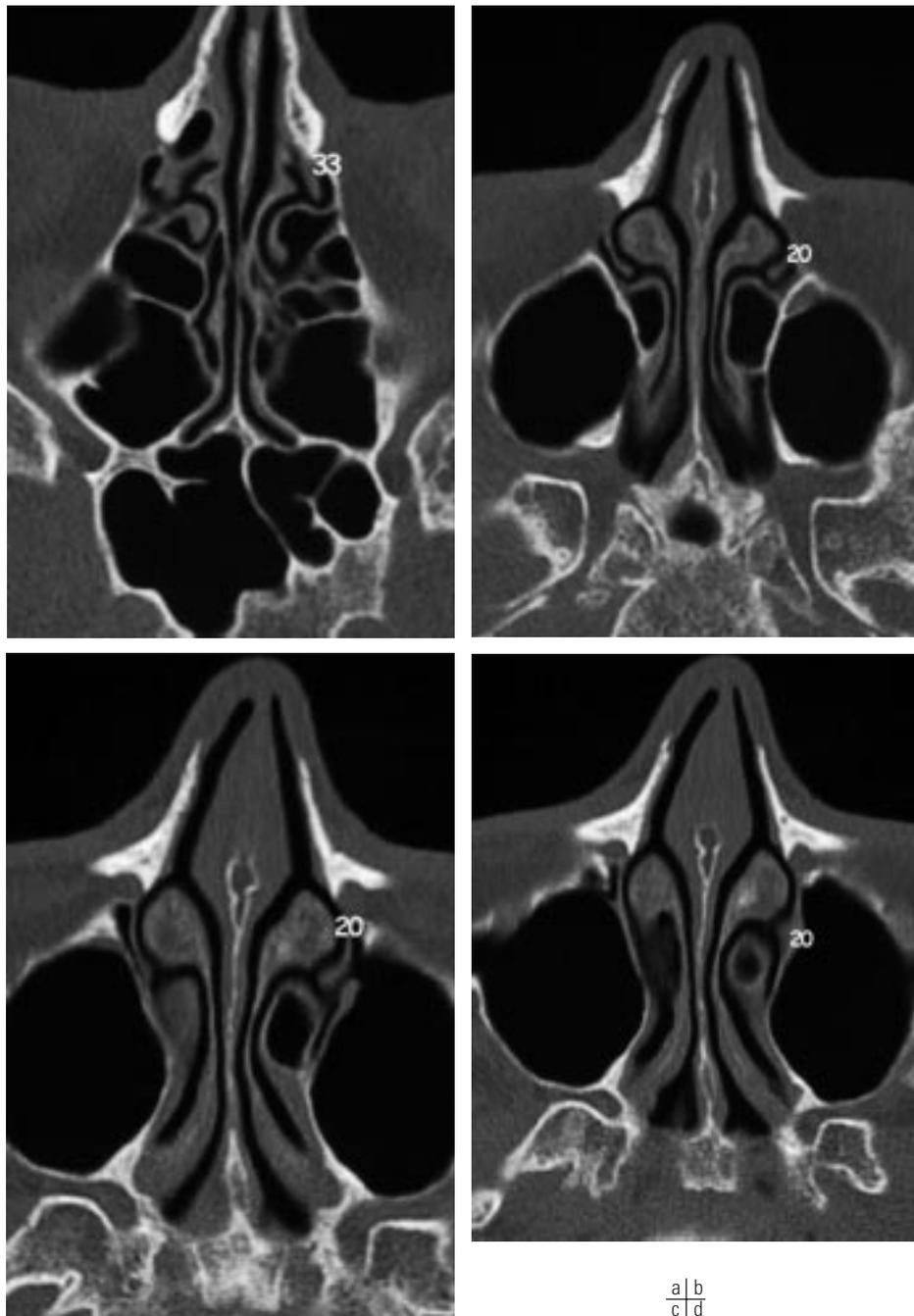


Fig. 18 : Processus unciné.

Fig. 18: Uncinate process.

médiane de la face antérieure du corps du sphénoïde qui est marquée par une crête sur la ligne médiane prolongeant le septum des sinus sphénoïdaux vers l'avant. De part et d'autre de cette crête, on note la présence de l'orifice d'ouverture des sinus sphénoïdaux.

– **La face inférieure du corps du sphénoïde** présente également une crête médiane. C'est sur cette crête médiane que vient se positionner le bord supérieur du vomer. Le vomer est un os de la face qui participe à la constitution de la cloison nasale. Cette face inférieure du sphénoïde est en rapport avec le toit de la partie postérieure des fosses nasales et, plus en arrière, avec le toit du nasopharynx. Cette partie orbitaire de la grande aile du sphé-

noïde vient limiter avec la petite aile la fissure orbitaire supérieure. Cette fissure orbitaire supérieure fait communiquer l'orbite avec l'endocrâne alors que la fissure orbitaire inférieure fait communiquer l'orbite avec les espaces profonds de la face.

– **Le corps du sphénoïde présente des rapports anatomiques particulièrement importants** que sont, à sa partie postérieure, les carotides internes, à sa partie supérieure et latéralement les nerfs optiques, latéralement le sinus caverneux et à la partie supérieure, en regard de la fosse hypophysaire, la glande hypophyse. Ces rapports anatomiques sont importants car, d'une part ils représentent des zones d'extension d'une éventuelle tumeur sphénoïdale. D'autre part, ils présentent des

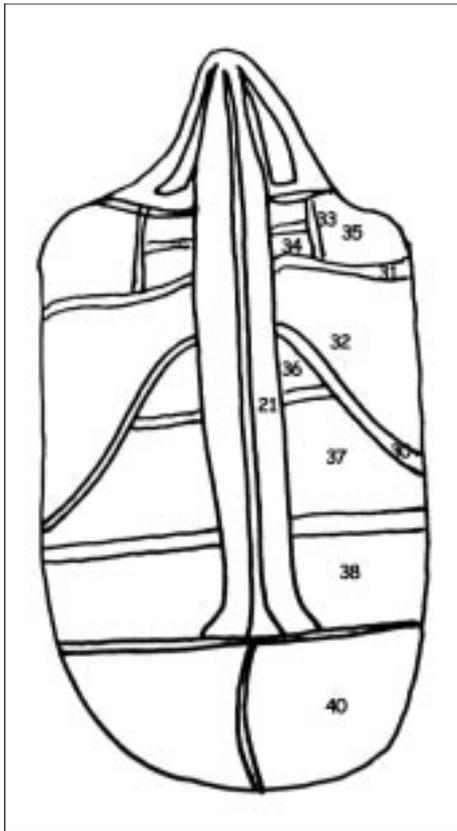


Fig. 19 : Systématisation du labyrinthe ethmoïdal. Représentation sur une coupe horizontale théorique.

Fig. 19: Ethmoïdal labyrinth : diagram representation.

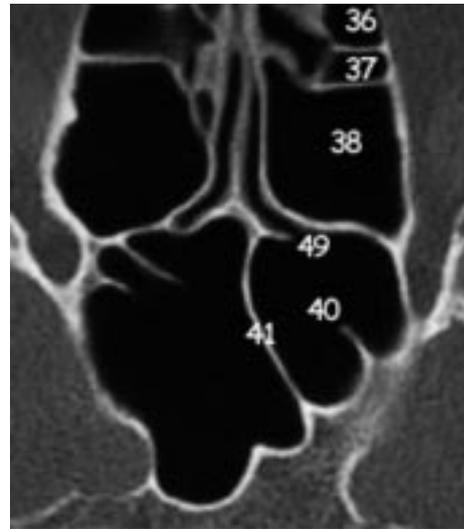


Fig. 20 : Sinus sphénoïdal sur une coupe horizontale en TDM avec le septum des sinus sphénoïdaux et l'ostium sphénoïdal.

Fig. 20: Sphenoidal sinus, septum of sphenoidal sinus. Axial CT image.

variations anatomiques. Celles-ci sont importantes à connaître car, si elles existent, elles peuvent présenter un risque chirurgical, en particulier, dans la chirurgie endosinusienne des lésions sinusiennes et, en particulier, les polyposes nasosinusiennes.

* La première de ces variations est la procidence du nerf optique (*fig. 21*) et représente, par définition, le fait que plus de 50 % de

la circonférence du nerf optique est saillant dans le sinus sphénoïdal. La procidence du nerf optique dans le sinus maxillaire est très souvent associée à une pneumatisation des clinoides antérieures. Sa fréquence est estimée à environ 8 % des cas.

* La procidence de la carotide interne (*fig. 22*) est retenue lorsque plus d'un tiers de la circonférence de la carotide interne est

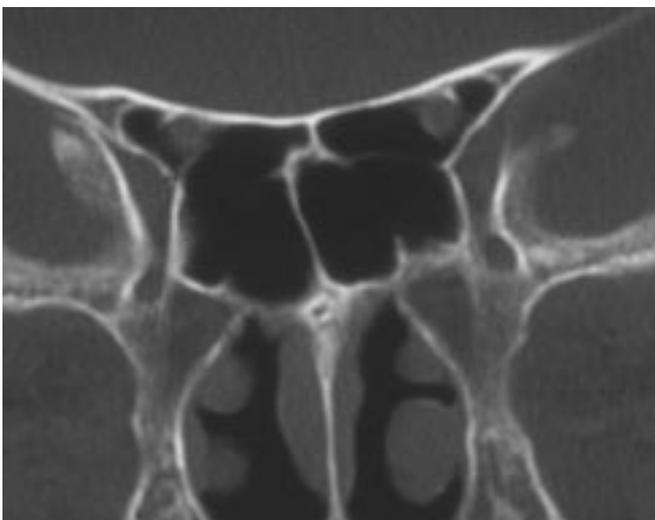


Fig. 21 : Procidence du nerf optique.

Fig. 21: Protrusion of optic nerve through a bony defect.

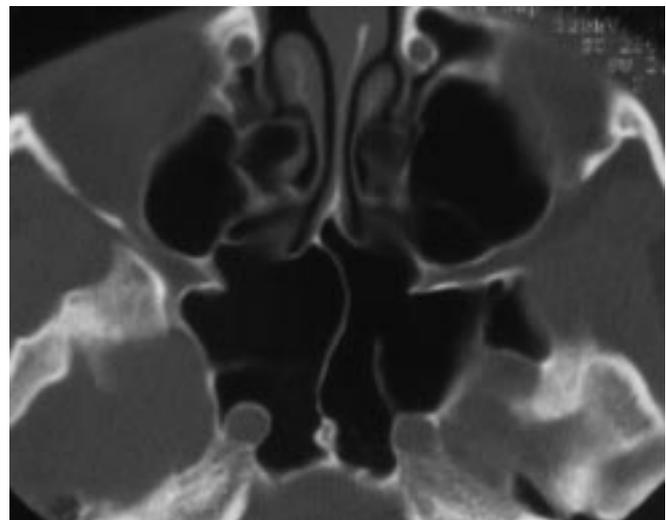
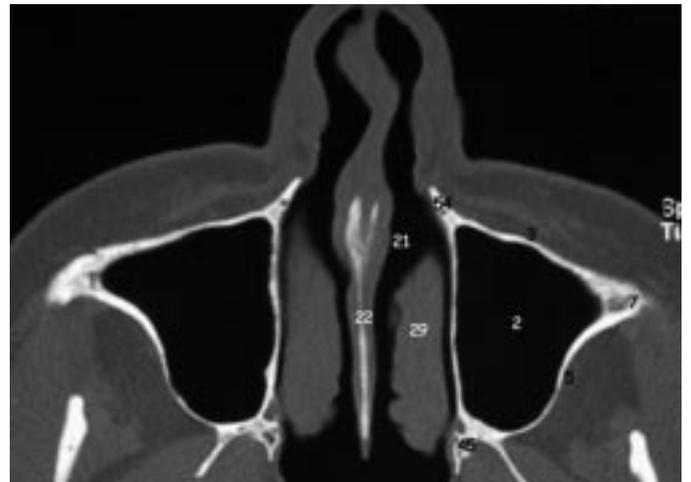
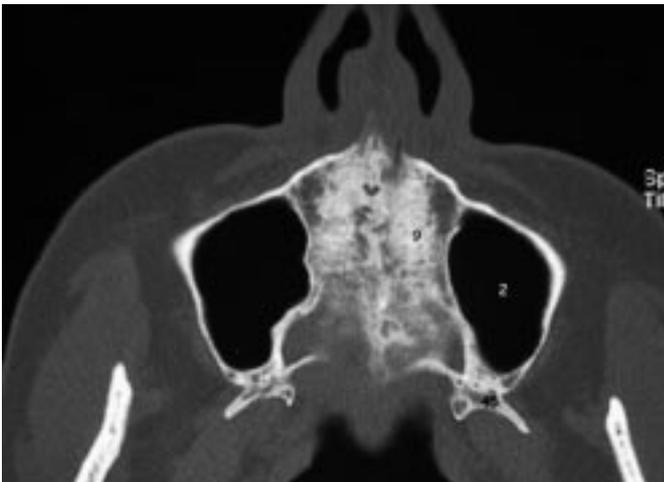
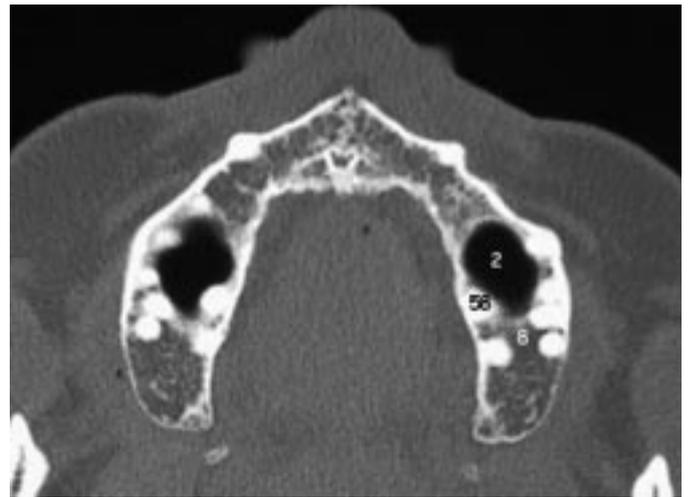
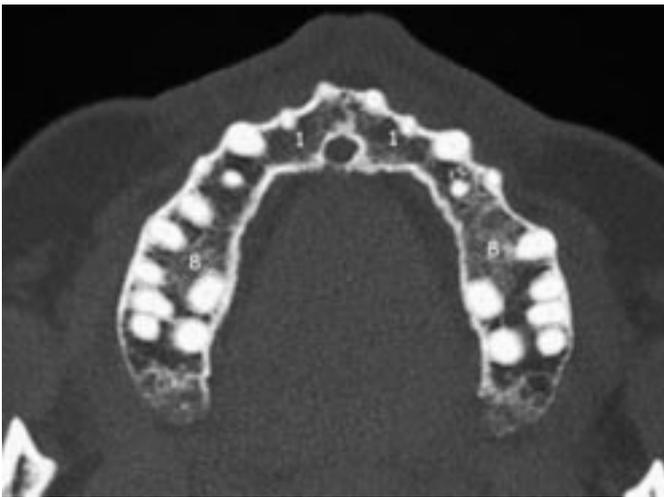


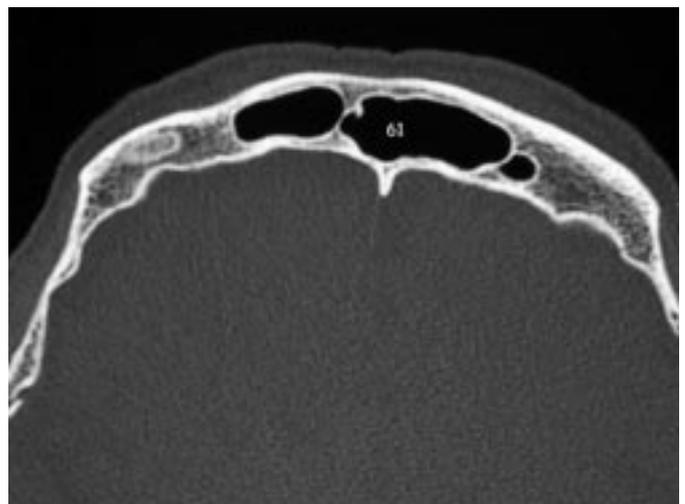
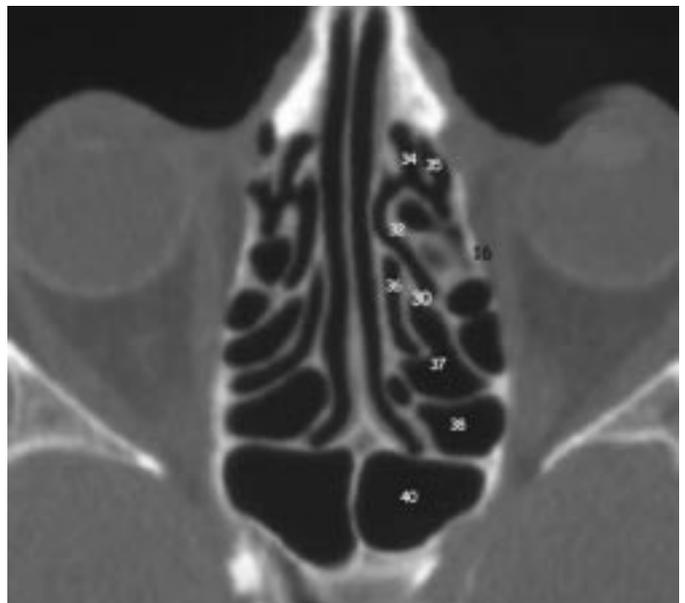
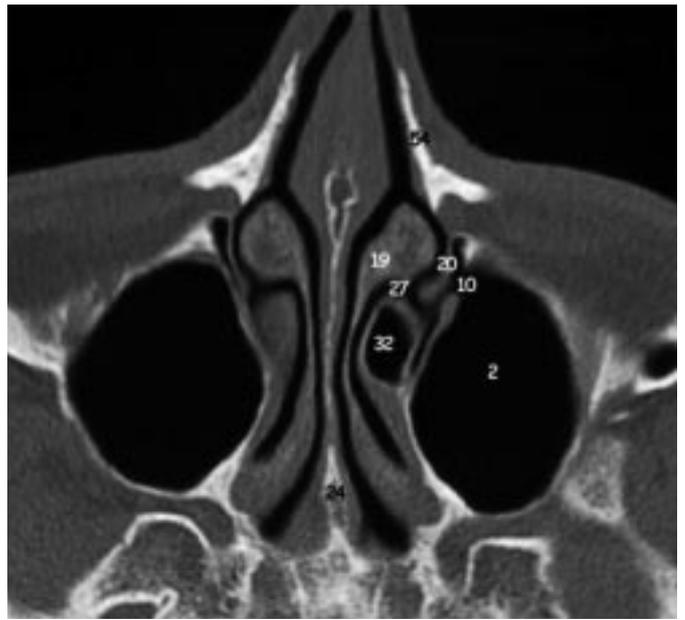
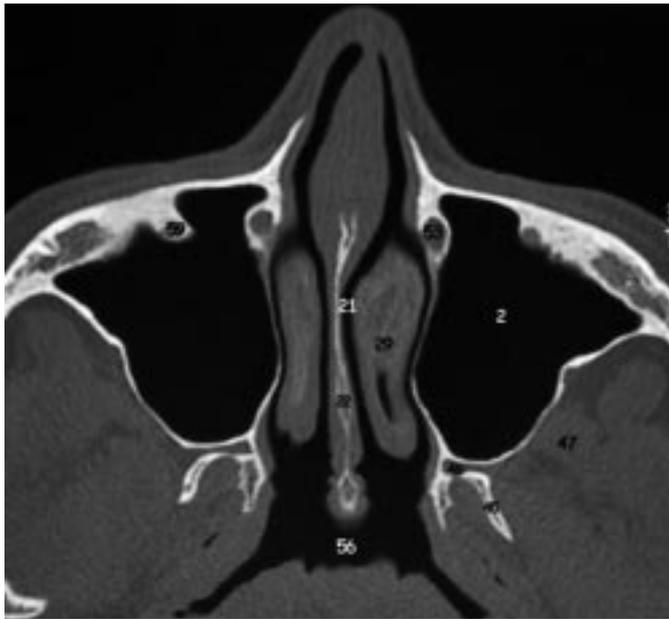
Fig. 22 : Procidence de l'artère carotide interne.

Fig. 22: Protrusion of internal carotid artery through a bony defect.

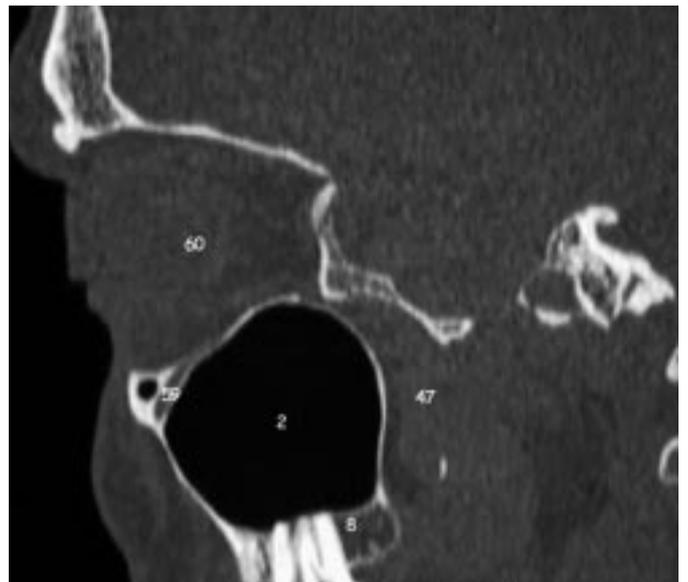
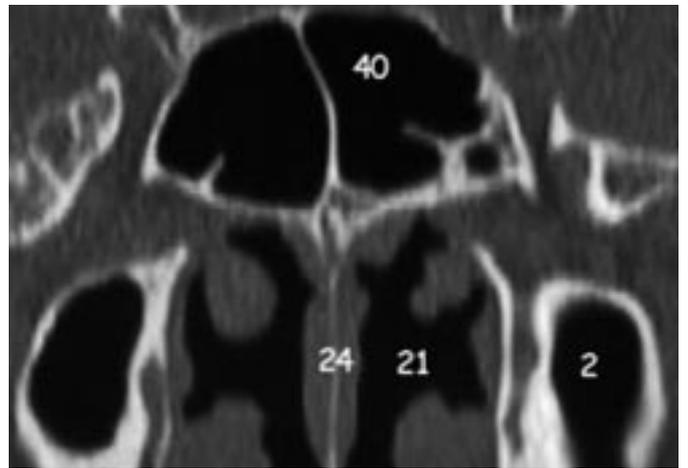
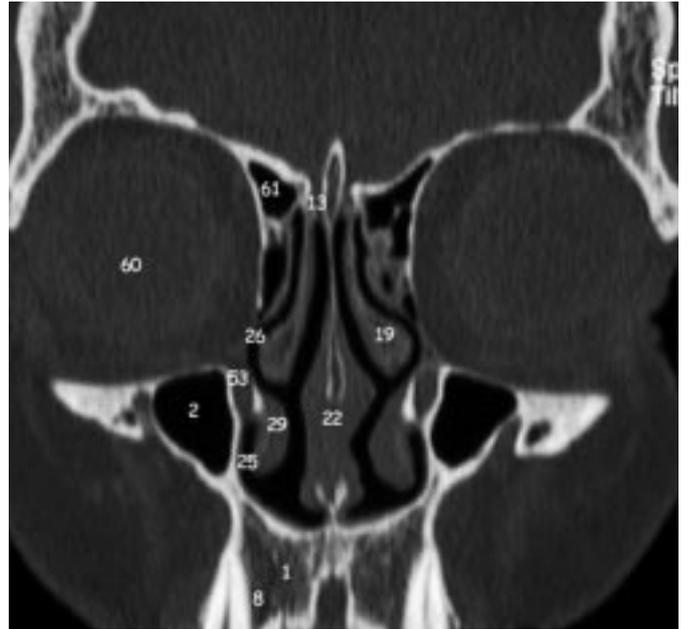


Fig. 23 : Déhiscence du toit du sphénoïde avec méningocèle sphénoïdale.
Fig. 23: Dehiscence of the roof of sphenoid bone with meningocele.

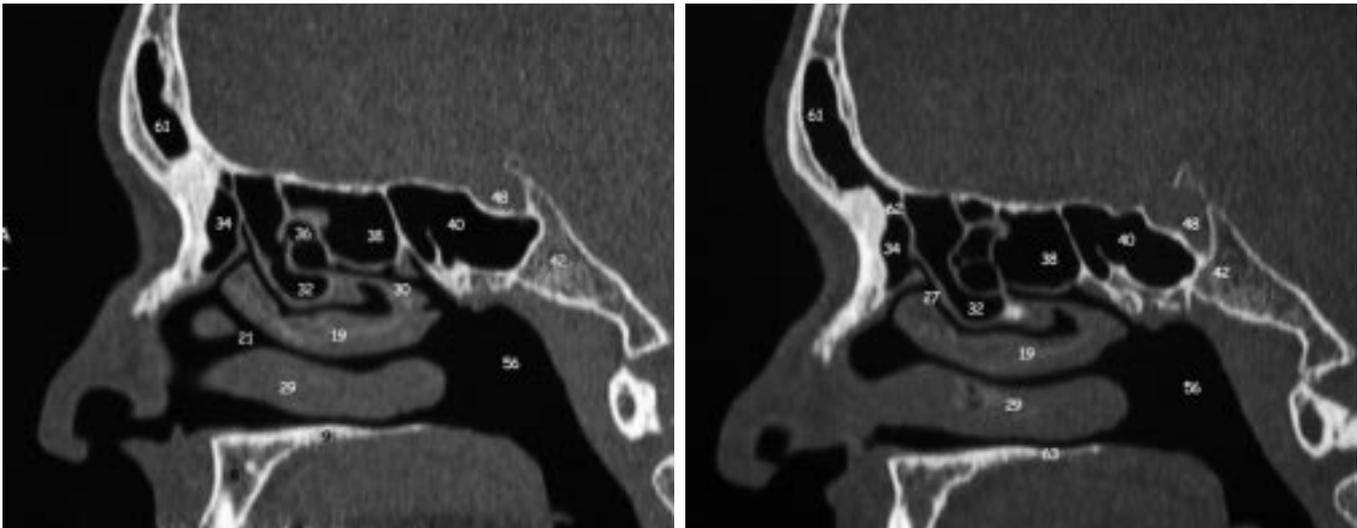




24a5|24a6
24a7|24a8
24a9|24a10



24b1 | 24b2
24b3 | 24b4
24b5 | 24c1



c2 | c3

Fig. 24 : Coupes TDM des sinus dans les plans **a** : horizontal (**a1** à **a10**), **b** : coronal (**b1** à **b5**), **c** : sagittal (**c1** à **c3**).

Fig. 24: CT images of the paranasal sinuses **a**: axial (**a1** to **a10**), **b**: coronal (**b1** to **b5**), **c**: sagittal (**c1** to **c3**).

saillante dans le sinus sphénoïdal. Sa fréquence est d'environ 20 % des cas et atteint parfois la moitié de la circonférence de la carotide interne mais sa fréquence baisse à environ 10 %. Il est à noter que la corticale osseuse du sphénoïde est parfois absente lors de ces procidences de la carotide interne, aggravant le risque chirurgical lors des procédures endosinusiennes par l'absence de limite osseuse protégeant la carotide.

* La déhiscence du toit du sphénoïde peut entraîner une ménin-gocèle sphénoïdale (*fig. 23*), à ne pas interpréter comme une lésion tumorale ou comme une atteinte muqueuse simple du sinus maxillaire.

4. Les méats

→ Le méat moyen est situé par définition sous le cornet moyen et limité par le processus postérieur de l'unciforme et par le relief de la bulle ethmoïdale. On y trouve l'infundibulum dans lequel vient s'aboucher le canal nasofrontal ainsi que l'abouchement des cellules antérieures et du sinus maxillaire.

→ Le méat supérieur est situé sous les cornets supérieurs. On y trouve le méat des cellules ethmoïdales postérieures et, en particulier, les cellules reculées. On voit également s'ouvrir les sinus sphénoïdaux.

→ Le méat inférieur est situé sous le cornet inférieur et on y voit s'ouvrir la voie lacrymale.

→ Le complexe ostio-méatal correspond au cornet moyen, au processus de l'unciné, à la bulle ethmoïdale, à l'infundibulum ainsi qu'au méat moyen.

5. L'os lacrymal

Il constitue une petite lamelle osseuse paire et symétrique située dans un plan vertical entre le processus frontal de l'os maxillaire en avant et le bord antérieur de l'os planum en arrière. C'est un os qui répond, à sa partie antérieure, par sa face médiale à la cavité nasale. À sa partie latérale, il participe à la formation de la paroi du canal lacrymonasal. Le bord supérieur est en contact avec l'os frontal et le bord inférieur avec le processus lacrymal issu du bord supérieur du cornet inférieur.

6. L'os nasal

L'os nasal est pair et symétrique. Il constitue, avec son homologue opposé, la pyramide nasale. Il répond en dehors au processus frontal de l'os maxillaire ainsi qu'au processus nasal de l'os frontal.

7. Le vomer et la cloison nasale

Le vomer est un os impair et médian qui participe à la constitution du septum nasal. Il constitue la partie inférieure et postérieure du septum nasal. Il est important de noter qu'il constitue la partie inférieure dans ses deux tiers postérieurs de cette cloison nasale. La segmentation de la cloison nasale n'est pas antéro-postérieure mais sagittale dirigée en crânio-caudal de l'arrière vers le bas, entre la lame perpendiculaire de l'ethmoïde et le vomer. En bas, son bord postérieur libre est en regard de la face antérieure du nasopharynx. Son bord inférieur répond à la crête nasale formée par la zone de contact entre les processus palatins de chacun des os maxillaires. Son bord supérieur est en contact avec la face inférieure du corps du sphénoïde comme décrit précédemment au niveau d'une crête osseuse se situant à la face inférieure du corps du sphénoïde. Le septum nasal peut être déformé ou déplacé. Les anomalies constitutionnelles de morphologie du septum nasal sont le plus souvent situées à la jonction entre la lame perpendiculaire et le vomer.

ANATOMIE EN COUPES DES CAVITÉS SINUSIENNES (*fig. 24*)

1. Plan horizontal (*fig. 24a*)

Dans le plan horizontal, les coupes inférieures passent par le plancher du sinus maxillaire avec les apex dentaires des dents supérieures. Puis, les coupes passent par le sinus maxillaire mettant en évidence en avant la paroi antéro-latérale, la paroi pos-

térieure du sinus maxillaire avec ses rapports avec la fosse zygomaxillaire et la fissure ptérygopalatine. L'os palatin vient limiter, en dedans, cette fissure ptérygopalatine, limitée en avant par le maxillaire et en arrière par les processus ptérygoïdes. On voit le cornet moyen qui vient fermer en dedans l'ostium du sinus maxillaire visible sur l'os sec. Sur la ligne médiane, on voit le septum nasal qui, dans le plan horizontal, est successivement : vomérien ; puis vomérien en arrière et lame perpendiculaire en avant ; puis lame perpendiculaire quasi complètement sur les coupes les plus hautes. Les coupes horizontales successives, en remontant en cranial, mettent en évidence au dessus du sinus maxillaire, le labyrinthe ethmoïdal. La coupe horizontale médiane met en évidence la racine cloisonnante du cornet moyen. Celle-ci permet de limiter en avant, l'ethmoïde antérieur et en arrière, l'ethmoïde postérieur comme précédemment décrit. La racine cloisonnante de la bulle limite en arrière, dans l'ethmoïde antérieur, la bulle et en avant, les cellules unciformiennes. En arrière de la racine cloisonnante du cornet moyen, on retrouve les cellules avancées, intermédiaires et reculées. Sur les coupes horizontales, en arrière de l'ethmoïde postérieur, est visualisé le sinus sphénoïdal. Puis, sur les coupes horizontales craniales, on voit apparaître au-dessus de l'ethmoïde antérieur, le sinus frontal.

2. Plan coronal (fig. 24b)

Les coupes coronales sont particulièrement intéressantes pour mettre en évidence les différents méats des fosses nasales avec les cornets suprême, supérieur, moyen et inférieur. Elles permettent de visualiser les rapports de la paroi médiane du sinus maxillaire avec les fosses nasales. Elles permettent de montrer les rapports entre le nerf optique et le sinus sphénoïdal. Les rapports entre la carotide et le sinus sphénoïdal sont mieux visibles sur les coupes horizontales.

3. Plan sagittal (fig. 24c)

Les coupes sagittales permettent de retrouver la systématisation du sphénoïde. Elles montrent les rapports du sphénoïde avec la fosse hypophysaire.

La reconnaissance des différentes structures anatomiques doit être réalisée au mieux, sur la lecture de l'ensemble des coupes, dans un plan de l'espace en confrontation avec les deux autres plans.

Références

1. Hyrtl J. Vergangenheit und gegenwart des museum fur mensliche anatomie. An der Winer Universitat. Wien : Braumüller ; 1869.
2. Sieur C, Jacob O. Recherches anatomiques, cliniques et opératoires sur les fosses nasales et leurs sinus. Paris : Rueff J ; 1901.
3. Ashikawa R. Most posterior paranasal sinuses (with special reference to sphenoidal sinus). Otolaryngology 1969;10:746-9.
4. Dixon FW. The clinical significance of the anatomical arrangement of the paranasal sinuses. Ann Otol Rhinol Laryngol 1958;67:736-41.
5. Fujii K, Chambers SM, Rhoton AL Jr. Neurovascular relationships of the sphenoid sinus. A microsurgical study. Neurosurg 1979; 50:31-9.
6. Kirchner JA, Yanogisawa E, Crelin ES Jr. Surgical anatomy of the ethmoid arteries. Arch Otolaryngol 1961;74:382-6.
7. Kozlov VN. Anatomical data on the endonasal opening of the cells of the ethmoid labyrinth. Vestn Otorinolaringol 1975; 37:76-9.
8. Muray Y. Anatomical studies on the ethmoidal cells. Sei – ikai-shi 1937;56:2005-44.
9. Van Alyea CE. Ethmoid labyrinth. Anatomic study, with consideration of the clinical significance of its structural characteristics. Arch Otolaryngol 1939;29:891-902.
10. Zuckerkandl E. Anatomie normale et pathologique des fosses nasales et de leurs annexes pneumatiques. Paris: Masson ; 1885.
11. Dessi P, Moulin G, Triglia JM, Zanaret M, Cannoni M. 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.
12. Moulin G, Dessi P, Chagnaud C et al. Dehiscence of the lamina papyracea of the ethmoid bone: CT findings. AJNR 1994;15: 151-3.
13. Dessi P, Moulin G, Bartoli JM, Cannoni M. Procidence intra-sphénoïdale de l'artère carotide interne. Etude tomodensitométrique de 300 sinus. Presse Med 1994;23:616-7.

Imagerie des sinusites chroniques de l'adulte

G Moulin, T Pascal, A Jacquier, V Vidal, F Facon, P Dessi, JM Bartoli

ABSTRACT

Radiologic imaging of chronic sinusitis

The diagnosis of chronic sinusitis is based on clinical presentation, nasal endoscopy and CT scan. As a matter of fact, the CT scan of the paranasal sinuses is absolutely necessary to characterise the lesions, to visualise anatomic variations which are risk factors for the endoscopic surgery and to follow up treated and/or operated patients with recurrent symptoms. Nowadays, plain films of paranasal sinuses do not have any indication. MR Imaging may be indicated in selected cases of complicated sinusitis and of pseudotumors associated to sinusitis.

Key words: Paranasal sinuses, abnormalities. Paranasal sinuses, diseases. Paranasal sinuses, CT. Paranasal sinuses, MR.

J Radiol 2003;84:901-919

RÉSUMÉ

Les sinusites chroniques de l'adulte sont des affections fréquentes. Leur diagnostic repose essentiellement sur la présentation clinique, l'endoscopie des fosses nasales et l'imagerie. Le scanner des sinus est devenu l'examen d'imagerie indispensable pour caractériser les lésions, rechercher des variations anatomiques avant la chirurgie endonasale et assurer le suivi des patients traités médicalement ou opérés en cas de récurrence de la symptomatologie. Les clichés standards n'ont plus d'indication et l'imagerie par résonance magnétique doit être réservée à l'exploration des sinusites compliquées ou à certaines affections pseudotumorales associées aux sinusites.

Mots-clés : Sinus, anomalies. Sinus, infection. Sinus, inflammation. Sinus, technique d'exploration.

Les sinusites aiguës ou chroniques sont des affections extrêmement fréquentes, responsables d'un grand nombre de consultations en oto-rhino-laryngologie.

L'avènement des techniques d'imagerie moderne (scanner et IRM) dans le même temps que celui de l'endoscopie à visée diagnostique et thérapeutique a totalement modifié leur approche.

Les techniques d'imagerie moderne et en particulier le scanner sont devenues indispensables pour réaliser un bilan lésionnel très précis dans le cadre du diagnostic de l'affection mais aussi avant tout geste chirurgical par voie endoscopique, afin de préciser le siège et le type des lésions et de rechercher d'éventuelles variations anatomiques qui représentent autant de facteurs de risques chirurgicaux.

Du point de vue nosologique, le diagnostic de rhinosinusite dépend du caractère aiguë ou chronique de la maladie. On distingue en effet les sinusites aiguës qui ne justifient pas d'examen d'imagerie particulier en dehors des formes compliquées, les sinusites persistantes parmi lesquelles on différenciera les sinusites récidivantes qui correspondent à la répétition dans le temps de sinusites aiguës et les sinusites chroniques proprement dites, soit infectieuses, soit inflammatoires dont le prototype est la polyposse naso-sinusienne.

MOYENS D'IMAGERIE

Ils sont largement dominés par le scanner.

1. Les clichés standard

Face haute, Blondeau, profil, et Hirtz, n'ont plus actuellement que des indications d'exception (1). Ils n'apportent que des renseignements incomplets sur l'état des cavités sinusiennes en particulier éthmoïdales et sphénoïdales. Les principaux griefs que l'ont peut faire à ces techniques sont des faux-négatifs par défaut d'exploration des cavités profondes et des faux-positifs au niveau des sinus maxillaires et frontaux liés à la superposition de structures osseuses, de tissus mous comme les lèvres ou à la présence de formations kystiques bénignes sans caractère pathologique réel.

2. Le scanner

Grâce à une excellente résolution spatiale, et à la possibilité d'obtenir des reconstructions dans tous les plans de l'espace, la tomодensitométrie est devenue l'examen de choix dans l'exploration de la pathologie rhino-sinusienne. Elle est le complément indispensable de l'exploration clinique et endoscopique. Sa parfaite visualisation des structures osseuses en fait un examen incomparable pour la recherche d'anomalies ou de variations anatomiques susceptibles de générer des complications opératoires parfois très graves.

L'inconvénient du scanner reste le risque d'irradiation oculaire dans l'éventualité d'examen répétés (2, 3) ; cette remarque doit

conduire à limiter les demandes de scanner au strict minimum et en fonction du contexte pathologique.

Dans le cadre du bilan diagnostique des sinusites chroniques, il peut être réalisé un scanner en coupes de 2 à 3 mm, en acquisition hélicoïdale, tous les 1,7 à 2 mm environ. Les filtres de reconstruction osseux et les fenêtres osseuses sont privilégiés (4). Compte tenu des risques liés à l'irradiation, les constantes d'acquisition doivent être aussi basses que possible. La plupart des auteurs accordent actuellement une qualité diagnostique suffisante aux scanners réalisés avec des mAs aussi faibles que possible (de l'ordre de 25 à 30 mAs par coupe effective).

Les acquisitions en coupes plus fines, de l'ordre du millimètre, avec des constantes d'acquisition plus élevées, doivent être réservées à certains cas particuliers comme la recherche d'anomalies anatomiques fines et, en particulier, les déhiscences du toit de l'ethmoïde et/ou de la lame criblée. En cas de doute persistant, les acquisitions coronales directes peuvent alors garder leur place. L'injection intraveineuse de produit de contraste n'est en règle générale pas nécessaire. Elle ne se justifie, le plus souvent, qu'en cas de complication locale et, en particulier, cranio-encéphalique et/ou en cas de suspicion de lésion tumorale. Dans ces cas, le scanner injecté entre en compétition avec l'IRM qui, si elle est possible, représente une meilleure alternative.

Le mode « denta-scanner » permet la réalisation de véritables panoramiques dentaires et des reconstructions à l'échelle 1/1 des dents et des racines dentaires ainsi que de l'infrastructure du maxillaire. Il doit être réalisé en coupes millimétriques jointives. Les reconstructions se font dans l'axe déroulé du maxillaire et perpendiculairement à lui.

3. L'Imagerie par Résonance Magnétique

L'inconvénient majeur de l'IRM au niveau des sinus de la face est la mauvaise visualisation de l'os cortical, limitant son intérêt à l'exploration des processus expansifs. On comprend donc que sa place en matière de pathologie infectieuse ou inflammatoire des sinus soit limitée.

En revanche, son excellente résolution en contraste et l'absence d'irradiation justifient son utilisation dans le cadre de certaines sinusites pseudotumorales en cas de doute diagnostique avec une lésion tumorale évolutive, dans l'étude des lésions associées aux sinusites chroniques, dans la surveillance répétée ou la recherche de complications cranio-encéphaliques ou orbitaires (4, 5).

IMAGERIE DES SINUSITES DE L'ADULTE

On différenciera les sinusites aiguës, les sinusites récidivantes et les sinusites chroniques parmi lesquelles il faut distinguer les sinusites chroniques infectieuses et les sinusites chroniques inflammatoires ou oedémateuses.

1. Les sinusites aiguës

Il s'agit de l'infection aiguë de la muqueuse sinusienne pouvant intéresser une ou plusieurs cavités. Elles sont dans l'immense majorité des cas unilatérales. Elles peuvent être, en fonction du mode d'installation, rhinogènes (point de départ nasal) ou odontogènes (point de départ dentaire).

La sinusite aiguë rhinogène, qui correspond cliniquement à la surinfection d'un coryza avec conflit ostio-méatal transitoire, ne requiert aucune imagerie spécifique. L'interrogatoire et l'examen endonasal suffisent à affirmer le diagnostic.

La sinusite aiguë odontogène, évoquée devant la succession d'un épisode infectieux dentaire (desmodontite apicale aiguë) peut conduire à la réalisation éventuelle de clichés standard, confirmant l'opacité maxillaire mais surtout à un orthopantomogramme ou mieux des clichés rétro-alvéolaires (6) à la recherche de lésions radiologiques péri-apicales.

Les sinusites aiguës de l'adulte dans leur forme habituelle (maxillaire et/ou frontale) ne nécessitent donc pas d'examen radiologique dans l'immense majorité des cas. Un scanner peut se justifier devant un tableau hyperalgique atypique, des complications locales ou générales ou une localisation ethmoïdale ou sphénoïdale. En effet, les ethmoïdites et surtout les sphénoïdites aiguës de l'adulte peuvent être extrêmement douloureuses et peuvent être à l'origine de complications cranio-encéphaliques sévères. Le caractère redoutable de ce type de sinusite tient à la proximité immédiate des sinus caverneux, du parenchyme cérébral et des nerfs optiques. À l'inverse des formes habituelles, ces sinusites relativement exceptionnelles doivent bénéficier d'une exploration scanographique complétée d'une IRM s'il existe des signes de gravité (thrombose du sinus caverneux, troubles de la mobilité oculaire, baisse de l'acuité visuelle, signes d'irritation méningée...).

Il faut différencier les ethmoïdites aiguës de l'enfant qui nécessitent, à la différence des sinusites aiguës de l'adulte, une prise en charge radiologique impérieuse et en urgence. Le scanner doit être réalisé avec injection de produit de contraste à la recherche du comblement ethmoïdal, et surtout d'un abcès sous-périoste accompagné, dans les formes graves, d'une cellulite rétro-bulbaire voire d'une diffusion intra-orbitaire des collections abcédées. Certains auteurs préconisent l'échographie qui peut permettre aussi, en l'absence de scanner disponible et dans le contexte d'extrême urgence, de différencier les atteintes pré-septales des atteintes rétro-septales.

2. Les sinusites récidivantes

Elles correspondent à la répétition dans le temps d'accès de sinusite aiguë.

Les modalités évolutives de ces affections sont donc caractérisées par une anomalie critique et une normalité intercritique ce qui justifie la réalisation d'un scanner durant ces deux périodes.

En période de crise, le scanner, met en évidence les opacités sinusiennes, leur siège, leur caractère unilatéral ou bilatéral. Cette dernière distinction est fondamentale pour la prise en charge thérapeutique des lésions bilatérales qui plaident en faveur d'une pathologie de terrain. L'exemple caricatural est représenté par des accès de sinusite récidivante secondaire à une rhinite chronique. En revanche, une sinusite récidivante unilatérale doit faire rechercher une cause locale ou régionale expliquant le dysfonctionnement périodique des ostia sinusiens (concha bullosa, cornet à courbure inversée, déviation septale juxta-méatale). Toutefois, ces anomalies ou variations, puisqu'elles sont présentes également en période extra-critique ne peuvent être considérées que comme des facteurs favorisants (7).

En période inter-critique, la répétition de l'exploration tomodensitométrique, doit objectiver un retour à la normale de la muqueuse des sinus considérés. La persistance d'un simple kyste ne doit pas être interprétée comme une pathologie résiduelle et faire classer le patient dans le cadre des sinusites chroniques.

3. Les sinusites chroniques

3.1. Les sinusites chroniques infectieuses

Elles se définissent comme l'infection persistante de la muqueuse sinusienne. Elles se différencient des sinusites récidivantes par une anormalité persistante de la muqueuse sinusienne en période inter-critique.

3.1.1. Les formes unilatérales

Elles ont 2 causes possibles :

- soit une obstruction de l'un des 2 méats moyens,
- soit un déterminisme odontogène.

- Sinusites chroniques infectieuses unilatérales par obstruction du méat moyen

Dans le premier cas, il s'agit plus exactement d'une obstruction d'origine infectieuse ou inflammatoire de la gouttière unciformienne (*fig. 1*) qui entraîne une rétention de sécrétions dans les cellules du complexe ostioméatal antérieur (ethmoïde antérieur, sinus frontal, sinus maxillaire).

La sémiologie radiologique est assez univoque avec alors comblement des cellules de l'ethmoïde antérieur, le comblement intéressant les cellules méatiques antérieures, unciformiennes et du groupe de la bulle. La racine cloisonnante du cornet moyen limite en arrière la zone de comblement (*fig. 2 et 3*). L'ethmoïde postérieur et le complexe ethmoïdal contro-latéral sont indemnes de tout comblement. L'obstruction du méat moyen est responsable d'un comblement par rétention du sinus frontal et du sinus maxillaire homolatéral. L'atteinte de l'ensemble des cellules du complexe ostio-méatal antérieur réalise une pansinusite unilatérale avec comblement du sinus maxillaire, de l'ethmoïde antérieur et du sinus frontal homolatéral (*fig. 4*).

En réalité, au-delà de cette forme typique, il existe des formes intermédiaires qui sont directement en rapport avec le niveau d'obstruction de la gouttière unciformienne ou du méat moyen. Lorsque l'obstruction siège dans la partie haute de la gouttière unciformienne (*fig. 5*), seules les cellules les plus antérieures sont comblées (cellules méatiques antérieures et cellules unciformiennes) ainsi que le sinus frontal par obstruction du canal naso-frontal (*fig. 6 et 7*). Lorsque l'obstruction siège plus bas dans la gouttière unciformienne, au niveau du méat moyen, les cellules du groupe de la bulle sont elles aussi le siège d'un comblement par obstruction en amont de la gouttière rétro-bullaire. Le comblement du sinus maxillaire est lié à une obstruction basse du méat moyen et de la gouttière unciformienne en regard de l'ostium de ce sinus.

Au delà de ces formes caractéristiques, il existe des présentations radiologiques moins univoques qui traduisent une diffusion du processus infectieux et inflammatoire au sein du labyrinthe ethmoïdal. Il peut exister en effet des atteintes antérieures et postérieures avec association d'un comblement des cellules ethmoïdales situées en avant de la racine cloisonnante du cornet moyen et d'un comblement complet ou partiel des cellules de l'ethmoïde postérieur (*fig. 8 et 9*). Ces formes unilatérales sont de diagnostic radiologique un peu plus difficile que les formes caractéristiques avec atteinte uniquement des cellules du

complexe ostio-méatal antérieur mais, il existe, dans la plupart des cas, une absence d'atteinte contro-latérale et une absence d'épaississement de la muqueuse au niveau du sinus sphénoïdal et des sinus maxillaire et frontal controlatéraux.

- Sinusites chroniques infectieuses unilatérales odontogènes

Les sinusites chroniques odontogènes se traduisent par une opacité d'un sinus maxillaire, elles peuvent secondairement, par une évolution ascendante, intéresser l'ethmoïde antérieur et le sinus frontal, par diffusion du processus inflammatoire ou infectieux au niveau de la muqueuse du méat moyen et des différentes structures qui s'y drainent (gouttière unciformienne et gouttière rétro-bullaire). Ce cas de figure, plus rare que le précédent, sera suspecté devant la présence radiologique d'un kyste apical ou de matériel d'obturation dentaire dans le sinus maxillaire. Dans ce cas, le Denta-Scanner trouve une excellente indication à la recherche de ces anomalies (voir plus loin : sinusite maxillaire isolée).

- Autres monosinusites chroniques infectieuses

Les monosinusites chroniques peuvent aussi se rencontrer au niveau du sinus sphénoïdal ; elles sont liées à un comblement du récessus ethmoïdo-sphénoïdal ; elles entraînent des céphalées souvent localisées au vertex et elles ont, comme les sphénoïdites aiguës, un risque plus élevé de complications locales ce qui nécessite une surveillance accrue et une prise en charge adaptée. Par ailleurs, d'un point de vue sémiologique, la chronicité de l'affection est d'autant plus facile à affirmer que le scanner objective des épaississements réactionnels des parois osseuses des cavités sinusiennes.

3.1.2. Les formes bilatérales

Elles sont plus rares et posent plus fréquemment des problèmes de diagnostic radiologique, le caractère bilatéral et diffus des lésions étant plus volontiers évocateur de sinusites inflammatoires ou oedémateuses. L'atteinte des deux méats moyens va reproduire au sein des deux labyrinthes ethmoïdaux les aspects décrits plus haut dans les formes unilatérales. Les cellules des deux complexes ostio-méataux antérieurs sont alors comblées (ethmoïde antérieur à droite et à gauche, sinus maxillaires et frontaux droits et gauches). Le fait que l'atteinte ethmoïdale, même si elle est bilatérale, soit limitée en arrière par la racine cloisonnante du cornet moyen doit faire évoquer une pathologie de conduit responsable du comblement en amont comme dans les formes unilatérales (*fig. 10*). Là encore, le nombre de cellules ethmoïdales, frontales et maxillaires comblées dépend du niveau de l'atteinte des gouttières unciformiennes et des méats moyens.

Dans les formes très évoluées, il peut exister une diffusion des phénomènes inflammatoires et infectieux vers le méat supérieur et suprême d'un côté, voire des deux côtés avec réalisation d'un comblement bilatéral et quasiment symétrique de l'ensemble des labyrinthes ethmoïdaux et, de tout ou partie des sinus maxillaires et frontaux. Ces formes bilatérales, antérieures et postérieures, sont relativement rares. Leur aspect radiologique est celui qui se rapproche le plus de celui des ethmoïdites inflammatoires et oedémateuses. Cependant, la muqueuse des cellules non comblées n'est pas épaissie et le contexte clinique est très différent.

3.1.3. Sinusites maxillaires isolées

Elles peuvent avoir deux origines principales :

- Il peut s'agir d'une obstruction du méat du sinus maxillaire : il s'agit alors en réalité d'une ethmoïdite chronique infectieuse

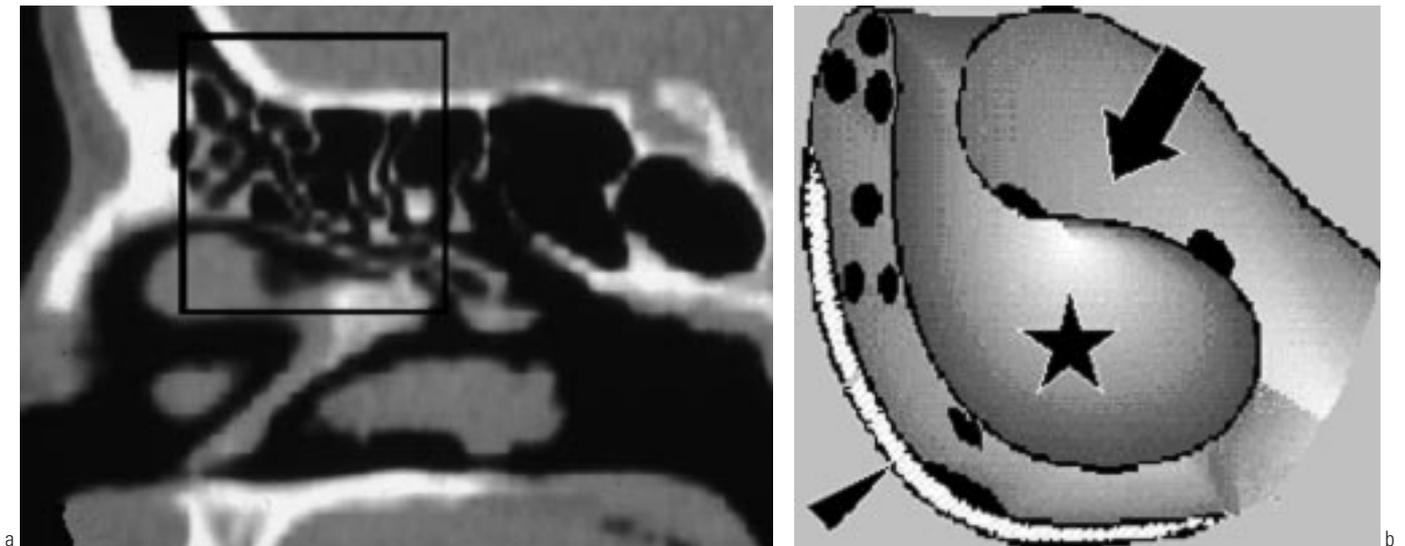


Fig. 1 : Localisation (cadre) sur une reconstruction sagittale de scanner **(a)** et schéma du complexe ostioméatal en vue latérale **(b)** : processus unciforme (tête de flèche) — bulle ethmoïdale (étoile) — la gouttière unciformienne correspond à la dépression entre ces deux structures — gouttière rétrobullaire (flèche).

Fig. 1: Localization on a CT sagittal reconstruction **(a)** and sketch of the ostio-meatal complex **(b)**: unciform process (arrowhead) — ethmoid bulla (star) — the unciformian groove is located between these two structures. The arrow points out the retrobullar groove.

avec obstruction de la partie basse de la gouttière unciformienne retentissant uniquement sur le sinus maxillaire. La zone d'obstruction peut avoir un siège très latéral au niveau du méat du sinus maxillaire uniquement, le reste de la gouttière restant libre ce qui explique le caractère isolé de la sinusite maxillaire (*fig. 11*). Ces sinusites maxillaires isolées par obstruction du méat sont favorisées par des conditions anatomiques locales comme les accolements du processus unciforme contre la paroi orbitaire. Cet

accolement est responsable d'une sténose du méat du sinus maxillaire qui peut favoriser la pathologie de confinement (*fig. 12 et 13*). Par ailleurs, cet accolement représente un danger de la chirurgie endo-nasale, le processus unciforme étant un repère de la chirurgie endoscopique du méat moyen, son absence de visualisation lorsqu'il est accolé contre la paroi orbitaire peut être à l'origine d'effractions de cette paroi et de lésions orbitaires.

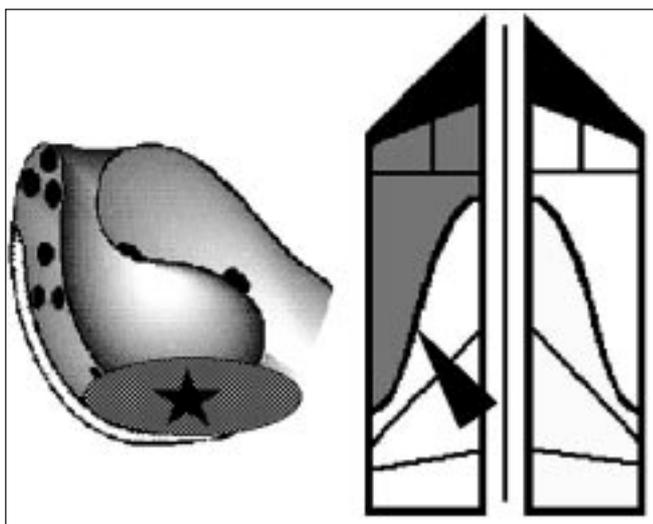


Fig. 2 : Représentation schématique d'une ethmoïdite chronique infectieuse : obstruction (étoile) de la partie basse de la gouttière unciformienne responsable d'un comblement des cellules de l'ethmoïde antérieur (la racine cloisonnante du cornet moyen (tête de flèche) limite en arrière le comblement).

Fig. 2: Infectious chronic ethmoiditis: sketch of a blocking (star) of the lower part of the unciformian groove causing the filling of the anterior ethmoid cells posteriorly limited by the lateral attachment of the middle turbinate (arrowhead).

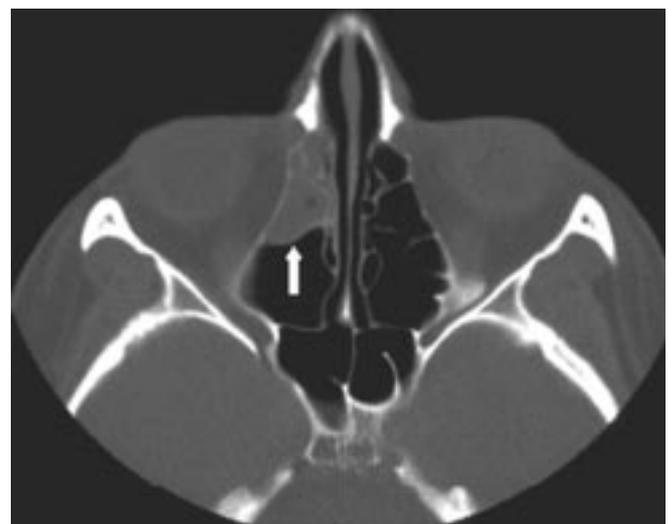


Fig. 3: Ethmoïdite chronique infectieuse : scanner coupe transversale. Comblement des cellules de l'ethmoïde antérieur limité en arrière par la racine cloisonnante du cornet moyen (flèche).

Fig. 3: Infectious chronic ethmoiditis: CT scan — axial slice. Filling of the anterior ethmoid cells posteriorly limited by the lateral attachment of the middle turbinate (arrow).

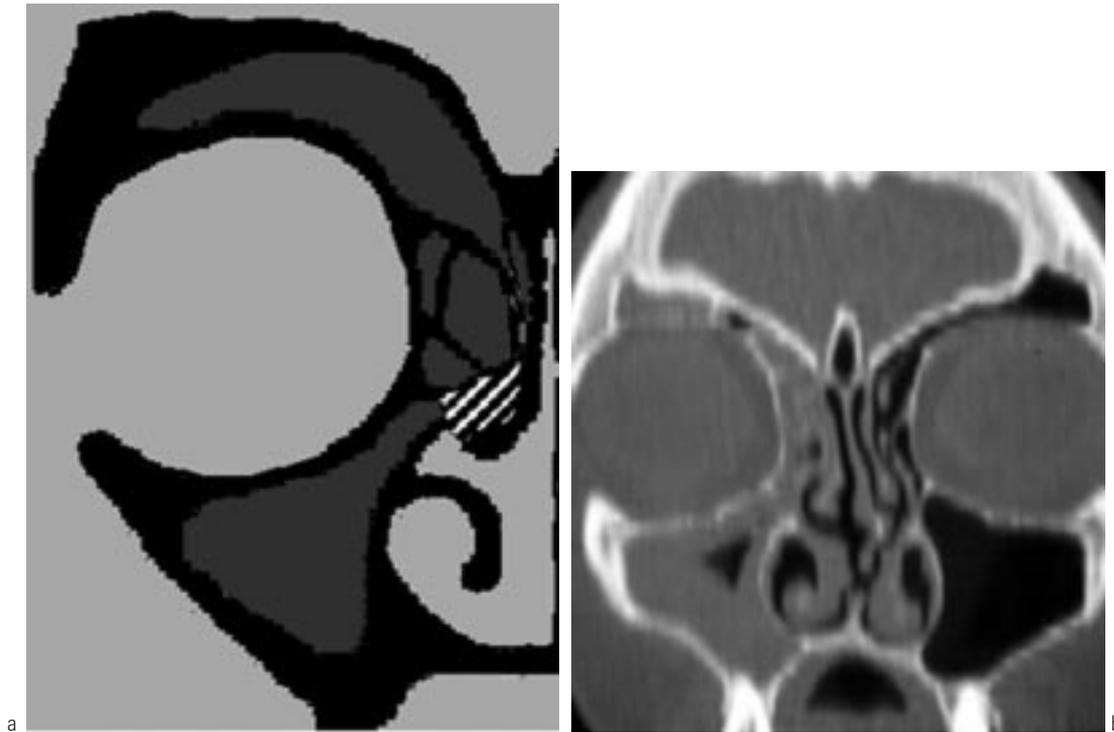


Fig. 4 : Pansinusite droite : représentation schématique (a) et scanner coupe coronale (b). L'obstruction de la gouttière unciformienne dans sa partie basse entraîne une ethmoïdite antérieure droite ainsi qu'une sinusite maxillaire et une sinusite frontale.

Fig. 4: Right pansinusitis: sketch (a) and CT coronal view (b). The blocking of the lower part of the unciformian groove is responsible of an ipsilateral filling of the anterior ethmoid cells, and of the maxillary and the frontal sinuses.

- La deuxième cause de sinusite maxillaire isolée est l'origine dentaire qui peut elle-même, comme on l'a vu, favoriser l'apparition d'une ethmoïdite chronique par extension du processus infectieux vers le méat moyen et la gouttière unciformienne.

On distingue trois causes principales aux sinusites maxillaires odontogènes :

- * un kyste radiculaire qui peut entraîner une réaction inflammatoire dans le sinus maxillaire sus-jacent (8) ;

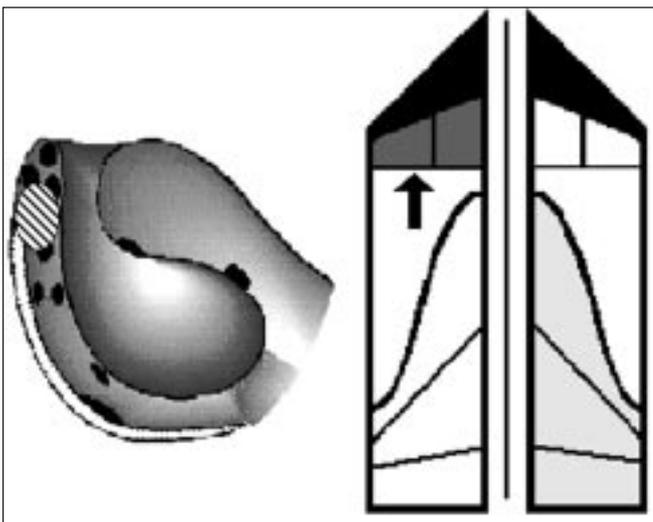


Fig. 5 : Ethmoïdite chronique infectieuse : représentation schématique d'une obstruction de la partie haute de la gouttière unciformienne. La racine cloisonnante de la bulle limite le comblement en arrière (flèche).

Fig. 5: Infectious chronic ethmoiditis : sketch of a blocking of the upper part of the unciformian groove. The lateral attachment of the bulla (arrow) points out the posterior border of the ethmoid cells filling.

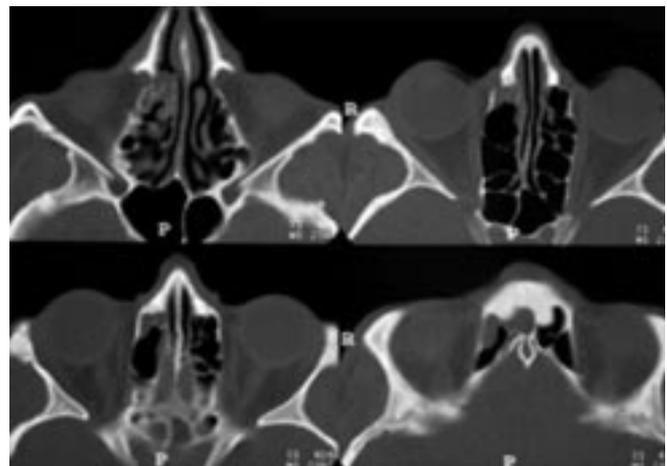


Fig. 6 : Ethmoïdite chronique infectieuse (4 coupes transversales) : comblement de l'ethmoïde prébullaire droit lié à une obstruction de la partie haute de la gouttière unciformienne.

Fig. 6: Infectious chronic ethmoiditis (4 transversal slices): filling of the right prebullar part of the ethmoid due to a blocking of the upper part of the unciformian groove.

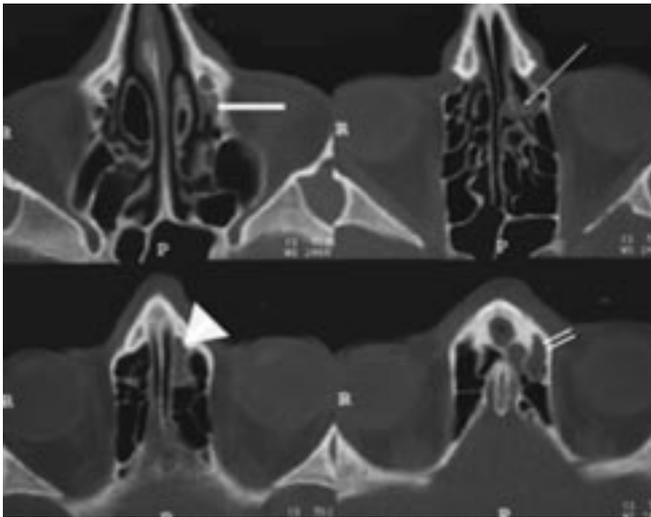


Fig. 7 : Obstruction partielle de la gouttière unciformienne gauche (flèches) responsable d'un comblement rétionnel des cellules méatiques antérieures (tête de flèche) et des cellules unciformiennes les plus haut situées (double flèche) et du sinus frontal.

Fig. 7: Partial obstruction of the left unciformian groove (arrow) causing filling of the anterior meatic cells (arrowhead) and of the upper unciformian cells (double arrow) and of the frontal sinus.

* une fistule bucco-sinusienne, souvent secondaire à des extractions dentaires, avec surinfection (9) ;

* la migration de matériel d'obturation dentaire dans la cavité sinusienne maxillaire avec surinfection et possible greffe aspergillaire.

En présence d'une sinusite maxillaire isolée ou d'une ethmoïdite chronique antérieure dont l'origine dentaire est probable, il est indispensable d'associer une exploration radiologique des apex dentaires au scanner classique, à la recherche de l'étiologie de la sinusite dentaire. Il peut s'agir soit de clichés rétro-alvéolaires soit, de façon plus logique, et dans le même temps que le scanner des sinus de la face, d'un dentascanner avec reconstructions dans l'axe du maxillaire supérieur et déroulé panoramique.

Ces explorations sont nécessaires pour mettre en évidence les kystes radiculo-dentaires et les différencier lorsqu'ils sont volumineux, d'une obstruction banale du sinus maxillaire ou de simples kystes sous muqueux du bas fond du sinus maxillaire. La paroi inférieure du sinus maxillaire est soulevée par le kyste radi-

culaire, elle peut être rompue mais elle est partiellement visible sur les coupes ou les reconstructions coronales (fig. 14).

Les fistules bucco-sinusiennes sont facilement mises en évidence devant un défaut de l'infrastructure du maxillaire supérieur (fig. 15).

Les migrations de matériel d'obturation dentaire sont visualisées sous la forme d'hyperdensités de tonalité calcique ou métallique dans la cavité sinusienne maxillaire. Elles sont fréquemment le siège d'une greffe aspergillaire.

3.1.4. La sinusite aspergillaire

Elle correspond à une opacité souvent partielle ou complète du sinus. L'élément orientant du diagnostic est la présence de concrétions d'allure calcique au sein de cette opacité. Dans la forme habituelle, la présence de pâte dentaire de tonalité métallique est entourée, sur les fenêtres larges d'un halo hyperdense correspondant aux calcifications de la truffe mycélienne (fig. 16) (10-13). La sinusite aspergillaire peut se comporter elle-même

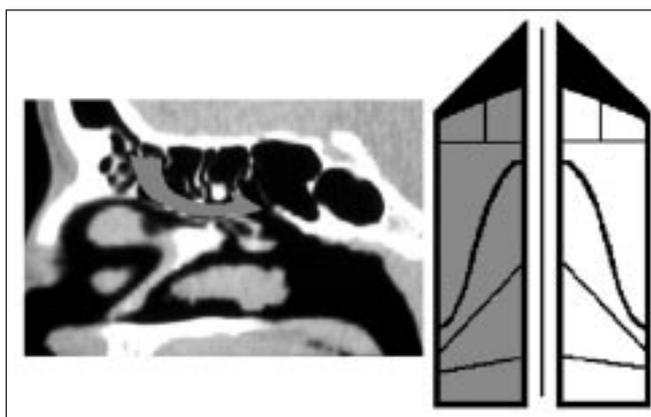


Fig. 8 : Représentation schématique d'une ethmoïdite chronique infectieuse antérieure et postérieure. Diffusion du processus vers l'arrière (flèche) au niveau du méat supérieur responsable d'un comblement de l'ethmoïde postérieur associé au comblement de l'ethmoïde antérieur.

Fig. 8: Sketch (on a CT sagittal projection and in the axial plane) of an anterior and posterior infectious chronic ethmoiditis. The posterior extension of the infectious and inflammatory process to the superior meatus (arrow) causes a diffuse filling of all the ipsilateral labyrinth.



Fig. 9 : Ethmoïdite chronique infectieuse antérieure et postérieure droite. La racine cloisonnante du cornet moyen droit est marquée par la tête de flèche.

Fig. 9: Anterior and posterior infectious chronic ethmoiditis. Lateral attachment of the middle turbinate (arrowhead).

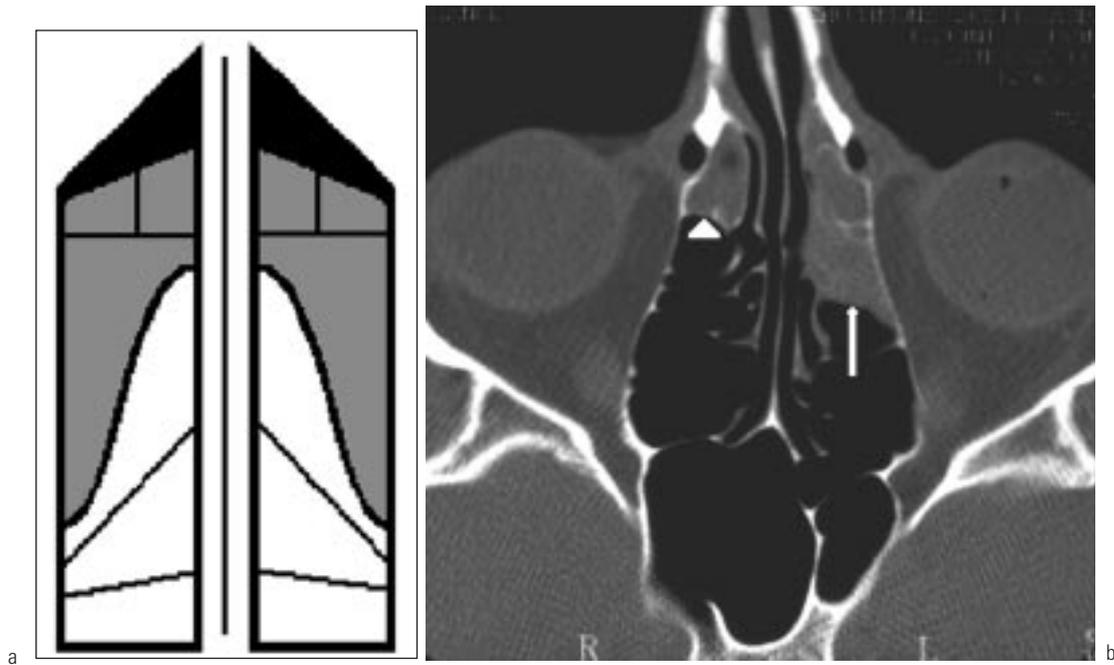


Fig. 10 : Ethmoïdite chronique bilatérale : représentation schématique (a) et scanner coupe transversale (b) comblement bilatéral de l'ethmoïde antérieur, lié à une obstruction de la partie basse de la gouttière unciformienne à gauche (la racine cloisonnante du cornet moyen (flèche) limite le comblement en arrière) et de la partie haute de la gouttière à droite (la racine cloisonnante de la bulle (tête de flèche) limite le comblement en arrière).

Fig. 10: Bilateral infectious chronic ethmoiditis. Sketch (a) and axial CT projection (b): bilateral filling of the anterior ethmoid cells secondary to a blocking of the lower part of the unciformian groove on the left side (the lateral attachment of the middle turbinate (arrow) points out the filling posteriorly) and of the upper part of the right unciformian groove (the lateral attachment of the bulla (arrowhead) marks out posteriorly the filling).

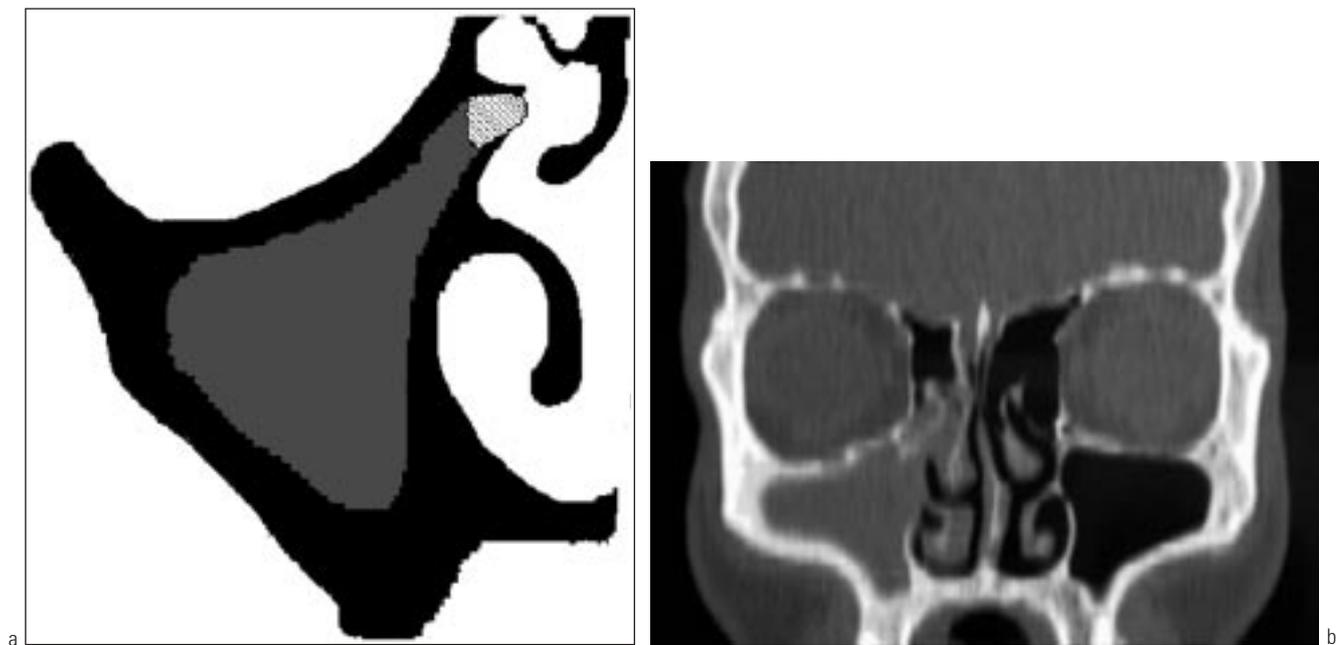


Fig. 11 : Sinusite maxillaire droite chronique par obstruction du méat du sinus maxillaire. Représentation schématique (a) et scanner coupe frontale (b). La partie latérale et basse de la gouttière unciformienne est obstruée, ce qui explique l'atteinte maxillaire prédominante et le caractère très partiel de l'ethmoïdite.

Fig. 11: Right chronic maxillary sinusitis due to an obstruction of the ostial of the sinus. Sketch (a) and coronal CT projection (b). The most lateral and lower part of the unciformian groove is filled, causing the maxillary sinusitis and the very partial ethmoiditis.

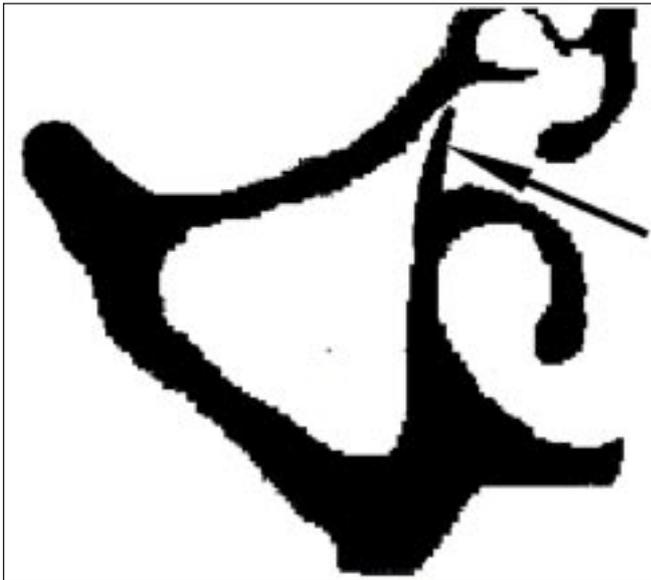
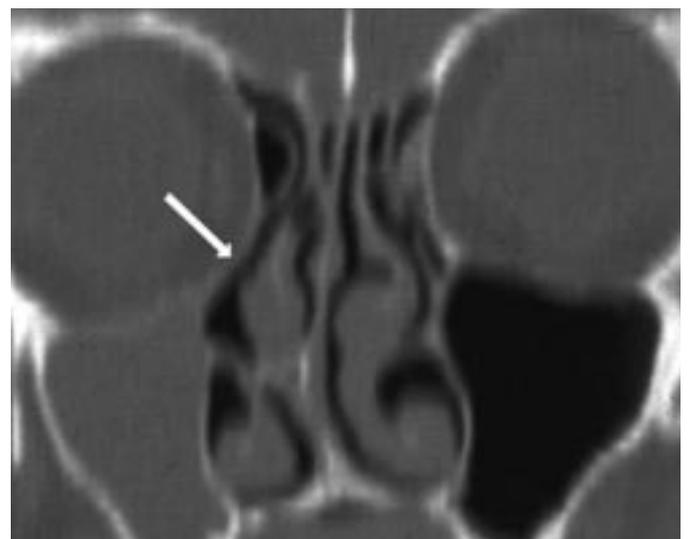
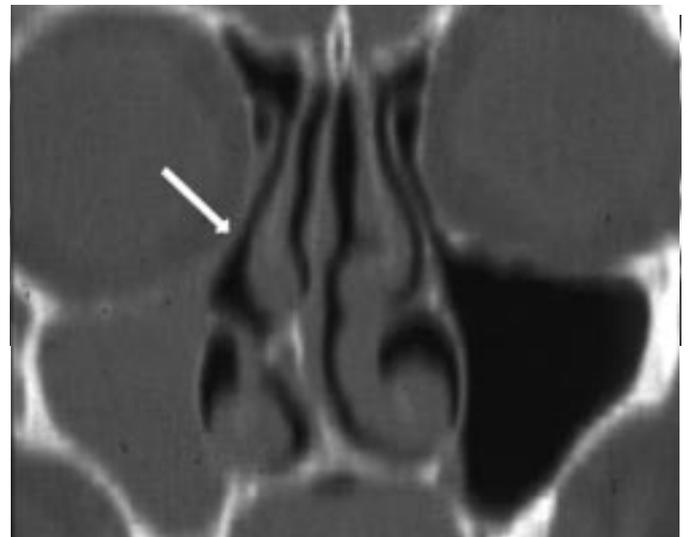
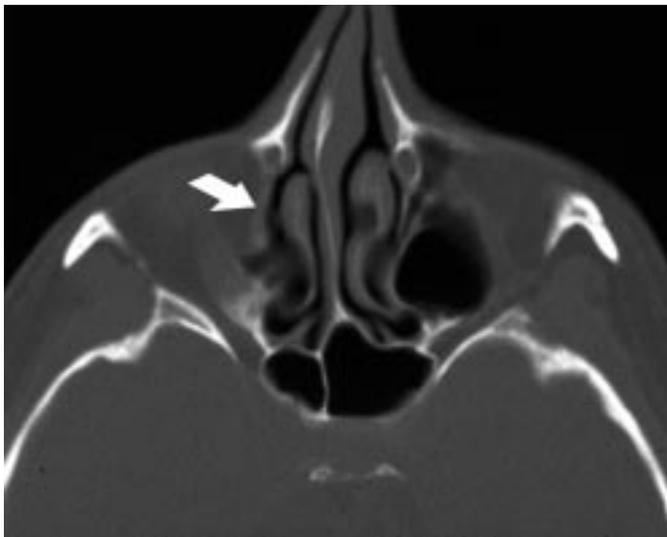


Fig. 12 : Représentation schématique (vue coronale) d'un accolement du processus unciforme (flèche) responsable d'une sténose du méat du sinus maxillaire.

Fig. 12: Coronal sketch of a joining of the unciformian process (arrow) responsible of a stenosis of the maxillary sinus meatus.



a | b₁
| b₂

Fig. 13 : Sinusite chronique maxillaire droite favorisée par un accolement du processus unciforme à la paroi de l'orbite (flèches). Scanner coupe transversale (a) et coupes coronales (b₁, b₂).

Fig. 13: Right chronic maxillary sinusitis due to a joining of the unciformian process to the orbital medial wall (arrows). CT scan, axial slice (a) and coronal slices (b₁, b₂).



Fig. 14 : Kyste radiculaire droit partiellement évacué (antécédent de voie de Caldwell-Luc). La flèche pointe la paroi inférieure du sinus maxillaire, refoulée vers le haut.

Fig. 14: Dental cyst previously drained off (Caldwell-Luc's approach). The floor of the maxillary sinus, pushed superiorly, is pointed out by the arrow.

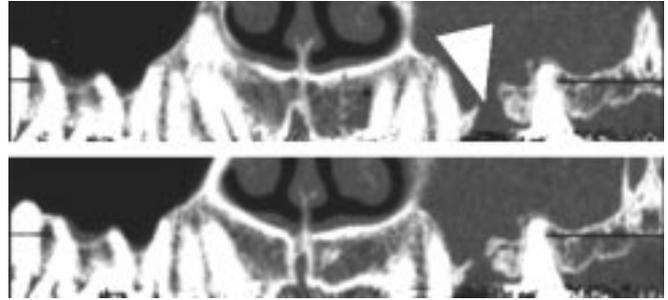


Fig. 15 : Fistule bucco-sinusienne gauche (tête de flèche) : reconstruction de type déroulé panoramique (« denta-scanner »).

Fig. 15: Oro-sinusial fistula (arrowhead): denta CT acquisition.

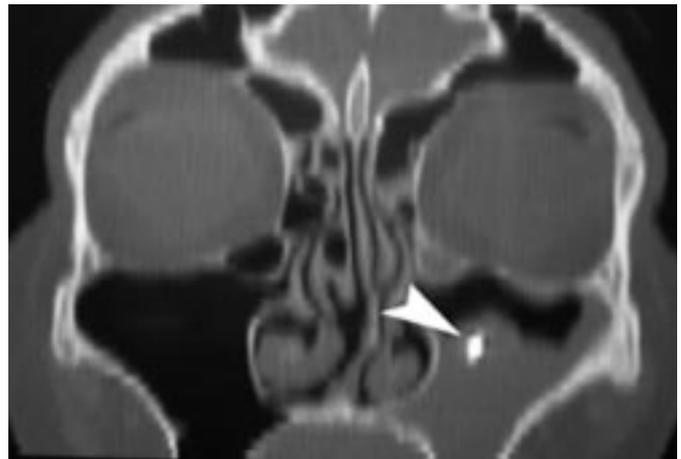
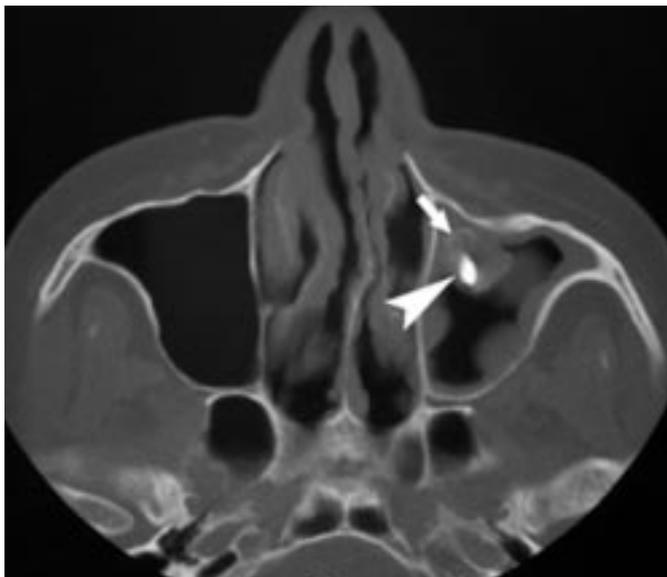


Fig. 16 : Sinusite maxillaire d'origine dentaire : **a** : scanner coupe transversale, **b** : scanner, reconstruction coronale. Migration de matériel d'obturation dentaire (tête de flèche) dans la cavité sinusienne gauche avec épaissement de la muqueuse du bas fond du sinus. Présence d'hyperdensités périphériques (flèche).

Fig. 16: Maxillary sinusitis from dental origin : **a** : axial CT scan, **b** : coronal reconstruction. Migration of tooth filling material (arrowhead) in the left maxillary sinus cavity, associated with a mucosal thickening. Peripheral areas of high density (arrow).

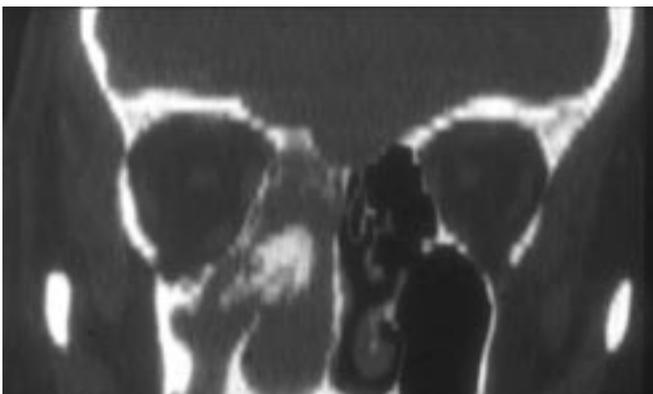


Fig. 17 : Sinusite ethmoïdo-maxillaire droite d'origine mycélienne. La reconstruction coronale retrouve un volumineux grelot aspergillaire calcifié. Il s'agit d'une sinusite pseudo-tumorale très destructrice avec disparition quasi complète du méat moyen.

Fig. 17: Fungal right ethmoido-maxillary sinusitis. The coronal view shows a huge globular calcified mass. It is a pseudotumoral and very invasive sinusitis destroying the middle meatus.

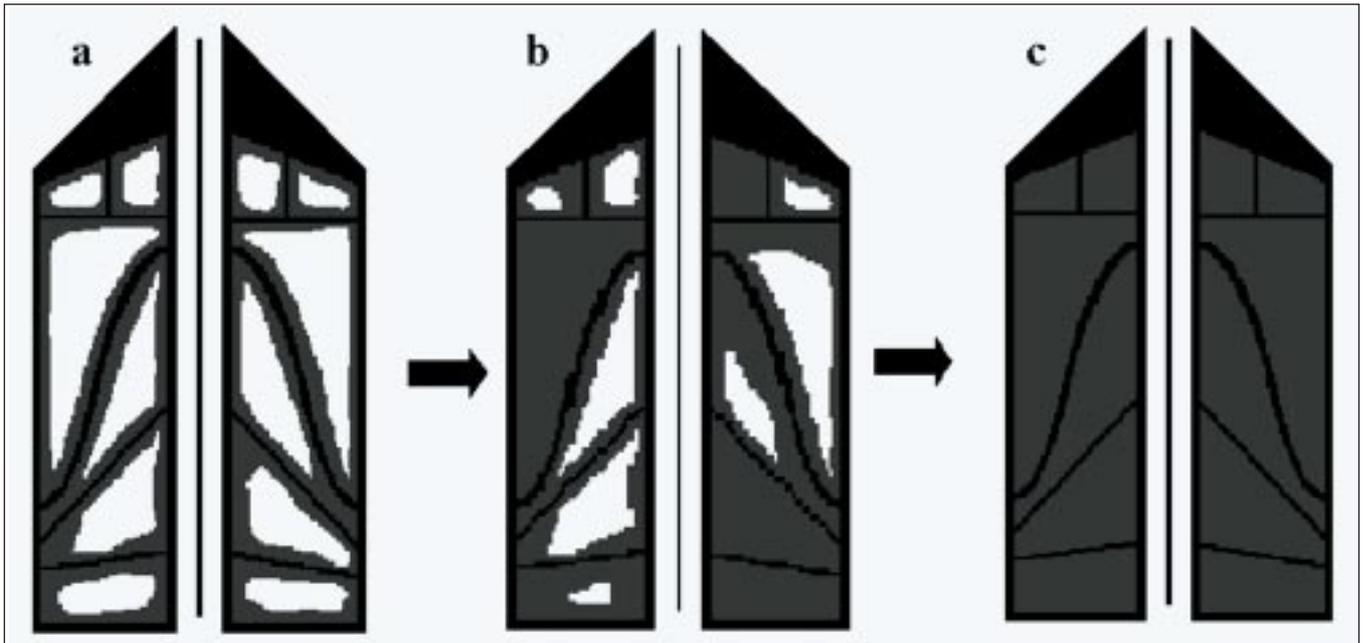


Fig. 18 : Représentation schématique des différents stades de l'ethmoïdite oedémateuse : **a** : épaissement en cadre de la muqueuse des cellules ethmoïdales. **b** : comblement partiel des cellules ethmoïdales. **c** : comblement total des cellules des 2 masses latérales. Dans les trois cas, l'atteinte est diffuse dans les labyrinthes ethmoïdaux et bilatérale.

Fig. 18: Sketch of the stages of the edematous ethmoiditis: **a**: peripheral mucosal thickening of the ethmoid cells. **b**: Partial filling of the ethmoid cells. **c**: complete filling of both ethmoid labyrinth cells. In the 3 cases, the lesions are diffused and bilateral.

comme une sinusite pseudo-tumorale extensive avec destruction des parois osseuses du sinus maxillaire mais parfois aussi du méat moyen et des cellules ethmoïdales adjacentes (fig. 17).

D'autres localisations, plus rares mais non exceptionnelles de sinusite aspergillaire, peuvent être observées (ethmoïdo-maxillaires et sphénoïdales).

3.2. Les sinusites chroniques inflammatoires ou oedémateuses

Ces sinusites traduisent une affection inflammatoire chronique de la muqueuse respiratoire. Elles engendrent des aspects radiologi-

ques caractéristiques au niveau de l'ethmoïde et des autres sinus de la face. Les deux principales étiologies (14-16) de ces sinusites oedémateuses sont l'atopie et les troubles du métabolisme de l'acide arachidonique (NARES, polypose naso-sinusienne). Dans les deux cas, il existe des épaissements, très évocateurs, en cadre de la muqueuse des cellules des deux masses latérales de l'ethmoïde. Il s'agit d'une atteinte diffuse de l'ensemble de l'ethmoïde et des autres cavités sinusiennes traduisant la maladie de la muqueuse elle-même. L'atteinte ethmoïdale est bilatérale, antérieure et postérieure. L'épaississement de la muqueuse s'accompagne volontiers

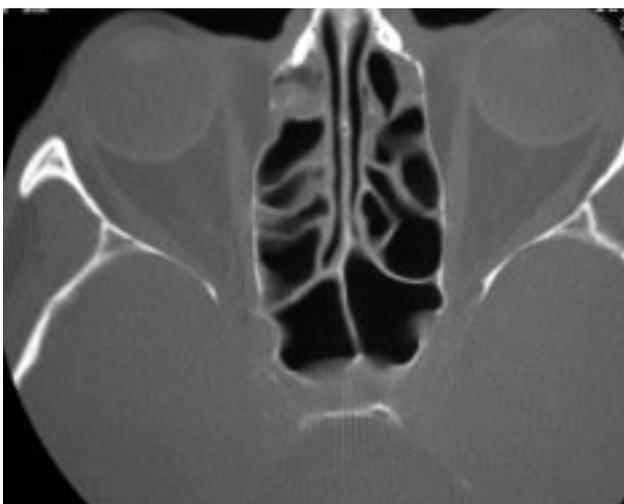


Fig. 19 : Ethmoïdite oedémateuse à un stade peu évolué : scanner, coupe transversale. Epaissement modéré, en cadre de la muqueuse ethmoïdale, avec atteinte bilatérale symétrique, antérieure prédominante mais aussi postérieure.

Fig. 19: Edematous ethmoiditis, early stage — Axial CT scan. Slight bilateral peripheral mucosal thickening with a predominant anterior but also posterior reach.

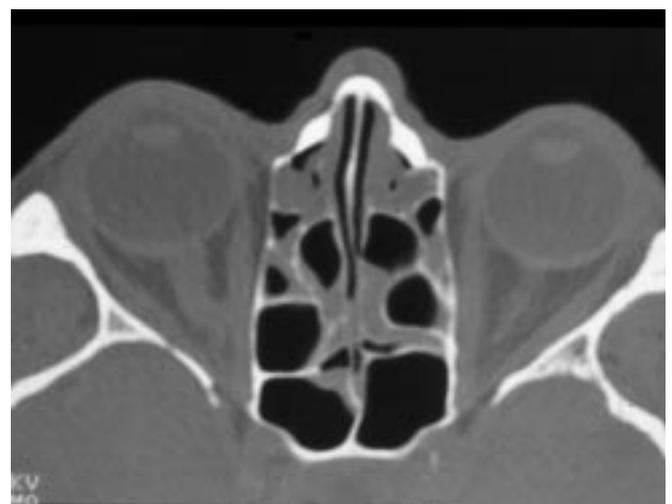


Fig. 20 : Ethmoïdite oedémateuse — stade intermédiaire avec comblements partiels des cellules ethmoïdales.

Fig. 20: Edematous ethmoiditis: intermediate stage with partial filling of the ethmoid cells.

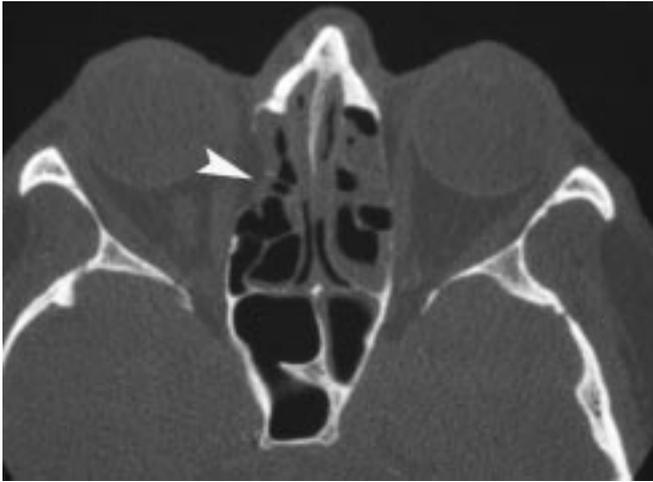


Fig. 21 : Ethmoïdite oedémateuse — stade intermédiaire associée à une déhiscence de la lame papyracée droite (tête de flèche). Le bombement de la graisse orbitaire dans l'éthmoïde antérieur traduit le caractère constitutionnel de cette anomalie (aplasie véritable).

Fig. 21: Edematous ethmoiditis: intermediate stage associated to a dehiscence of the right lamina papyracea (arrowhead). The bulging of the orbital fat in the anterior ethmoid cells attest that it is a true aplasia.

d'une hypersécrétion responsable d'un comblement progressif de l'ensemble des cellules ethmoïdales (fig. 18, 19, 20 et 21).

En fonction de l'évolution de l'affection, ces épaissements et ces comblements peuvent intéresser les autres cavités sinusiennes. L'ethmoïdite oedémateuse peut cependant revêtir un aspect scanographique atypique avec des comblements et des



Fig. 22 : Représentation schématique d'une éthmoïdite oedémateuse à prédominance antérieure.

Fig. 22: Sketch of a predominantly anterior edematous ethmoiditis.

épaississements muqueux qui n'intéressent principalement et préférentiellement que l'un des deux labyrinthes ethmoïdaux ou bien seulement la partie antérieure de l'un et la partie postérieure de l'autre, voire uniquement les cellules ethmoïdales antérieures des deux côtés (fig. 22, 23 et 24). Dans ces cas, le diagnostic radiologique vis-à-vis des ethmoïdites chroniques

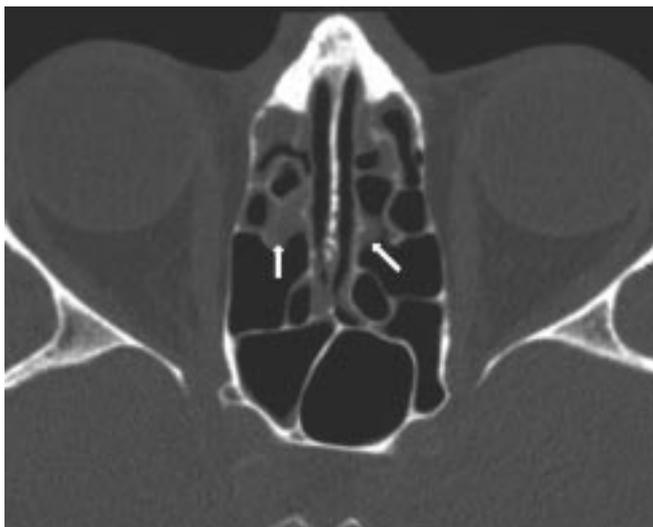


Fig. 23 : Ethmoïdite oedémateuse modérée à prédominance antérieure. Noter les épaissements muqueux bilatéraux dans les cellules postérieures avancées (flèches).

Fig. 23: Predominantly anterior and moderate edematous ethmoiditis. Note the associated thickening of the mucosa of the most anterior cells of the posterior ethmoid (arrows).

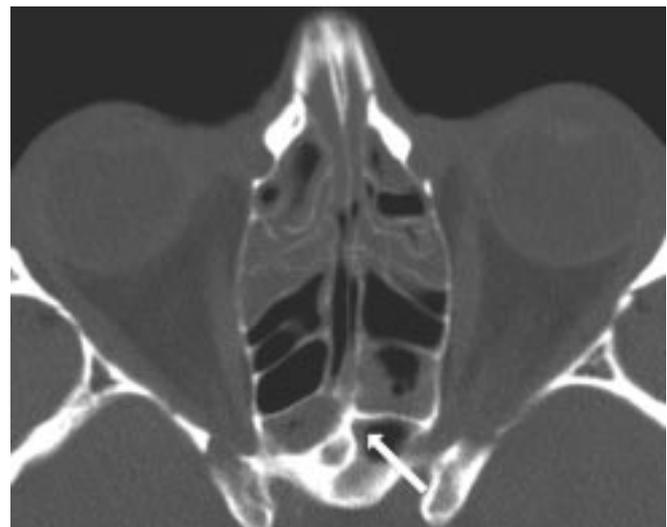


Fig. 24 : Ethmoïdite oedémateuse à prédominance antérieure. Noter les épaissements muqueux et les comblements éthmoïdaux postérieurs ainsi que l'épaississement de la muqueuse de la cellule sphénoïdale gauche (flèche).

Fig. 24: Predominantly anterior edematous ethmoiditis. Note the mucosa of the posterior ethmoid cells is thickened as well as the mucosa of the left sphenoid cell (arrow).

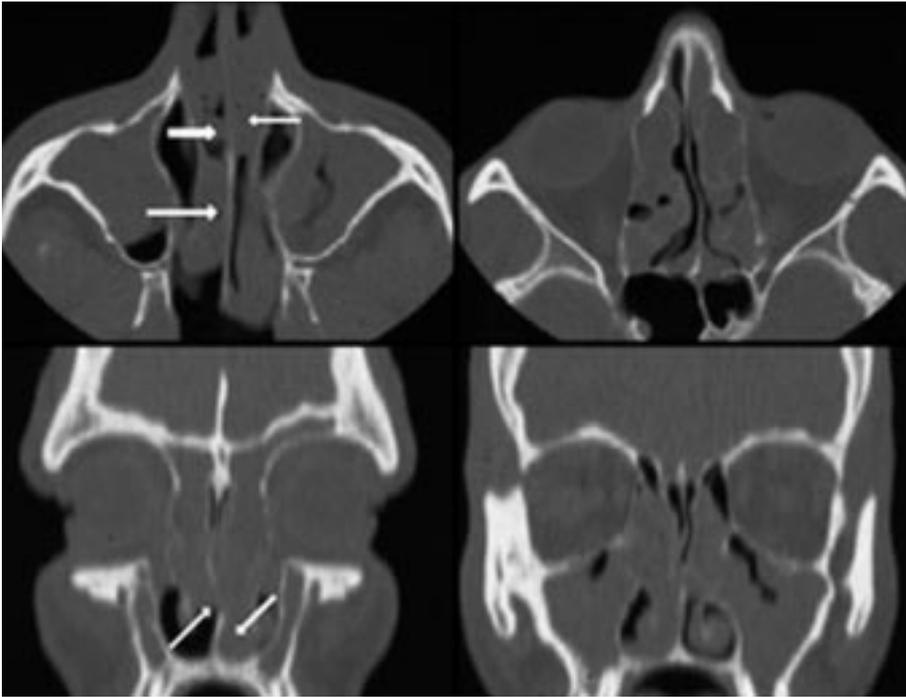


Fig. 25: Polypose nasosinusienne — Scanner, coupes transversales et reconstructions coronales. Association d'une atteinte bilatérale importante et de polypes en grand nombre et volumineux dans les fosses nasales et les méats moyens (flèches).

Fig. 25: Sinonasal polyposis — Axial CT scans and coronal reconstructions. Huge bilateral ethmoid involvement and numerous huge polyps in both nasal fossae (arrows).



a

a	b1
	b2

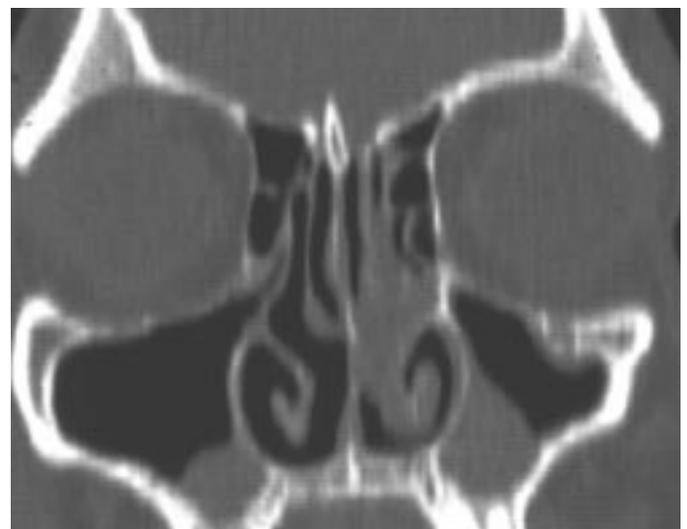
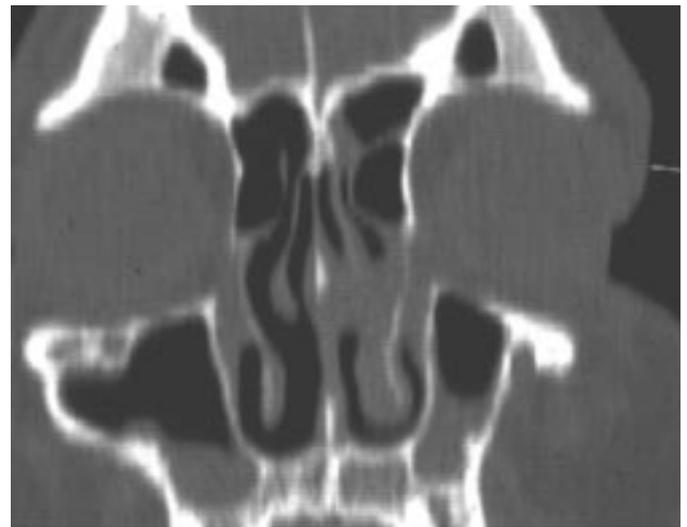


Fig. 26: Ethmoïdite oedémateuse peu évoluée mais avec présence d'un polype volumineux dans la fosse nasale gauche issu du méat moyen. a : scanner, coupe transversale : épaissements muqueux modérés des cellules ethmoïdales antérieures droites (flèche) et comblement ethmoïdal antérieur gauche (tête de flèche). **b₁, b₂** : reconstructions coronales.

Fig. 26: Slight edematous ethmoiditis associated with a huge polyp in the left nasal fossa arising from the middle meatus. a : axial CT scan at the ethmoid level : slight mucosal thickening of the right anterior ethmoid cells (arrowhead). **b₁, b₂** : coronal reconstructions.

infectieuses est plus difficile. Cependant, le caractère diffus de l'affection au niveau de la muqueuse des voies respiratoires se traduit toujours par des aspects anormaux, même minimes, mais toujours présents de la muqueuse des cellules ethmoïdales et des autres cavités sinusiennes restées majoritairement libres. De plus, le contexte clinique est totalement différent de celui des sinusites chroniques infectieuses.

À un stade évolué de l'ethmoïdite, la polypose naso-sinusienne constituée revêt un aspect caractéristique (*fig. 25*), associant des opacités complètes des deux masses latérales de l'ethmoïde avec éventuelle extension aux autres cavités et des opacités arrondies au sein des fosses nasales faisant issue des méats (17).

La principale caractéristique de la polypose naso-sinusienne est sa bilatéralité. Tout aspect de polypose unilatérale doit éveiller l'attention du radiologue et du clinicien et faire rechercher un papillome inversé voire une tumeur maligne (18). Dans ces cas, l'IRM devient un complément indispensable à la tomodensitométrie.

D'une manière générale, plus l'atteinte ethmoïdale est importante plus le nombre de polypes dans les fosses nasales est élevé (19) et plus ces polypes sont volumineux. Cependant, il peut exister des atteintes ethmoïdales prédominantes avec des formations polypoïdes de très petite taille ou, à l'inverse, des formations polypoïdes relativement volumineuses avec une atteinte ethmoïdale très modérée voire à peine visible (*fig. 26*). Dans ce dernier cas, c'est souvent la muqueuse du cornet moyen qui produit les polypes. Les polypes sont volontiers responsables d'obstruction des voies de drainage des cavités sinusiennes, créant une pathologie de conduit en supplément de l'affection de la muqueuse respiratoire. La part de ce qui revient à cette pathologie de conduit dans le comblement des sinus est très difficile à individualiser de ce qui revient à la maladie muqueuse elle-même. Cependant, l'obstruction chronique des ostia des cellules est assez fréquemment responsable de l'apparition de mucocèles (*fig. 27*).

La polypose s'accompagne souvent, lorsque le comblement ethmoïdal est massif, d'une déminéralisation de l'ethmoïde. Les structures des méats moyens, les cloisons des cellules ethmoïdales sont alors mal visualisées sur l'examen tomodensitométrique. La polypose est alors qualifiée de raréfiante. Au niveau des lames papyracées, la déminéralisation peut créer un véritable aspect de déhiscence (*fig. 28*). Ces déhiscences acquises, ne doivent pas

être confondues avec les déhiscences constitutionnelles qui correspondent à une aplasie partielle en général unilatérale de l'os planum, siégeant toujours en avant de l'insertion latérale de la racine cloisonnante du cornet moyen homolatéral. À l'inverse des déhiscences acquises, les aplasies véritables s'accompagnent toujours d'un passage de la graisse orbitaire dans l'ethmoïde antérieur, celui-ci représente un danger de la chirurgie endonasale avec risque majeur d'effraction orbitaire (20).

4. Conditions pseudo-tumorales

4.1. Les kystes muqueux des sinus maxillaires et des sinus sphénoïdaux

Il s'agit de kystes muqueux ou sous-muqueux parfaitement banals qui se traduisent par la présence de formations arrondies, sans paroi dans les cavités sinusiennes ; ils sont particulièrement fréquents au niveau des sinus maxillaires (*fig. 29*). Ils sont souvent totalement isolés mais peuvent être associés à d'autres affections. Il s'agit chaque fois d'associations fortuites. Ces kystes muqueux ne présentent aucun caractère pathologique. Ils apparaissent et disparaissent sur les examens successifs. Ils ne traduisent aucune affection particulière et ils ne doivent pas être décrits sous la forme de polypes du sinus maxillaire.

4.2. Les sinusites pseudo-tumorales

Comme cela a été cité plus haut, l'aspergillose est une cause de sinusite pseudo-tumorale.

De la même façon, les sinusites chroniques infectieuses banales peuvent avoir aussi un comportement pseudo-tumoral, être responsable de destructions osseuses et en imposer pour une tumeur évolutive unilatérale (*fig. 30a*). Devant ces aspects de destruction des parois osseuses, des examens complémentaires sont nécessaires afin d'essayer de différencier une éventuelle tumeur nécrosée surinfectée d'une sinusite pseudo-tumorale. Une injection de produit de contraste doit alors être pratiquée au cours du scanner dont les constantes d'acquisition doivent être modifiées pour l'exploration des tissus mous. Au mieux, une IRM en complément ou en remplacement du scanner injecté doit être réalisée à la recherche d'une zone tissulaire, de poches collectées (*fig. 30b et c*). Souvent, le diagnostic différentiel est extrêmement difficile à faire et seule l'analyse des pièces opératoires après chirurgie par voie endo-nasale peut trancher.

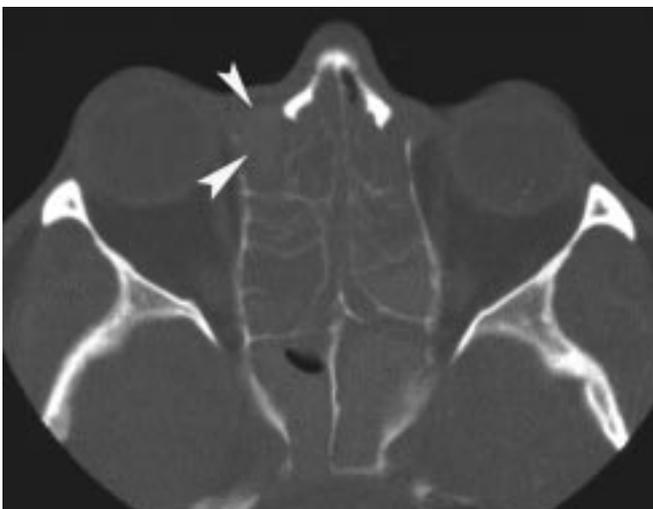
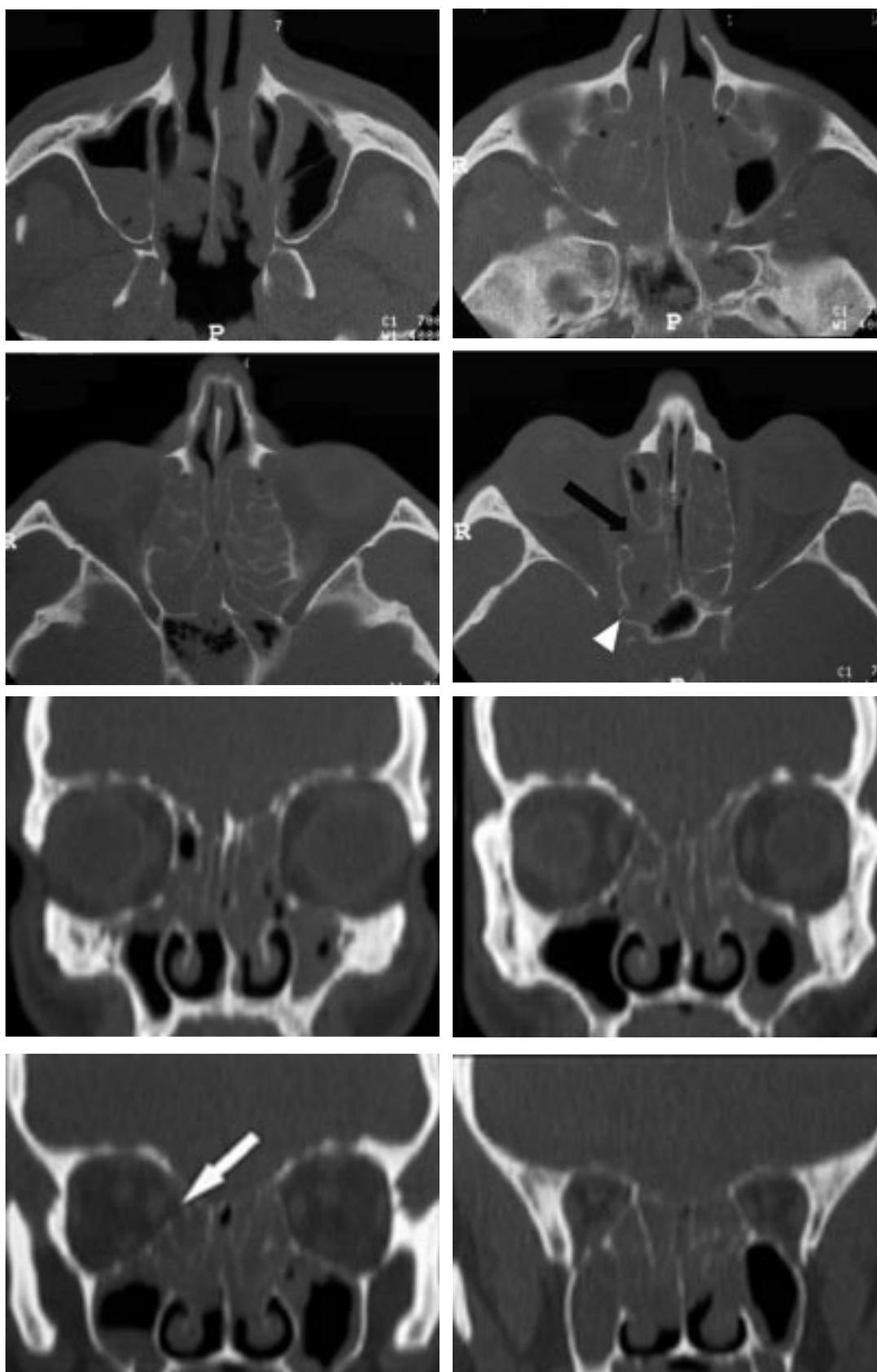


Fig. 27 : Polypose nasosinusienne — Scanner, coupe transversale. L'ethmoïdite, très évoluée, raréfiante, s'accompagne d'une mucocèle ethmoïdale antérieure droite. Les parois des cellules unciformiennes sont soufflées (têtes de flèche) et exercent un effet de masse orbitaire droit.

Fig. 27: Sinonasal polyposis. Axial CT scan. The ethmoiditis is very important, with bone resorption and is associated to a right anterior ethmoid mucocela (arrowheads).



a1	a2
a3	a4
b1	b2
b3	b4

Fig. 28 : Polypose nasosinusienne — Scanner, coupes transversales (a) et reconstructions coronales (b). Présence de volumineux polypes dans les fosses nasales. L'ethmoïdite est très évoluée. Elle est de type raréfiant, avec déminéralisation des cloisons osseuses et des deux méats moyens. Noter la déhiscence de la lame papyracée droite (flèche) et l'extension de la pneumatisation de la cellule sphénoïdale droite dans la clinôïde antérieure homolatérale (tête de flèche), qui accompagne toujours une procidence du nerf optique.

Fig. 28: Sinonasal polyposis. Axial CT scans (a) and coronal reconstructions (b). Filling of both ethmoid labyrinths. Presence of huge polyps in the nasal fossae, with bone resorption of both middle meatus. Note the dehiscence of the right lamina papyracea (arrow) and the pneumatization of the right anterior clinoid process which is associated with a procident optic nerve in the sphenoid sinus.

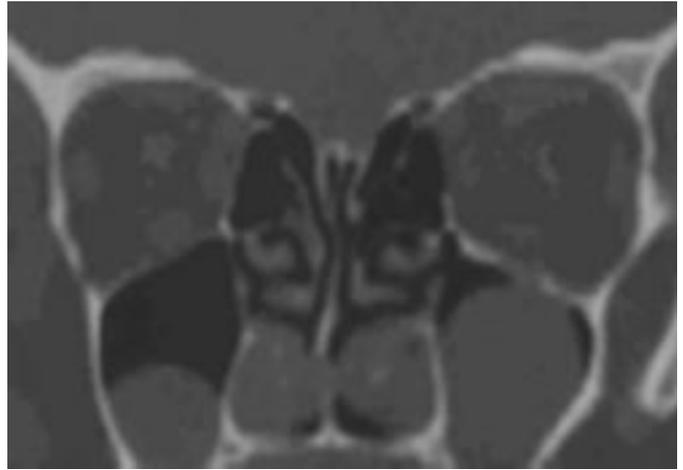
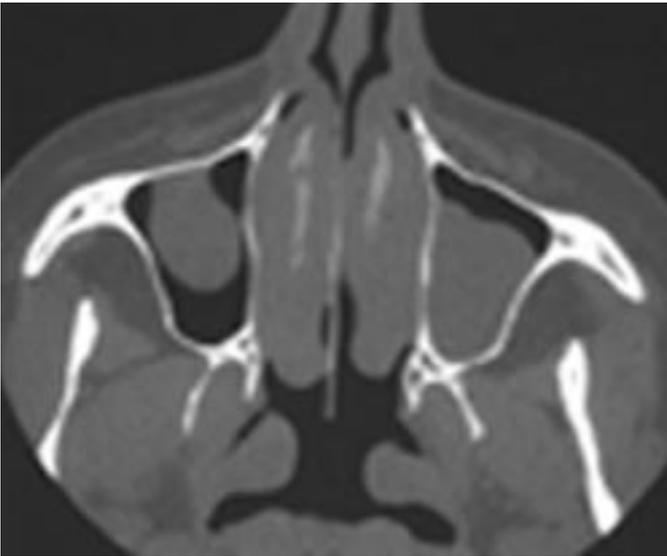


Fig. 29 : Kystes muqueux du bas fond des deux sinus maxillaires.

Fig. 29: Mucoïd cyst in the lower part of both maxillary sinuses.

4.3. Polypose unilatérale

Un aspect radiologique de polypose unilatérale doit faire rechercher certains types de lésions particulières (18, 21) :

- Le polype antro-choanal de Killian (22), plus fréquent chez l'adulte jeune, est une lésion polypôïde molle qui suit le flux aérien. Il s'insère dans un sinus maxillaire dont il sort par l'orifice accessoire de Girdal pour cheminer vers l'arrière jusqu'à la choane (fig. 31). Il est le plus souvent isolé sans aucune autre anomalie associée, en particulier au niveau ethmoïdal. Les polypes sphéno-choanaux (23) correspondent aux polypes de Killian

à point de départ sphénoïdal (fig. 32). Ils sont de diagnostic souvent difficile.

- Les méningocèles et les encéphalocèles doivent être recherchés de façon très précise. Tout défaut du toit de l'ethmoïde ou des fosses nasales au contact d'une formation polypôïde dans la fosse nasale doit faire réaliser une IRM à la recherche d'une connexion avec l'encéphale (fig. 33).

- Les papillomes inversés et les autres tumeurs bénignes ou malignes peuvent en imposer pour une polypose unilatérale (fig. 34). Devant un tel aspect, ces lésions doivent être active-

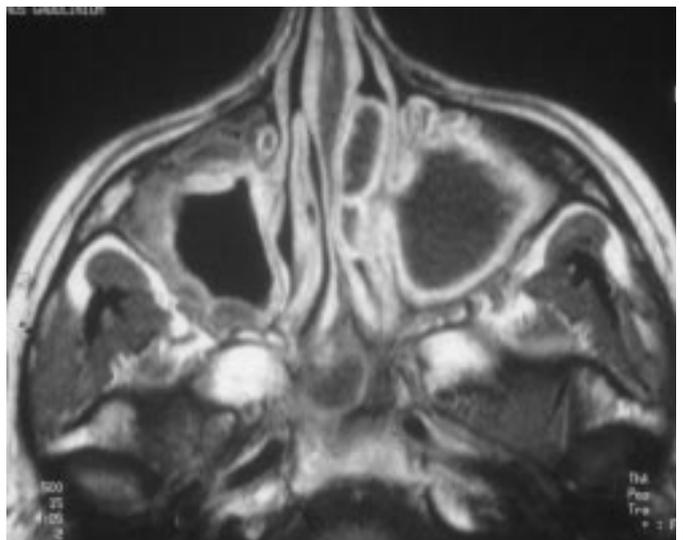
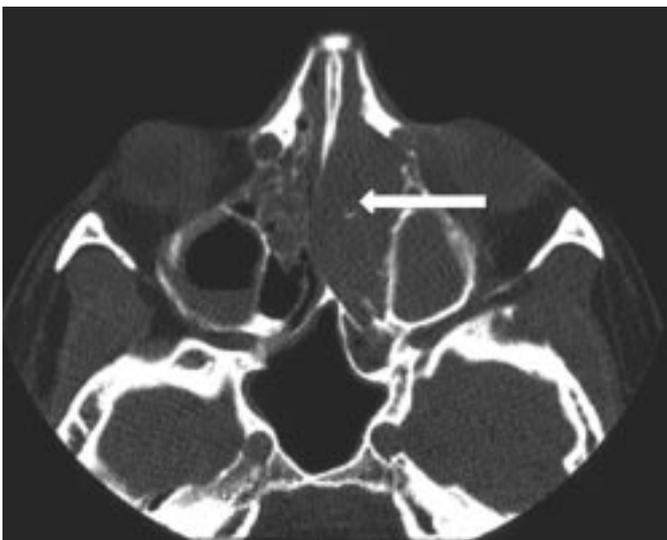
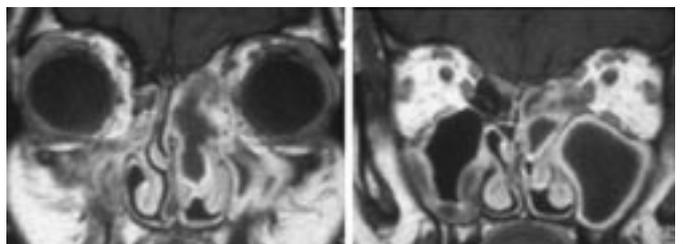


Fig. 30 : Sinusite chronique pseudotumorale : a : scanner, coupe transversale. Destruction du méat moyen gauche (flèche). **b** et **c** : IRM séquences pondérées en T1 après injection de chélates de Gadolinium (**b** : coupe transversale — **c** : coupes coronales). Des poches collectées sont visibles sous la muqueuse qui est très épaissie. Absence de néoformation notable.

Fig. 30: Pseudotumoral chronic sinusitis: a: Axial CT scan. Destruction of the left middle meatus (arrow). **b** and **c**: MR Imaging, T1 weighted sequences with gadolinium injection (**b**: axial slice — **c**: coronal slices). Sub mucosal collections are visible. The mucosa is thickened. Absence of evolutive mass.



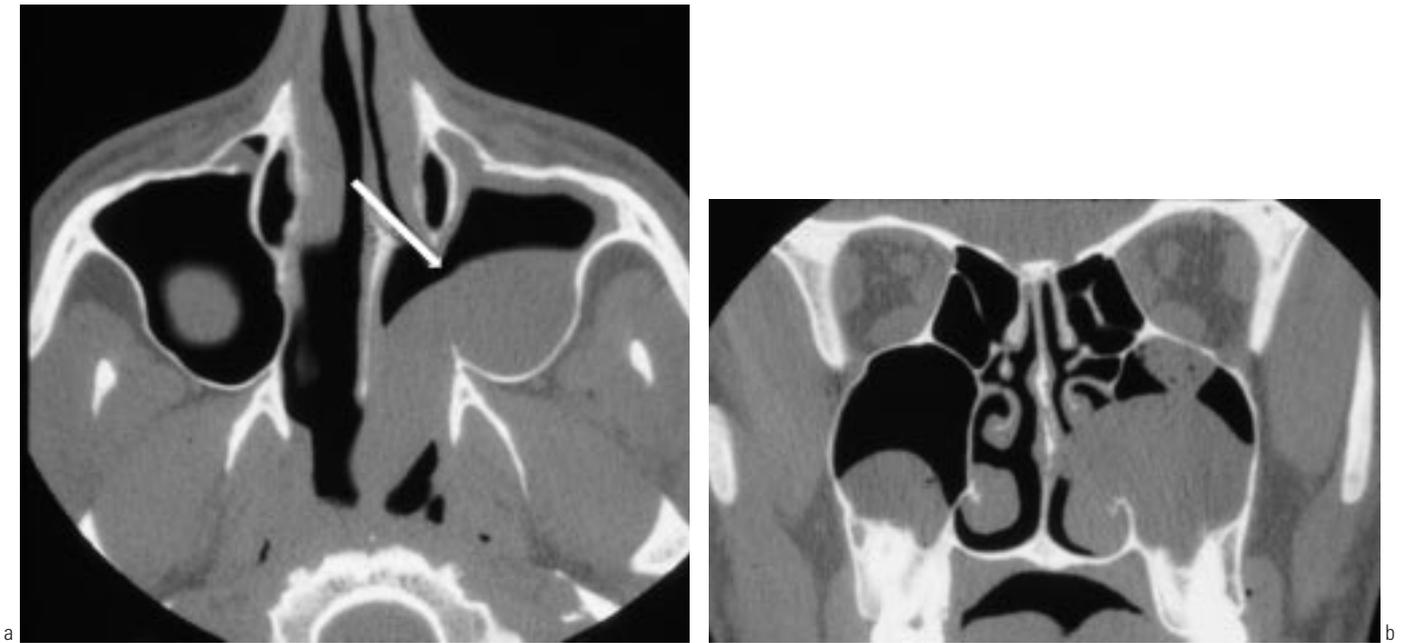


Fig. 31 : Polype antro-choanal gauche (de Killian) : Scanner — **a** : coupe transversale, **b** : coupe coronale. Le pied du polype siège dans le sinus maxillaire. Le polype sort dans la fosse nasale par l'orifice accessoire de Giraldes (flèche), puis se poursuit vers la choane.

Fig. 31: Left antro-choanal polyp. **a**: axial CT scan. **b**: coronal slice. The foot of the polyp is located inside the maxillary cavity. The polyp pass through the accessory meatus (arrow) up to the ipsilateral choana.

ment recherchées par l'examen endoscopique et par IRM en complément du scanner.

4.4. Les mucocèles

Les mucocèles sont des lésions soufflantes développées dans une cavité sinusienne. Elle sont liées à l'accumulation progressive de mucus dans une cellule obstruée. Il s'en suit une destruction progressive de la muqueuse d'origine ischémique et de l'os adjacent qui, en se reconstituant, donne l'aspect soufflé à la cavité intéressée. Elles sont volontiers associées aux polypes ethmoïdo-nasales en raison de l'obstruction des ostia dont sont responsables les polypes. Cependant, toute lésion pouvant entraîner une obstruction ostiale (ostéome, tumeur

maligne ou bénigne...) peut être associée à une mucocèle. Dès lors, devant une mucocèle isolée, il est indispensable de rechercher de principe une lésion tumorale. Le signal de la mucocèle varie en fonction de son ancienneté et de l'état de déshydratation de son contenu allant du signal relativement bas en T1, à élevé en T2, dans les lésions récentes au franc hyposignal en T1 et T2 dans les lésions anciennes en passant pas tous les stades intermédiaires.

Les mucocèles doivent être différenciées des cholestéatomes primitifs ou kystes épidermoïdes qui sont des occlusions épidermiques entre les tables interne et externe des os du massif facial. Ils réalisent une lacune à l'emporte pièce qui n'est pas en connexion directe avec les cellules sinusiennes voisines.



Fig. 32 : Polype sphénochoanal : Scanner — coupe coronale. Présence du pied du polype dans la cellule sphénoïdale gauche (étoile), la tête du polype (flèche) descend dans la choane.

Fig. 32: Sphenochoanal polyp: coronal CT scan — The polyp foot is located inside the left sphenoid cell (star), the polyp head goes down to the choana (arrow).

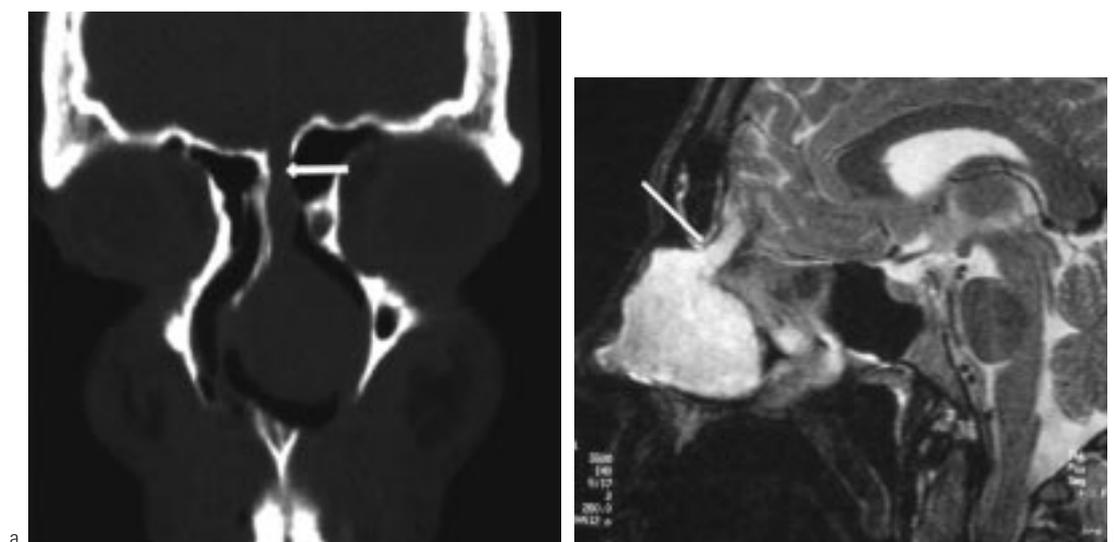
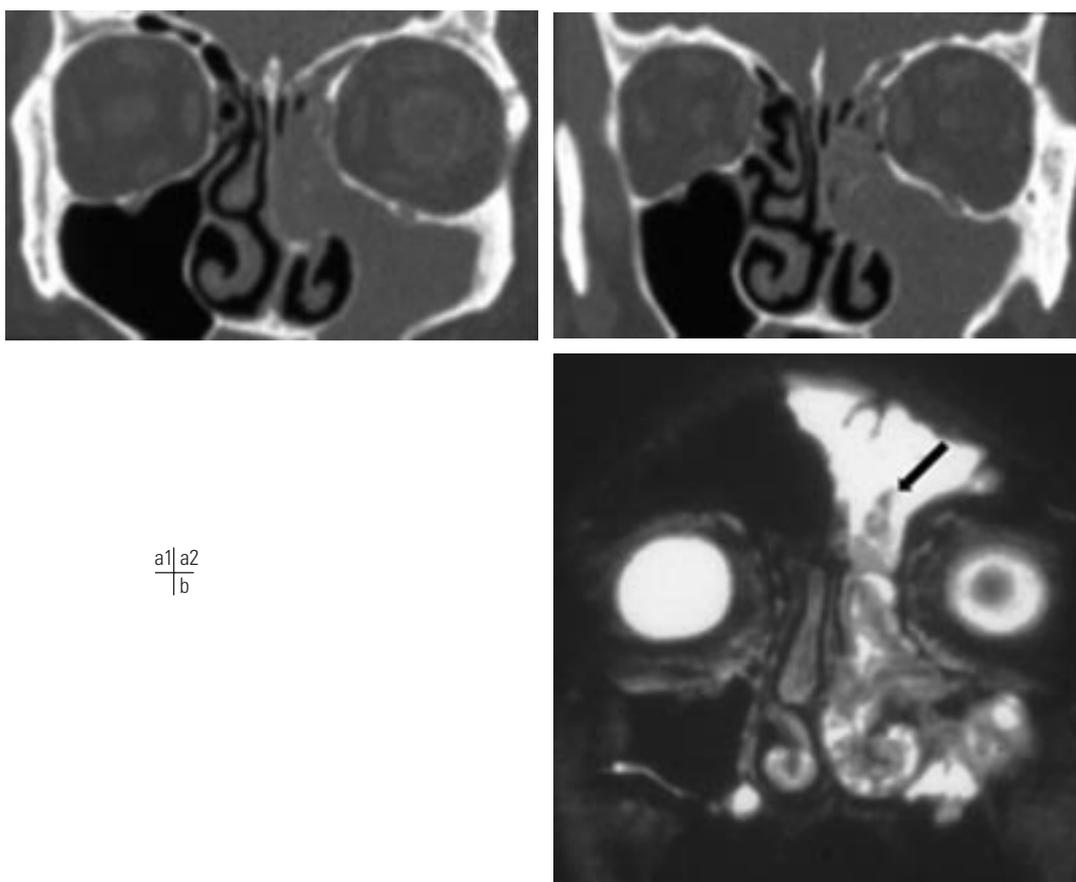


Fig. 33 : Pseudo-tumeurs : méningocèle gauche. Le scanner (a : coupe coronale) retrouve la zone de déhiscence de la lame criblée (flèche), l'IRM (b : coupe sagittale, séquence pondérée en T2) montre la continuité entre la formation et l'endocrâne (flèche).

Fig. 33: Pseudotumors: left meningocele. The CT scan (a: coronal slice) shows dehiscence of the left nasal fossa roof (arrow). The MR imaging (b: T2 weighted sagittal sequence) shows the continuity between the skull and the mass (arrow).



a1|a2
|b

Fig. 34 : Papillome inversé gauche, responsable d'un aspect de polypose unilatérale. Noter le caractère destructeur de la formation, avec disparition de la cloison intersinuso-nasale gauche sur le scanner (a : coupes coronales). L'IRM (b : coupe coronale, séquence pondérée en T2) permet de retrouver la néoformation et de démontrer son extension dans le sinus frontal (flèche).

Fig. 34: Left inverted papilloma, with pseudo unilateral polyposis appearance. Note that the mass is invasive destroying the left medial maxillary sinus wall (a: coronal CT scans with contrast media injection). On MR imaging (b: coronal T2 weighted sequence) the mass is visible as well as extension up to the frontal sinus (arrow).

RÔLE DU SCANNER DANS LA PRISE EN CHARGE DES SINUSITES CHRONIQUES

1. Intérêt de la sémiologie scanographique dans le diagnostic des sinusites chroniques

L'examen scanographique permet de définir une sémiologie des atteintes sinusiennes.

• Si l'examen scanographique est normal, deux situations peuvent être envisagées :

– Il peut s'agir d'une rhinite chronique dont la présentation clinique est très proche des sinusites chroniques. L'intérêt du scanner est de faire la différence entre les deux affections et de rechercher des lésions sinusiennes associées éventuellement à la rhinite chronique.

– Il peut s'agir de la période inter-critique d'une sinusite récidivante.

• La présence d'opacités ethmoïdales antérieures, unilatérales, limitées en arrière par la racine cloisonnante du cornet moyen, associées ou non à un comblement du sinus frontal et du sinus maxillaire homolatéraux est évocatrice d'une pathologie de conduit liée à une obstruction de la gouttière unciformienne et du méat moyen dans le cadre d'une ethmoïdite chronique infectieuse.

• Les atteintes bilatérales et symétriques sans systématisation par la racine cloisonnante du cornet moyen sont évocatrices d'ethmoïdite oedémateuse inflammatoire, entrant dans le cadre soit de lésions atopiques, soit d'une polypose ethmoïdo-nasale ou d'une maladie mucociliaire générale comme la mucoviscidose.

• Les atteintes bilatérales ou antérieures et postérieures sont de diagnostic plus difficile et la connaissance du contexte clinique est indispensable. Dans le cas de l'ethmoïdite oedémateuse, la muqueuse est toujours épaissie dans les cellules adjacentes non comblées, ce qui n'est pas le cas, la plupart du temps, dans les ethmoïdites chroniques infectieuses, même si elles sont bilatérales et même s'il existe une atteinte antérieure et postérieure.

• Les sinusites maxillaires isolées doivent faire rechercher une origine dentaire et la réalisation d'un dentascanner est indispensable.

• En cas de lésion pseudo-tumorale s'accompagnant d'une destruction des parois osseuses, la recherche d'une tumeur doit être systématique et la réalisation d'une IRM est indispensable. Il en est de même pour les polyposes unilatérales qui doivent faire rechercher des affections particulières : polypes de Killian, méningo (encéphalo) cèles, papillomes inversés, autre tumeur.

2. Place du scanner dans la prise en charge thérapeutique des sinusites chroniques

• Dans le cadre des sinusites chroniques infectieuses, à l'étape médicale, le scanner couplé aux apports de la clinique et de l'endoscopie permet d'apprécier la réponse thérapeutique. Il est habituel de n'effectuer le contrôle scanographique qu'après un délai minimum de 3 à 4 semaines après la fin du traitement. C'est en fonction de la disparition ou non de la sémiologie clinique et/ou paraclinique que l'indication chirurgicale est posée. Dans les formes bilatérales, ce schéma mérite d'être nuancé. En effet, la persistance d'images pathologiques ne conduit pas obligatoirement à l'indication chirurgicale en raison de la fréquence

des échecs de la microchirurgie endonasale face à une pathologie de terrain.

• Dans le cadre de la polypose nasosinusienne, la surveillance scanographique n'est pas systématique. L'interrogatoire et l'examen endoscopique suffisent généralement à apprécier la réponse thérapeutique et à poser une éventuelle indication chirurgicale. À l'étape chirurgicale, que le scanner intervienne ou non dans la décision opératoire, il reste nécessaire dans le but de prévoir la stratégie chirurgicale et de mettre en évidence des variations ou anomalies anatomiques susceptibles d'augmenter le risque iatrogène préopératoire (déhiscences spontanées de la lame papyracée et de la base du crâne (20), différences de hauteur et dysharmonies du toit de l'éthmoïde (24), procidences de la carotide interne et/ou du nerf optique dans la cavité sphénoïdale (25, 26).

Références

- David D, Youssef MD. Imaging of sinonasal inflammatory disease. *Radiology* 1993;188:303-14.
- Moulin G, Chagnaud C, Waultier S et al. Radiation doses to the lenses in CT of the paranasal sinuses. *Neuroradiology* 1996;38: S127-9.
- Nadas S, Duvoisin B, Raimondi S, Schnyder P. Radiation doses delivered to the critical organs during radiological studies of chronic sinusitis. Comparison between TDM and standard radiographies. *J Radiol* 1994;75:217-9.
- Ide C, Trigaux JP, Eloy P. Chronic sinusitis: the role of imaging. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 1997;51:247-58.
- Van Tassel P, Lee YY, Jing BS, De Pena CA. Mucocèles of the paranasal sinuses: MR imaging with CT correlation. *AJR* 1989;153:407-12.
- Ericson S. Conventional and computerized imaging of maxillary sinus pathology related to dental problems. *Oral Maxillo Fac Surg Clin North Am* 1992;4:157-81.
- Earwaker J. Anatomic variants in sinonasal CT. *Radiographics* 1993;13:381-415.
- Rosner TM. Exodontic complications involving the maxillary sinus. *Compendium* 1989;10:138-40, 143-4.
- Carlier C. Tooth extraction and sinuses. *Rev Stomatodontol Nord Fr* 1968;23:263-70.
- Serrano E, Percodani J, Flores P, Dilem S, Pessey JJ. Les apertures sinusiennes : à propos de 45 cas. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 1996;113:86-91.
- Castelnuovo P, Gera R, Di Giulio G et al. Paranasal sinus mycoses. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2000;20:6-15.
- Eloy P, Bertrand B, Rombeaux P, Delos M, Trigaux JP. Mycotic sinusitis. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 1997;51:339-52.
- Karci B, Burhanoglu D, Erdem T, Hilmioğlu S, İnci R, Veral A. Fungal infections of the paranasal sinuses. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 2001;122:31-5.
- Bertrand B, Eloy P, Rombeaux P. Allergy and sinusitis. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 1997;51:227-37.
- Pinto JM, Baroody FM. Chronic sinusitis and allergic rhinitis: at the nexus of sinonasal inflammatory disease. *J Otolaryngol* 2002;31:10-7.
- ten Brinke A, Grootendorst DC, Schmidt JT et al. Chronic sinusitis in severe asthma is related to sputum eosinophilia. *J Allergy Clin Immunol* 2002;109:621-6.
- Peynegre R, Coste A. Polypose naso-sinusienne. *Encycl. Méd. Chir. (Paris-France) ORL*, 1994;A-10:20-395.
- Ikeda K, Tanno N, Suzuki H, Oshima T, Kano S, Takasaka T. Unilateral sinonasal disease without bone destruction. Differential diagnosis using diagnostic imaging and endonasal endoscopic biopsy. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;123:198-200.

19. Slavin RG. Nasal polyps and sinusitis. *JAMA* 1997;278:1849-54.
20. Moulin G, Dessi P, Chagnaud C et al. Dehiscence of the lamina papyracea of the ethmoid bone: CT findings. *Am J Neuroradiol* 1994;15:151-3.
21. Lehnerdt G, Weber J, Dost P. Unilateral opacification of the paranasal sinuses in CT or MRI: an indication of an uncommon histological finding. *Laryngorhinootologie* 2001;80:141-5.
22. Skladzien J, Litwin JA, Nowogrodzka-Zagorska M, Wierzchowski W. Morphological and clinical characteristics of antrochoanal polyps: comparison with chronic inflammation-associated polyps of the maxillary sinus. *Auris Nasus Larynx* 2001;28:137-41.
23. Ileri F, Koybasioglu A, Uslu S. Clinical presentation of a sphenochoanal polyp. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1998;255:138-9.
24. Dessi P, Moulin G, Triglia JM, Zanaret M, Cannoni M. Difference in the height of the right and left ethmoid roofs: a possible risk factor for ethmoidal surgery. Prospective study of 150 CT scans. *J Laryngol Otol* 1994;108:261-2.
25. Dessi P, Moulin G, Bartoli JM, Cannoni M. Intra-sphénoïdal prolapse of the internal carotid artery. Computed tomography of 300 sinuses. *Presse Med*, 1994;23:616-7.
26. Dessi P, Moulin G, Castro F, Chagnaud C, Cannoni M. Protrusion of the optic nerve in the ethmoid and sphenoid sinus: prospective study of 150 CT studies. *Neuroradiology* 1994;36:515-6.

Cas clinique : Questions – Réponses

Imagerie des sinusites chroniques de l'adulte

G Moulin, T Pascal, A Jacquier, V Vidal, F Facon, P Dessi, JM Bartoli

HISTOIRE DE LA MALADIE

Madame M., 59 ans se plaint depuis plusieurs semaines d'une obstruction nasale gauche permanente et de pesanteurs de l'hémiface gauche. Elle présente une rhinorrhée muco-purulente abondante, avec des traces hémorragiques dans le mouchage. Elle a présenté par ailleurs trois épisodes récents d'épistaxis d'abondance modérée, spontanément résolutifs. La patiente n'a pas d'antécédent notable hormis un diabète de type II équilibré. L'endoscopie des fosses nasales objective une muqueuse congestive, polypoïde, discrètement hémorragique au contact de l'endoscope, empêchant l'accès au méat moyen gauche.

Un scanner des sinus est réalisé (fig. 1 et 2).

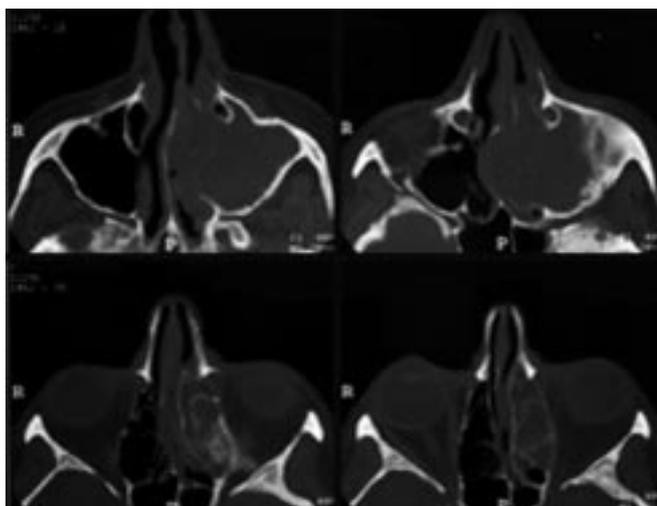


Fig. 1 : Scanner des sinus de la face. Coupes transversales (4 images).

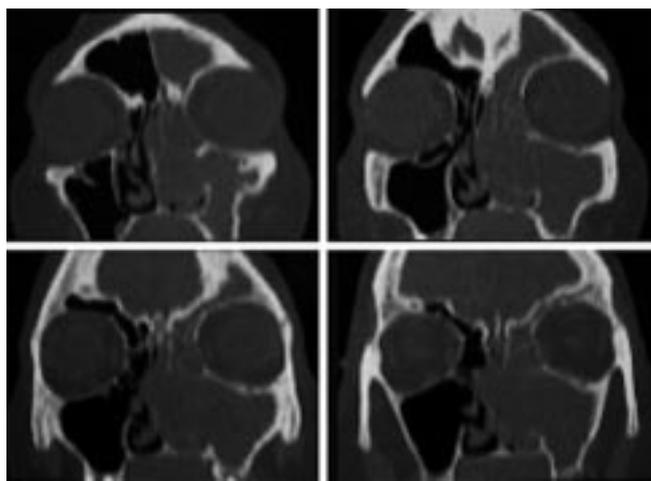


Fig. 2 : Scanner des sinus de la face. Reconstructions coronales (4 images).

QUESTIONS

1. Quelle(s) hypothèse(s) diagnostique(s) retenez-vous ?
2. Réalisez-vous un (ou des) examen(s) d'imagerie complémentaire(s) ?

RÉPONSES

1. Le scanner met en évidence un comblement complet des sinus de la face à gauche ainsi que de la fosse nasale homolatérale. Il existe une destruction des structures osseuses (méat moyen, cloison sinuso-nasale, cloison nasale...). Il s'agit d'une *sinusite infectieuse pseudo-tumorale*. Il s'agit cependant d'un diagnostic d'élimination car :

- Devant un tel aspect de « polypose unilatérale invasive », l'hypothèse à évoquer, jusqu'à preuve du contraire, est celle de tumeur maligne de la fosse nasale gauche.
- Parmi les tumeurs bénignes et les pseudo-tumeurs, l'hypothèse d'un papillome inversé peut aussi être envisagée compte tenu de l'aspect des lésions (destruction de la cloison inter-sinuso-nasale). L'aspect n'est en aucun cas évocateur d'un polype antro-choanal, d'un polype sphéno-choanal, d'une méningocèle, d'une mucocèle ou d'un kyste épidermoïde.
- Le diagnostic de sinusite pseudo-tumorale ne peut être évoqué qu'en troisième place, après élimination des précédents. L'absence de calcification n'est, *a priori*, pas en faveur d'une sinusite mycotique bien qu'il existe des sinusites mycotiques pseudotumorales sans calcification. Il peut alors s'agir d'une sinusite chronique surinfectée à pyogènes, au comportement très agressif et destructeur. Dans le cas présent, le contexte diabétique peut favoriser un tel processus.

2. Devant un aspect de ce type, il doit être réalisé une acquisition en constantes parenchymateuses avec injection de produit de contraste. Une IRM peut être réalisée. Dans ce cas, il a été pratiqué au cours du même examen une acquisition avec injection (*fig. 3 et 4*) qui a mis en évidence des poches collectées au sein des cavités sinusiennes et des fosses nasales. La muqueuse est épaissie mais il n'y a pas réellement de masse individualisable. L'hypothèse d'une tumeur nécrosée est peu probable, d'autant que des poches d'aspect identique sont à la fois visibles dans le sinus maxillaire et étendues à la fosse nasale et aux cellules ethmoïdales avec un relatif respect des parois de ces cellules compte tenu de la taille des lésions.

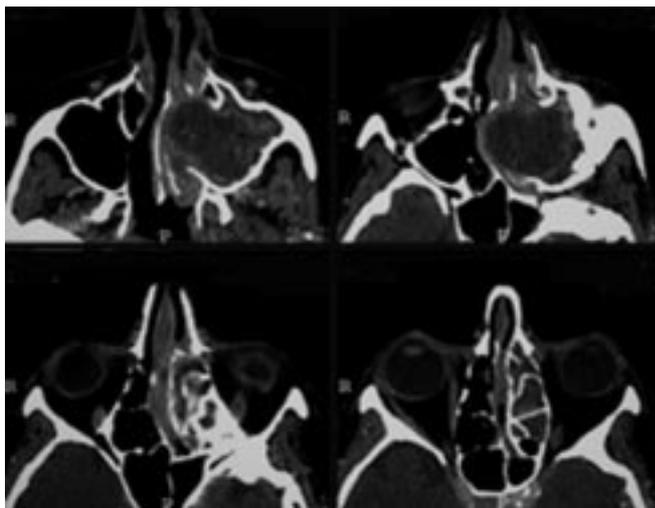


Fig. 3 : Acquisition scanographique après injection de produit de contraste iodé. Coupes transversales, fenêtres parenchymateuses.

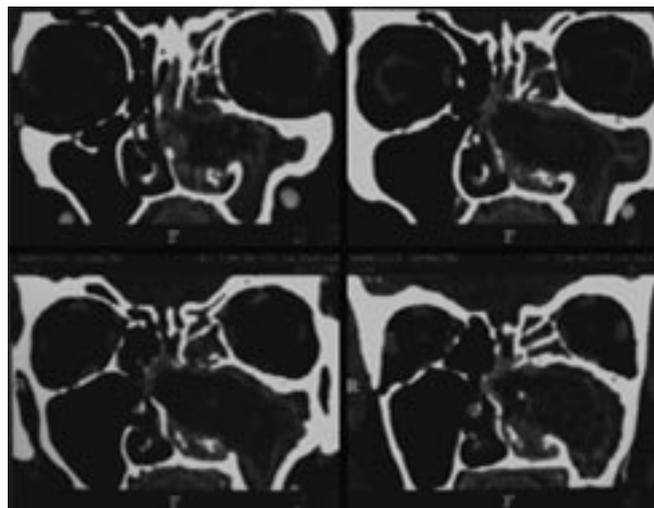


Fig. 4 : Scanner après injection de produit de contraste iodé. Reconstitutions coronales, fenêtres parenchymateuses.

Le diagnostic est donc bien celui de *sinusite pseudotumorale*. Le traitement a consisté en une méatotomie inférieure et moyenne ainsi qu'en une ethmoïdectomie partielle gauche par voie endoscopique et sous couverture antibiotique à large spectre pendant 10 jours.

Traumatismes des sinus de la face

C Chagnaud, O Leluc, S Jaoua, C Gandolfi-Raoux

ABSTRACT

Imaging of paranasal sinus trauma

The role of imaging in the management of maxillofacial trauma is to describe anatomical lesions and to detect complications and associated injuries. Plain films are still useful for minimal trauma, but CT-scan is the gold standard for complex trauma. Helical CT and multidetector row CT simplify the emergency imaging of horizontal struts (skull base, orbital floor, alveolar ridge and palate). The diagnosis, and sometimes the treatment of complications may require CT cisternography, MRI and angiography.

Learning objectives:

- review mechanisms and classification of paranasal sinuses trauma;
- present the imaging techniques with special emphasis on CT;
- describe paranasal sinuses trauma features and pseudo-fracture patterns;
- describe complications and associated injuries.

Key words: Paranasal sinuses, injury. Paranasal sinuses, CT.

J Radiol 2003;84:923-940

RÉSUMÉ

Le rôle de l'imagerie dans la prise en charge, souvent multi-disciplinaire, des traumatismes faciaux est de préciser les lésions anatomiques permettant de planifier la stratégie thérapeutique et de rechercher les complications et lésions associées. Si la radiographie standard garde une place pour l'exploration des lésions mineures, la tomодensitométrie est devenue l'examen de référence pour l'étude des traumatismes complexes. Le développement du scanner spiralé puis multi-coupes, grâce aux reconstructions coronales d'excellente qualité, simplifie l'exploration en urgence des structures horizontales (base du crâne, plancher de l'orbite, palais). Le diagnostic et parfois le traitement des complications fait appel à la cisternographie, à l'IRM, voire à l'angiographie.

Objectifs :

- rappeler les mécanismes et la classification des traumatismes des sinus de la face ;
- exposer les moyens d'exploration et leur mise en oeuvre en insistant sur la tomодensitométrie ;
- décrire la sémiologie des fractures du massif facial en signalant les images de pseudo-fractures ;
- décrire les lésions associées et les complications immédiates et retardées ainsi que les moyens d'imagerie diagnostique et thérapeutique.

Mots-clés : Massif facial. Sinus, traumatisme. Scanner.

Les traumatismes de la face et des sinus de la face sont fréquents, concernant essentiellement une population d'adultes jeunes de sexe masculin. En dépit des progrès de l'industrie automobile en matière de systèmes de protection contre les chocs (ceinture de sécurité, pare-chocs, coussins de sécurité) les accidents de la voie publique restent, avec les rixes, la première source de traumatisme. Les accidents de sport, du travail, les tentatives d'autolyse sont moins souvent impliqués. En dehors des zones de conflits armés, les traumatismes par armes à feu sont rares.

De gravité variable, ils exposent à des complications fonctionnelles, esthétiques et parfois vitales. Leur traitement bénéficie largement des progrès de la chirurgie maxillo-faciale (ostéosynthèse au fil, par mini-plaques et micro-plaques) aidée par les avancées de l'imagerie des deux dernières décennies.

Plusieurs éléments importants sont à garder en mémoire :

- La qualité des explorations d'imagerie désormais disponible ne doit en rien faire perdre de vue l'importance de l'examen clinique : un examen précoce exécuté par un chirurgien maxillo-facial expérimenté permet généralement de classer le traumatisme et de détecter les complications urgentes.
- La prise en charge des blessés de la face doit reposer sur la multidisciplinarité. En effet, peuvent être amenés à intervenir le chirurgien maxillo-facial, le chirurgien ORL, l'ophtalmologiste, le neurochirurgien, l'anesthésiste réanimateur et le radiologiste.
- L'association à des lésions de voisinage et tout particulièrement de l'encéphale et du rachis cervical est fréquente : le caractère parfois spectaculaire des lésions du massif facial ne doit pas faire négliger, bien au contraire, la recherche de lésions cérébrales et cervicales. À l'inverse, la prise en charge des lésions associées de pronostic vital plus sombre ne doit pas occulter celle des lésions du massif facial. En effet, le traitement chirurgical doit intervenir précocement pour éviter les phénomènes de rétraction des parties molles, de fibrose et d'ossification qui gênent l'acte chirurgical et compromettent les résultats fonctionnel et esthétique.

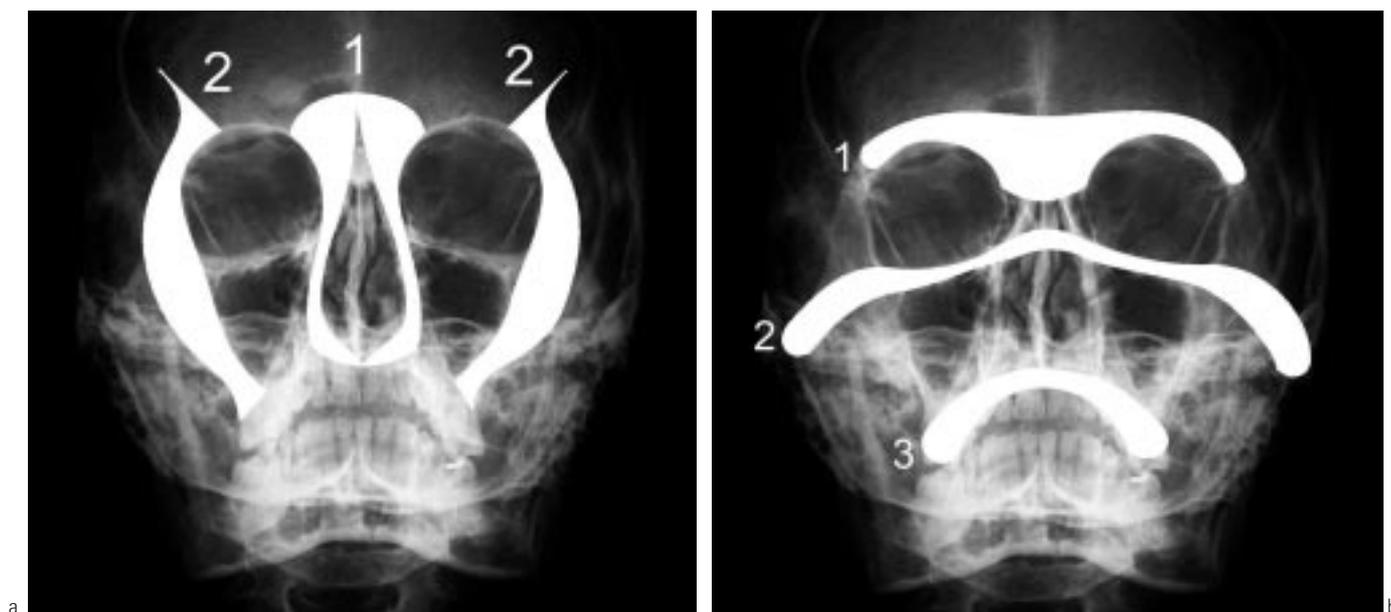


Fig. 1 : Architecture du massif facial. a : Piliers verticaux canin (1) et maxillo-zygomatiques (2). **b :** Poutres horizontales supra-orbitaire (1), infra-orbitaire (2) et maxillaire (3).

Fig. 1: Architecture of the face. a : canine (1) and maxillozygomatic (2) vertical struts. **b :** supraorbital (1), infraorbital (2) and maxillary (3) horizontal struts.

ANATOMIE ET BIOMÉCANIQUE

À l'exclusion notable de la paroi antéro-supéro-latérale du sinus maxillaire (corps de l'os zygomatique) et des parois antérieures et postérieures de la partie inférieure du sinus frontal, les sinus de la face se caractérisent par la finesse, parfois extrême, de leurs parois. Associés aux fosses nasales et aux orbites, les sinus réalisent un système de caissons essentiellement constitué d'os papyracé assurant légèreté, rigidité et grande surface muqueuse, encastré dans un entrelacs de piliers et de poutres constitués

d'os compact et dont les reliefs antérieurs et antéro-latéraux jouent le rôle des classiques pare-chocs : trois poutres horizontales, supérieure (supra-orbitaire), moyenne (infra-orbitaire) et



Fig. 2 : Radiographies standard : incidence de la Face Haute. Elle ne permet une analyse correcte que de la paroi médiale postérieure de l'orbite (1) et de la partie inférieure des parois du sinus maxillaire (2) et des fosses nasales (3).

Fig. 2: Plain films: the AP projection. The AP projection is limited to the analysis of the posterior aspect of the medial orbital wall (1) and the inferior aspects of the walls of the maxillary sinus (2) and of the nasal cavity (3).



Fig. 3 : Radiographies standard : incidence de Blondeau. L'analyse des lignes de Mc Gregor et Campbell permet de détecter les fractures intéressant les poutres horizontales du massif facial.

Fig. 3: Plain films: Caldwell view. The analysis of the Mc Gregor and Campbell lines allows the depiction of the horizontal struts fractures.



Fig. 4 : Radiographies standard : incidence de Waters. Lignes de Dolan et Jacoby.

Fig. 4: Plain films: Waters view. Dolan and Jacoby lines.

inférieure (maxillaire), soutenues par cinq piliers verticaux, un antérieur, double et médian (canin), deux latéraux (maxillo-zygomatiques) et deux postérieurs (ptérygoïdiens) (fig. 1). Cette architecture fine et complexe, modelée sous l'effet des pressions cérébrale, oculaire et linguale et des contraintes des muscles masticateurs, présente cependant une résistance majoritairement dans l'axe vertical et résiste beaucoup moins aux contraintes horizontales (antéro-postérieures et latérales). Lorsque les capacités de résistance des cintres sont dépassées (traumatisme appuyé du massif facial) ou contournées (blow-out), les sinus de la face se retrouvent directement exposés.

MÉCANISMES

Par leur situation centrale dans l'architecture crânio-faciale, leur organisation labyrinthique et leur contenu aérique, les sinus para-nasaux peuvent être lésés par plusieurs mécanismes :

- Traumatisme indirect transmis par le contenu orbitaire (blow-out).
- Impact direct : traumatisme des étages moyen et supérieur du massif facial.
- Irradiation de traits de fracture de structure de voisinage (voûte, étages moyen et postérieur de la base du crâne).
- Traumatismes pénétrants et balistiques.
- Traumatismes iatrogènes : accidents de l'intubation nasotrachéale ou naso-gastrique, de la chirurgie des sinus, de la neurochirurgie, de la chirurgie dentaire.
- Baro-traumatismes : accidents de dépression ou de surpression rencontrés dans la pratique de l'aéronautisme et de la plongée sous-marine.

IMAGERIE

Les objectifs de l'imagerie sont la détection des fractures, des déplacements et si possible la classification du type lésionnel, la

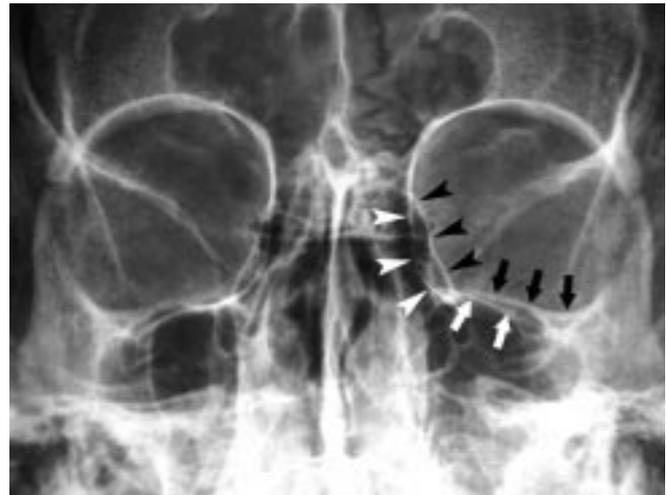


Fig. 5 : Radiographies standard : l'incidence dite du « plancher des orbites ».

Elle permet l'analyse des portions antérieure (tête de flèche blanche) et postérieure (tête de flèche noire) de la paroi médiale de l'orbite ainsi que du rebord orbitaire inférieur (flèches noires) et du plancher de l'orbite (flèches blanches).

Fig. 5: Plain films: the "orbital floor" projection. The "orbital floor" projection allows the analysis of the anterior (white arrowheads) and posterior (black arrowheads) aspects of the medial orbital wall, the inferior orbital rim (black arrows) and the orbital floor (white arrows).

recherche des complications et des lésions associées extra-faciales (mandibule, rachis cervical, encéphale en particulier). L'objectif final étant évidemment d'optimiser la prise en charge du patient en fournissant toute information utile au chirurgien. Même si les radiographies standard sont toujours pratiquées, au moins pour un dépistage grossier, l'arsenal diagnostique est largement dominé par la tomodensitométrie.

1. Radiographies standard

1.1. Incidences de face

1.1.1. Incidence de la face haute

D'intérêt limité, elle ne permet une bonne analyse que de la partie inférieure des fosses nasales et des sinus maxillaires ainsi que de la partie postérieure de la paroi médiale de l'orbite (fig. 2).

1.1.2. Incidences de Blondeau et de Waters

Elles autorisent l'étude des lignes de Mc Gregor et Campbell (fig. 3) ou les lignes de Dolan et Jacoby (fig. 4) (1). Elles ne permettent l'analyse ni de l'ethmoïde ni de la paroi inférieure de l'orbite (blow-out) compte tenu de leur obliquité par rapport à la lamelle osseuse (tout particulièrement pour l'incidence de Waters) : dans cette circonstance, on leur préférera l'incidence dite du plancher des orbites.

1.1.3. Incidence du plancher des orbites (fig. 5)

Intermédiaire entre la face haute et le Blondeau, elle aborde le plancher de l'orbite de manière tangentielle tout en permettant une analyse correcte de la paroi médiale de l'orbite. Elle est donc particulièrement intéressante dans les traumatismes de type blow-out.

1.2. Incidences axiales

Dans un contexte de traumatisme grave, l'incidence de Hirtz est délicate, voire dangereuse à réaliser (pour le rachis cervical en

particulier). Une variante peut être utile dans l'étude des fractures intéressant l'arcade zygomatique (arcade isolée, trépied), l'incidence de Becker, dite « Hirtz latéralisé ».

1.3. Incidence de profil

Souvent demandée par habitude, elle est en pratique peu utile car peu exploitée du fait des nombreuses superpositions, en dépit des précieux renseignements que des yeux aguerris peuvent en extraire (2). Elle reste intéressante pour les fractures du sinus frontal.

1.4. Panoramique dentaire

Très utile à l'étude des traumatismes associés de la mandibule, l'orthopantomogramme n'a pas d'intérêt particulier pour les traumatismes des étages moyen et supérieur du massif facial.

Deux études récentes concluent que la seule incidence de Waters est suffisante au dépistage des fractures (3, 4). L'analyse fine revenant sans conteste à la tomодensitométrie.

2. Tomодensitométrie

Elle s'est imposée comme l'examen de référence dans l'exploration des fractures complexes du massif facial. Les derniers développements techniques (rotation continue, acquisition hélicoïdale, détecteurs multibarrettes, amélioration de la qualité et de la rapidité des consoles de post-traitement) confortent cette position en réduisant les temps d'exploration et en améliorant très sensiblement la qualité des reconstructions secondaires (reformatages 2D, reconstructions 3D avec rendu de surface). L'exploration peut désormais être complète d'emblée même chez un polytraumatisé, sans prise de risques pour le rachis cervical.

Les protocoles varient en fonction d'une part des caractéristiques de l'appareillage et d'autre part du statut clinique du patient : s'il reste plus logique d'explorer un blow-out par des coupes axiales et coronales directes si l'appareil dont on dispose ne permet pas des reformatages coronaux d'excellente qualité, un patient polytraumatisé ne pourra bénéficier que d'un examen en coupes axiales avec reformatages coronaux et éventuellement obliques. Dans cette dernière situation et en l'absence d'un appareillage autorisant des reformatages 2D de qualité, une solution élégante consiste à réaliser des coupes quasi-coronales avec une inclinaison maximale du haut du statif vers les pieds (5). Certes les coupes ne sont pas réellement perpendiculaires au plancher et au toit des orbites, mais elles permettent toutefois un débrouillage frontal correct.

L'exploration comprend systématiquement une exploration du crâne et du rachis cervical chez un polytraumatisé, en cas de traumatisme violent et bien sûr devant des signes cliniques d'orientation chez un patient conscient.

Les acquisitions spiralées et la rapidité des consoles de post-traitement permettent désormais une utilisation clinique des reconstructions tri-dimensionnelles (6, 7). Celles-ci sont utiles dans deux circonstances :

- Compréhension générale d'un traumatisme complexe grâce aux reconstructions avec rendu de surface lorsque la reconstruction mentale ne permet pas d'appréhender de manière satisfaisante l'orientation générale des traits et des déplacements ;
- Calcul de volume, en particulier orbitaire dans les enophthalmies au stade de séquelles.

3. Examens spécifiques

Certaines situations particulières font recourir à des explorations plus sophistiquées : imagerie par résonance magnétique, artériographie diagnostique et thérapeutique, dacryocystographie et dacryo-scanner, cisterno-scanner. Nous les reverrons plus loin.

4. Description du traumatisme

L'analyse et le compte-rendu d'un scanner de traumatisme de la face, et tout particulièrement d'une fracture complexe, s'apparente à la construction d'un puzzle. Devant les 6 000 pièces d'un puzzle du marathon de New York franchissant le pont de Brooklyn, le joueur expérimenté ne commence ni par les grands pans uniformes de ciel bleu ni par les 60 000 petites fourmis en short mais par la construction des grandes lignes directrices : bords de l'image, piliers et tablier du pont, gratte-ciels de l'arrière plan. La stratégie d'analyse radiologique doit être la même : trouver la morphologie générale du traumatisme qui permet de le classer, puis rechercher les détails : extensions de traits, déplacements et petits fragments qui peuvent être la source de complications.

Cette approche consiste à passer en revue les constituants des poutres et piliers du massif facial. Pour cette analyse morphologique générale, le plan le plus éloquent dépend de la nature du complexe naso-ethmoïde-maxillo-fronto-orbitaire ou CNEMFO traumatisme : une fracture de type Le Fort, à composante essentiellement horizontale, se comprend beaucoup plus aisément sur des coupes coronales qu'axiales. À l'inverse, un traumatisme du CNEMFO se représente plus facilement sur des coupes axiales que sur des coupes coronales. Si la représentation mentale s'avère trop complexe, les reconstructions 3D surfaciques sont un complément utile à l'analyse générale.

L'analyse des détails nécessite par contre une lecture des deux plans de références et éventuellement de reconstructions sagittales voire obliques adaptées : ainsi, si la morphologie générale du CNEMFO s'apprécie en coupes axiales, les lésions associées du toit de l'ethmoïde se rechercheront sur les coupes coronales.

4.1. Détection des fractures

Elle repose sur des signes indirects et des signes directs et nécessite la connaissance des fausses images de fractures :

4.1.1. Signes indirects (fig. 6)

- tuméfaction ou déformation des parties molles ;
- épanchement sinusien qui à valeur d'orientation sachant qu'il existe toutefois de faux positifs liés à des kystes sous-muqueux ou à une sinusite préexistante ; par contre, l'absence d'épanchement au sein des sinus de la face élimine en pratique un trait de fracture intéressant leur paroi (8) ;
- emphysème des parties molles (emphysème sous-cutané, pneumocéphalie, pneumatocèle orbitaire) : il est favorisé par un étouffement ou un mouchage intempestif.

4.1.2. Signes directs (fig. 7)

- interruption, défaut, angulation ou chevauchement anormaux d'une corticale ;
- déplacement osseux ;
- absence d'un fragment osseux.

4.1.3. Fausses images de fracture

Elles sont liées aux sutures, canaux et variations anatomiques :



a	b
c	

Fig. 6 : Signes indirects de fractures : emphysème des parties molles. a : Emphysème jugal (astérisque) en rapport avec l'ouverture du sinus maxillaire par une fracture du trépied zygomatique (têtes de flèches). **b :** Emphysème orbitaire (têtes de flèches) lié à une fracture de la paroi médiale de l'orbite (blow-out médial). **c :** Pneumencéphalie : collections gazeuses dans les espaces sous-arachnoïdiens sous les lobes frontaux (têtes de flèche) signant une brèche ostéo-durale.

Fig. 6 : Indirect signs of fracture: soft-tissue emphysema. a : Emphysema of the cheek (asterisk) related to the opening of the maxillary sinus by a tripod fracture of the zygomatic bone (arrowheads). **b :** Orbital emphysema (arrowheads) related to a medial orbital wall blow-out fracture. **c :** Subarachnoid pneumocephalus (arrowheads) providing evidence of a dural tear.

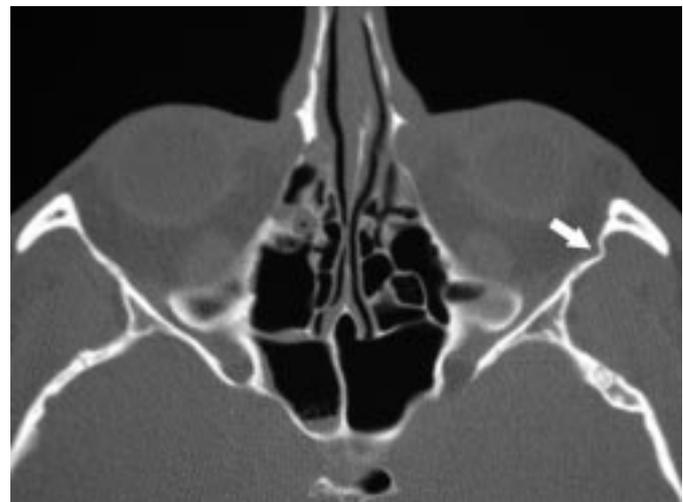
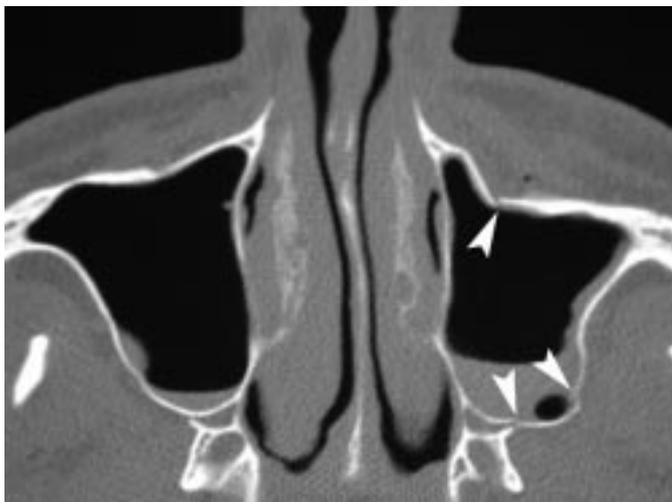
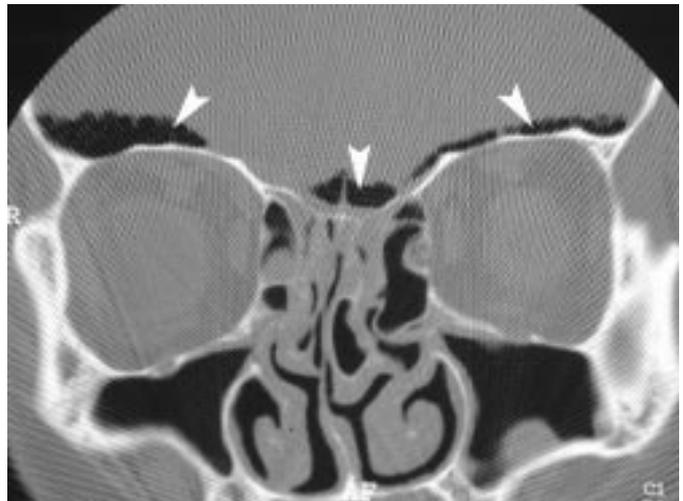


Fig. 7 : Signes directs de fracture. a : Solutions de continuité des paroi antérieure et postérieure du sinus maxillaire (têtes de flèche). **b :** Angulation anormale de la corticale de la paroi latérale de l'orbite (flèche).

Fig. 7 : Direct signs of fracture. a : Breaks in the anterior and posterior walls of the maxillary sinus (arrowheads). **b :** Abnormal cortical angulation of the lateral orbital wall (arrow).

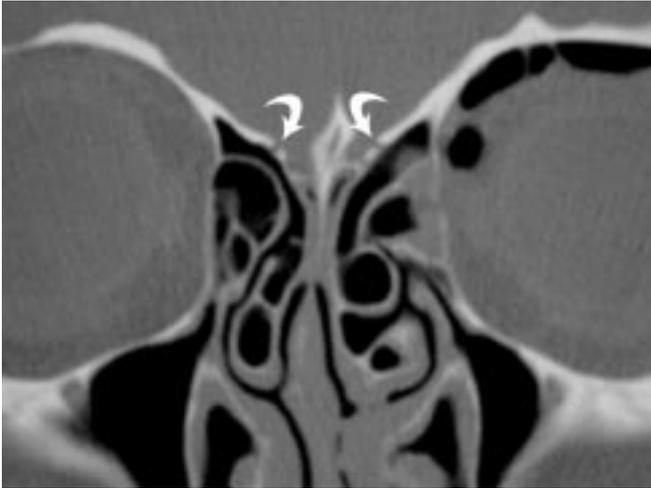


Fig. 8 : Fausse image de fracture. Les sutures fronto-ethmoïdales peuvent simuler des fractures du toit de l'ethmoïde (flèches courbes) sur les coupes TDM coronales.

Fig. 8 : Pseudo-fracture pattern. The ethmoidofrontal sutures may mimic fractures of the ethmoidal roof (curved arrows) on coronal CT scans.

– Sutures : bien connaître leur topographie permet de ne pas les prendre à tort pour des fractures. Il ne faut cependant pas oublier que certaines fractures (disjonctions) empruntent le trajet des sutures (par exemple, dans les fractures du trépied zygomatique) : on fera particulièrement attention à un élargissement, à un décalage ou à une angulation anormale, en comparant si possible au côté controlatéral (*fig. 8*).

– Canaux, foramens et fentes. C'est le cas par exemple du canal infra-orbitaire dans le plancher de l'orbite, du canal du nerf alvéolaire supérieure dans la paroi latérale du sinus maxillaire, de la fente sphéno-maxillaire sur les coupes axiales passant par la partie inférieure de l'orbite (*fig. 9*). Pour les canaux, l'impression fautive initiale est rapidement corrigée par l'analyse : dans le



Fig. 10 : Macro-déplacement. Fracture de Le Fort III + fracture du trépied zygomatique. La reconstruction TDM 3D avec rendu de surface objective le déplacement du massif facial en bas et à droite (petites flèches) et le déplacement de l'os zygomatique en bas et à gauche (grande flèche).

Fig. 10 : Gross displacement. Le Fort III and tripod fractures. The SSR-3D CT image shows a slight right downward displacement of the face (small arrows) and an important left downward displacement of the zygomatic bone (big arrow).



Fig. 9 : Fausse images de fractures. Sur les coupes TDM coronales, la suture fronto-zygomatique (tête de flèche), le canal infra-orbitaire (flèche droite) et le canal alvéolaire postéro-supérieur (flèche courbe) doivent être différenciés de fractures non déplacées.

Fig. 9 : Pseudo-fracture pattern. On coronal CT scans, the zygomaticofrontal suture (arrowhead), the infraorbital canal (straight arrow), and the posterior superior alveolar canal (curved arrow) must be distinguished from non-displaced fractures.

grand axe : visibilité sur une seule coupe en général ; dans le petit axe : aspect dense des berges. Une difficulté tient au fait que les canaux à parois fines sont des zones très fragiles qui peuvent être concernées par un trait de fracture et que le canal infra-orbitaire est parfois naturellement déhiscent.

– Variantes anatomiques : Il s'agit de zone de déhiscence inhabituelle d'une structure osseuse. La plus importante à connaître est



Fig. 11 : Micro-déplacement. Fracture du plancher de l'orbite (blow-out) : un discret déplacement inféro-médial du plancher (têtes de flèche) est responsable de l'occlusion de l'infundibulum du sinus maxillaire droit (flèche sinueuse). L'infundibulum du sinus maxillaire gauche est libre (flèche droite).

Fig. 11 : Micro-displacement. Blow-out fracture of the inferior orbital wall: a slight medial downward displacement of the orbital floor is responsible for the obstruction of the infundibulum (curved arrow). The left infundibulum is patent (straight arrow).

la déhiscence congénitale de la lame papyracée de l'éthmoïde (9). Elle peut prêter à confusion avec une fracture de la paroi médiale de l'orbite, soit isolément dans un mécanisme traumatique de type « blow-out », soit en association à fracture complexe. La zone de défaut osseux concerne la paroi latérale des cellules de la bulle éthmoïdale et ne s'étend jamais en arrière de l'implantation de la racine cloisonnante du cornet moyen. La déhiscence s'accompagne d'une saillie de la graisse orbitaire au sein des cellules de la bulle.

4.2. Description des déplacements

Deux types de déplacements sont à considérer. On pourrait parler de macro-déplacements et de micro-déplacements en référence non pas à l'importance du déplacement, mais au volume de la structure osseuse concernée :

- Macro-déplacement : déplacement en bloc d'un secteur du massif facial : recul-enfoncement global du complexe naso-éthmoïdal dans les CNEMFO ; translation, rotation de l'os zygomatique dans les lésions du trépied. Les reconstructions 3D de surface facilitent la compréhension de ce type de déplacement (fig. 10).
- Micro-déplacement : déplacement de petits fragments osseux qui sont source de complications : occlusion du canal lacrymonasal, esquille osseuse embrochant un muscle extrinsèque de l'œil ou rétrécissant le canal optique (fig. 11).

4.3. Recherche et prise en charge des complications

De gravités variées, les complications mettent en jeu le pronostic vital, fonctionnel ou esthétique. Elles concernent non seulement les sinus, mais surtout, les structures de voisinage ou cheminant dans les parois des sinus et des fosses nasales :

- Complications sinusiennes : dysfonctionnement naso-sinusal responsable de sinusite ou de mucocèle, contamination septique (fistule bucco-sinusal).
- Complications ophtalmologiques pouvant concerner le globe, la musculature extrinsèque, l'appareil palpébral, l'appareil lacrymal, le nerf optique et les nerfs oculo-moteurs.
- Complications vasculaires : épistaxis, fistule carotido-caverneuse, faux anévrysmes carotidiens.
- Complications neurologiques : brèche ostéo-durale, lésion du nerf infra-orbitaire, lésions des filets olfactifs.
- Complications occlusales et masticatoires.
- Complications esthétiques.

Le rôle de l'imagerie est triple :

- Expliquer, c'est-à-dire rapporter un symptôme à une anomalie anatomique précise, des lésions différentes pouvant avoir une traduction clinique voisine.
- Anticiper : attirer l'attention sur une lésion potentiellement source de complication, d'autant que l'état du patient ne permet pas toujours un examen approfondi (coma, sédation). Chaque type de fracture expose plus volontiers à telles ou telles complications.
- Participer au traitement, en particulier dans la prise en charge des hémorragies incoercibles.

TRAUMATISMES DE TYPE « BLOW-OUT »

Ils résultent d'un mécanisme particulier, la brutale augmentation de la pression intra-orbitaire par impact d'un objet de faible taille, balle de tennis par exemple, sur la face antérieure du globe

oculaire provoquant une fracture de la paroi inférieure ou de la paroi médiale de l'orbite, voire des deux, avec dans leur forme dite « pure », respect du rebord orbitaire. Les formes intéressantes du toit de l'orbite sont exceptionnelles.

Les complications sont principalement ophtalmologiques (limitations des mouvements verticaux et horizontaux du globe, diplopie, enophtalmie, cécité) et neurologiques (anesthésie dans le territoire du nerf infra-orbitaire).

Les incidences de Waters et de Blondeau ne permettent pas toujours de les détecter. L'incidence de choix est celle dite « du plancher des orbites ».

Les signes sont essentiellement indirects : – Dans les fractures du plancher : emphysème orbitaire, épanchement dans le sinus maxillaire, opacité en goutte de tonalité hydrique appendue au plancher et saillant dans le sinus maxillaire (fig. 12) ;

– Dans les fractures de la paroi médiale : opacité en projection des cellules éthmoïdales homolatérales, emphysème orbitaire. La détection des signes directs est favorisée par la reconnaissance des lignes orbitaires (10).

Les radiographies standard sont cependant insuffisantes : elles sont tenues en échec notamment lorsque le déplacement est nul ou minime et ne permettent pas une analyse satisfaisante de l'étendue de la fracture et d'une incarceration musculaire ou graisseuse : la tomodensitométrie reste indispensable.

Celle-ci recherche :

- le ou les foyers de fracture, la surface de paroi concernée ;
- l'importance du déplacement de la paroi (en comparant au côté controlatéral) ;
- l'éventuelle mais rare extension des traits vers l'apex orbitaire ;
- la présence d'un hématome intra-orbitaire exposant à un syndrome de loge ou à la compression du nerf optique ;
- la nature et le volume d'une éventuelle incarceration du contenu orbitaire dans le foyer de fracture.

1. Fracture du plancher de l'orbite

C'est la plus fréquente. On en décrit deux formes :

– la forme « punched-out » dans laquelle les fragments osseux du plancher font saillie dans le sinus maxillaire (fig. 13). Elle se complique plus particulièrement d'enophtalmie par augmentation de volume de l'orbite et chute du globe oculaire.

– la forme « trap-door », dans laquelle les fragments osseux fracturés réintègrent pratiquement leur position initiale, tels la porte d'une trappe se refermant spontanément après qu'on l'ait entrebâillée. Elle expose à l'incarcération ou au dysfonctionnement du muscle droit inférieur.

Deux plans de coupes sont particulièrement utiles : le plan coronal (coronal direct ou reformatage 2D d'excellente qualité) et le plan sagittal oblique dans le grand axe du muscle droit inférieur (reformatage 2D) (fig. 14).

– Le plan coronal situe le trait de fracture par rapport au canal infra-orbitaire et détecte un rétrécissement de celui-ci, apprécie le degré de comminution du foyer et l'importance de l'abaissement du plancher en comparant à l'orbite controlatérale, recherche un hématome orbitaire et une fracture associée de la paroi médiale.

– Les coupes sagittales obliques apprécient l'étendue antéro-postérieure du foyer et recherchent une distorsion du muscle droit inférieur. Notons qu'il peut exister une limitation de la mobilité du globe, objectivée par les tests de duction forcée, même en l'absence d'incarcération musculaire : l'incarcération de la graisse extra-cônale, qui contient de fins tractus conjonctifs reliant



Fig. 12 : Fracture de type blow-out du plancher de l'orbite. Radiographie standard : l'incidence de Blondeau met en évidence une opacité en goutte de tonalité hydrique appendue à la paroi supérieure du sinus maxillaire (têtes de flèche) et l'intégrité du rebord orbitaire inférieur.

Fig. 12: Blow-out fracture of the orbital floor. Plain film: the Caldwell view discloses a drop-like opacity protruding in the maxillary sinus from the orbital floor (arrowheads) and the integrity of the inferior orbital rim.

l'aponévrose musculaire à la péri-orbite peut suffire. En outre, la limitation de la mobilité active peut être liée à une contusion des muscles ou des nerfs oculo-moteurs ; dans ce cas, les tests de duction forcée sont négatifs.

2. Fracture de la paroi médiale de l'orbite

Moins fréquente que la fracture de la paroi inférieure, elle serait toutefois associée à celle-ci dans 50 % des cas. Ses conséquences fonctionnelles sont généralement moins graves. Elles peuvent toutefois s'accompagner d'une incarceration du muscle droit interne ou plus fréquemment de la graisse orbitaire, d'une enophtalmie de révélation parfois tardive et favoriseraient les infections de l'orbite. Les objectifs de la tomodensitométrie sont les mêmes que pour les lésions du plancher. Les plans de coupes de références sont les plans axial et coronal (*fig. 15*). Les fractures

ignorées exposent comme les déhiscences congénitales de la lame papyracée aux accidents oculaires de la chirurgie endoscopique des sinus de la face.

FRACTURES COMPLEXES DES ÉTAGES MOYEN ET SUPÉRIEUR DU MASSIF FACIAL

1. Fractures latéro-faciales

Secondaires à un impact latéral, elles s'accompagnent de déformations de la pommette, de dystopie canthale latérale et de lésions oculaires et orbitaires. Il en existe plusieurs formes, zygomato-maxillaires, zygomato-frontales et zygomato-sphéno-temporales.

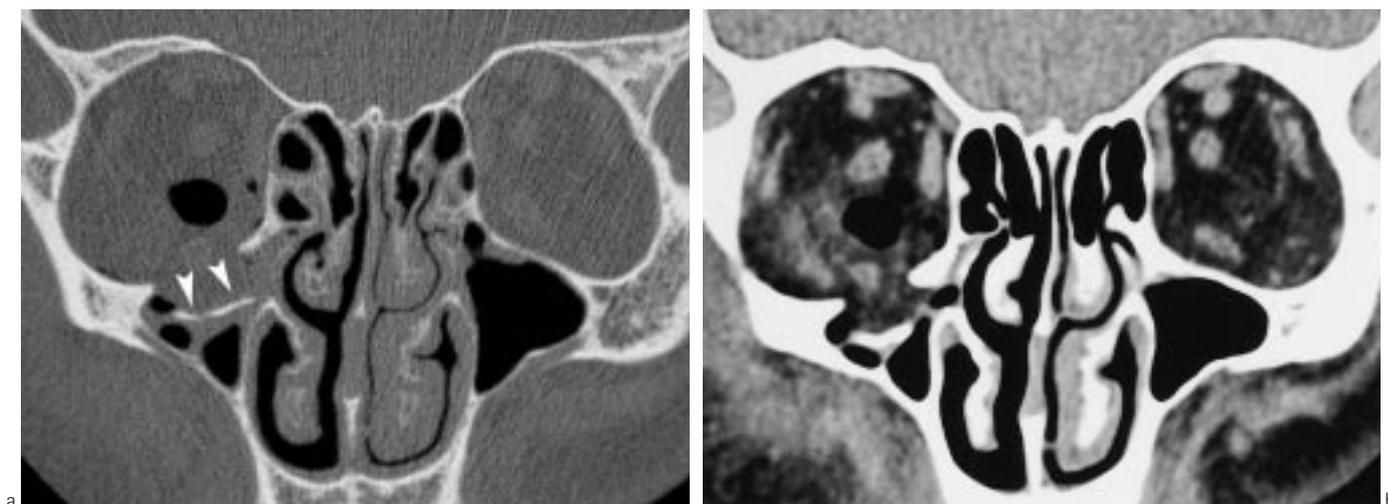


Fig. 13 : Fracture blow-out du plancher de l'orbite de type « punched-out ». **a** : Coupe TDM coronale, fenêtre « osseuse » : déplacement inférieur marqué d'un vaste fragment du plancher de l'orbite. **b** : Coupe TDM coronale, fenêtre « parties molles » : la chute du contenu orbitaire vers le sinus maxillaire ne gêne pas le muscle droit inférieur mais peut provoquer une diplopie et une enophtalmie.

Fig. 13: "Punched-out" inferior orbital wall blow-out fracture. **a**: Coronal CT scan, bone window setting: marked inferior displacement of the orbital floor (arrowheads). **b**: Coronal CT scan, soft tissue window setting: the fall of the orbital content into the maxillary sinus may induce diplopia and enophtalmos.

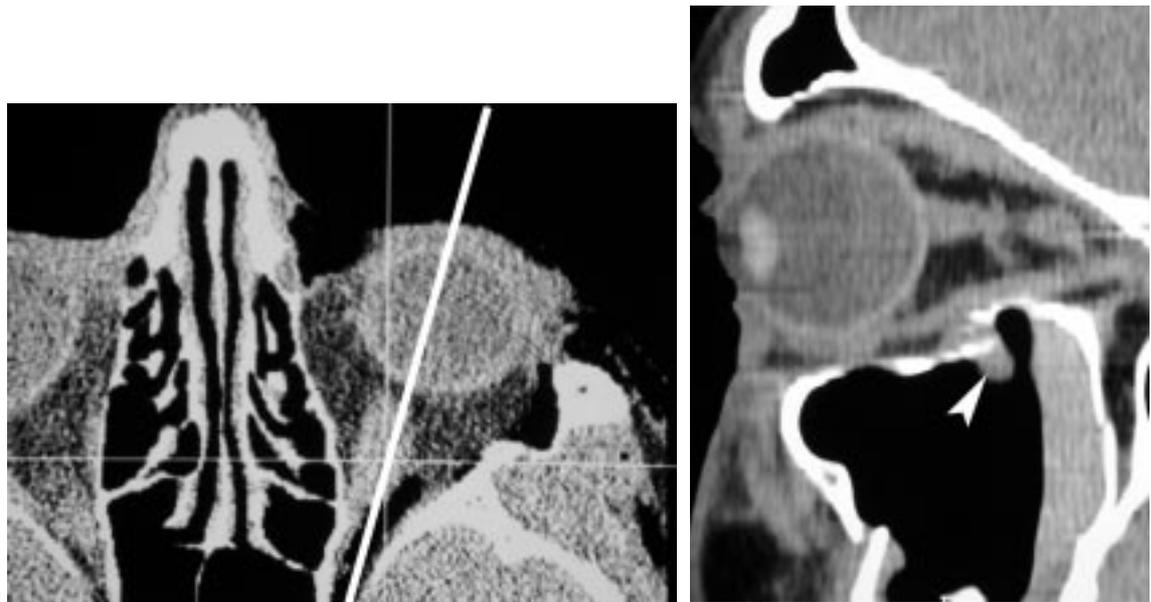


Fig. 14 : Fracture blow-out du plancher de l'orbite : reformatage TDM sagittal oblique. **a** : Les coupes sont positionnées parallèlement au muscle droit inférieur. **b** : L'opacité en goutte saillant au travers du foyer de fracture vers le sinus maxillaire (tête de flèche) ne correspond ni à du muscle droit inférieur, ni à de la graisse orbitaire, mais à un hématome.

Fig. 14: Blow-out fracture of the inferior orbital wall: sagittal oblique reformatted CT scan. **a**: the sagittal oblique reformatted scans are parallel to inferior rectus muscle. **b**: the drop like opacity protruding through the fracture into the maxillary sinus is neither the inferior rectus muscle nor some orbital fat, but a hematoma.

Les fractures zygomato-maxillaires ou fractures du trépied zygomatique sont très fréquentes car la saillie antéro-latérale du zygomatique est très exposée. Le corps de l'os résiste au traumatisme, mais ses trois implantations sur le massif facial cèdent (« colosse aux pieds d'argile ») : disjonction zygomato-frontale ou fracture du processus frontal du zygomatique, disjonction temporo-zygomatique ou fracture plus ou moins comminutive de l'arcade zygomatique en avant ou en arrière de la suture, fracture zygomato-maxillaire, le plus souvent en dehors du canal

infra-orbitaire. La fracture interrompt donc les rebords latéral et inférieur de l'orbite et l'arcade zygomatique et ouvre le sinus maxillaire. L'extension postérieure de la fracture est variable : paroi postérieure du sinus maxillaire, plancher de l'orbite, fente sphéno-maxillaire, grande aile du sphénoïde. Lors de traumatisme violents, il peut se produire en outre une fracture du corps du zygomatique ou une association à une fracture plus complexe du massif facial, l'os zygomatique jouant le rôle de coin : trépied + Le Fort II ou III.



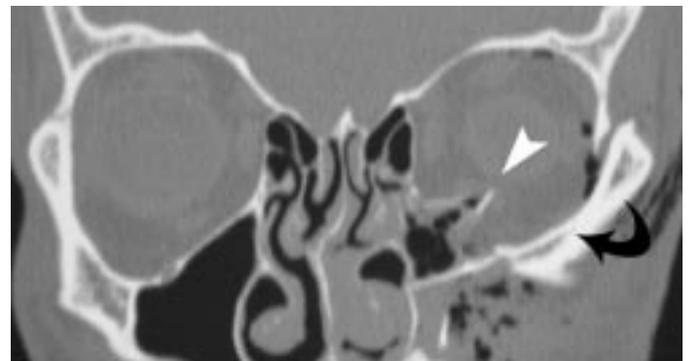
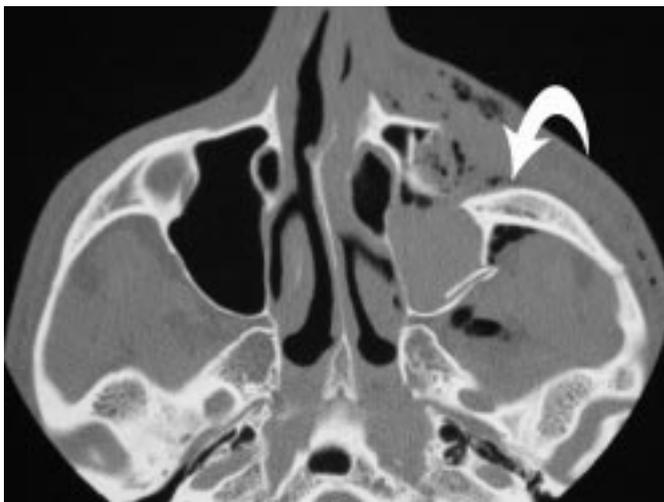
Fig. 15 : Fracture « blow-out » de la paroi médiale de l'orbite. **a** : Coupe TDM axiale en fenêtre « osseuse » : déplacement médial de la partie antérieure de la paroi médiale de l'orbite (têtes de flèche) avec emphysème palpébral et orbitaire (étoiles). **b** : Coupes TDM coronale en fenêtre « parties molles » : incarceration de graisse orbitaire dans les cellules de l'ethmoïde antérieur (flèche).

Fig. 15: Medial orbital wall blow-out fracture. **a**: Axial CT scan, bone window setting: medial displacement of the anterior aspect of the medial orbital wall (arrowheads) with eyelid and orbital emphysema (stars). **b**: Coronal CT scan, soft-tissue window setting: orbital fat entrapment in anterior ethmoidal cells (arrowheads).



Fig. 16 : Fracture du trépied zygomatique : radiographie standard. L'incidence de Blondeau met en évidence des signes indirects de fractures (opacité du sinus-maxillaire droit en rapport avec un hémosinus (astérisque) et des signes directs (interruption des lignes de Dolan et Jacoby au niveau de l'arcade zygomatique (tête de flèche) et des parois latérale (flèche) et inférieure (flèche courbe) de l'orbite.

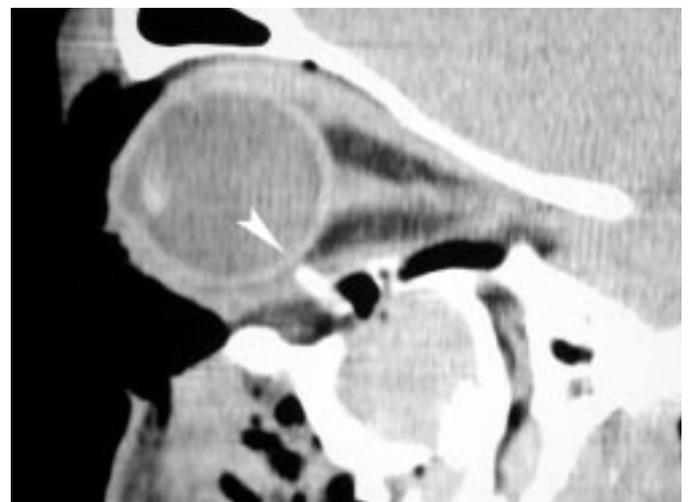
Fig. 16: Tripod fracture of the zygomatic bone: plain film. The Caldwell view shows indirect sign of fracture (soft-tissue density in the maxillary sinus related to blood) and direct signs (breaking of the Dolan and Jacoby lines by the zygomatic arch (arrowhead) and the lateral (arrow) and inferior (curved arrow) orbital walls).



a | b
| c

Fig. 17 : Fracture du trépied zygomatique. Tomodensitométrie. Rotation du corps de l'os zygomatique selon un axe vertical (**a** — flèche courbe blanche) et un axe antéro-postérieur (**b** — flèche courbe noire) ; embrochage du muscle droit inférieur par une esquille osseuse menaçant le globe oculaire (tête de flèche) bien mis en évidence par la reconstruction 2D sagittale oblique (**c**).

Fig. 17: Tripod fracture of the zygomatic bone. CT-scan. Rotation of the zygomatic bone with vertical axis (**a** — white curved arrow) and anteroposterior axis (**b** — black curved arrow); encroachment of the inferior rectus muscle by a bony splinter (arrowhead) best disclosed by the sagittal oblique reformatted CT-scan (**c**).



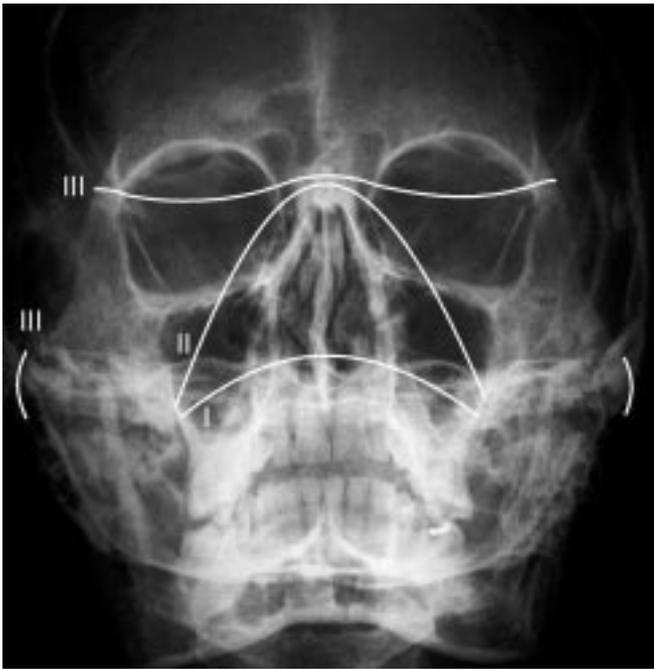


Fig. 18 : Fractures horizontales de Le Fort I, II et III.

Fig. 18: LeFort I, II and III fractures.

Les radiographies standard (Blondeau, Waters) détectent les foyers de fractures précédemment décrits (interruption des lignes de Dolan et Jacoby) mais sont insuffisantes pour apprécier les extensions postérieures (fig. 16). La réalisation d'une incidence de Hirtz pour juger de l'état de l'arcade zygomatique ne se conçoit que si une lésion du rachis cervical est formellement éliminée, d'autant que les explorations se poursuivent le plus souvent par un examen tomodensitométrique (fig. 17). Celui-ci recherche et apprécie :

- les extensions postérieures de la fracture et leur degré de comminution : plancher et paroi latérale de l'orbite, voire apex orbitaire et corps du sphénoïde ;

- l'éventuel déplacement du corps du zygomatique : translation (latérale, médiale avec impaction du zygomatique dans le sinus maxillaire, inférieure ou postérieure) et/ou rotation autour d'un axe vertical ou horizontal. Les reconstructions 3D de surface sont alors utiles à la compréhension du déplacement ;
- les complications : orbitaires (hématome, embrochage ou incarceration musculaire), nerveuses (lésion du canal infra-orbitaire) et masticatoire (embrochage du muscle temporal par l'arcade).

2. Fractures occluso-faciales

Il s'agit de fractures survenant après un choc médian ou latéral (et dans ce cas souvent associées à une fracture de l'os

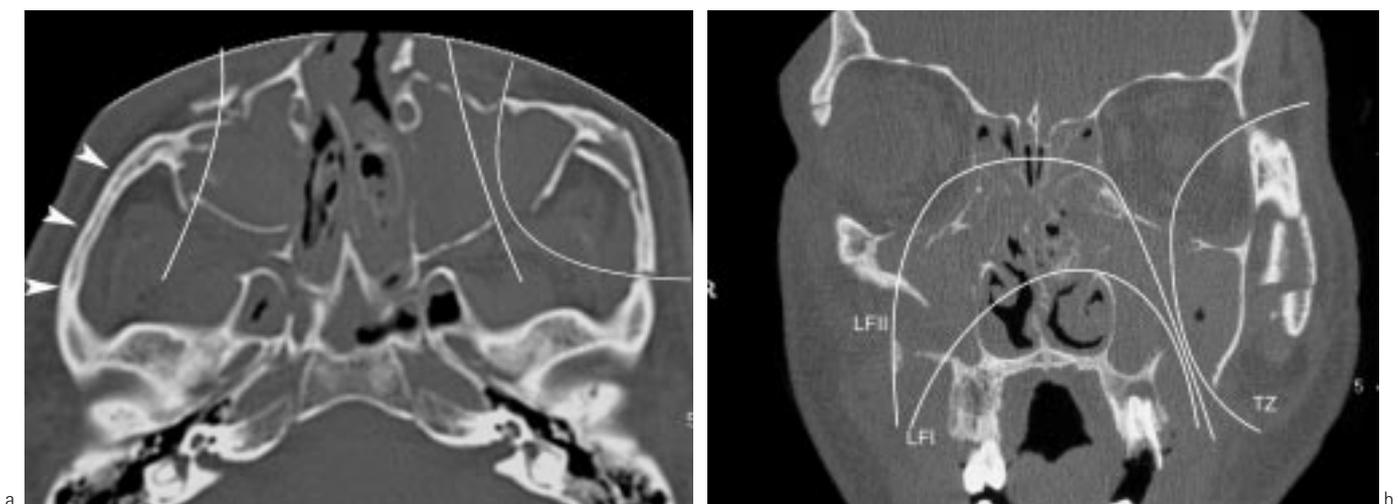


Fig. 19 : Fractures de Le Fort combinées. a : Coupe TDM axiale. Fractures de parois antérieure et postérieure des deux sinus maxillaires ; fracture de l'arcade zygomatique gauche. L'arcade zygomatique droite est intacte (têtes de flèches). **b :** Coupe TDM coronale montrant les 3 traits de fractures : Le Fort I (LFI) + Le Fort II (LFII) + trépied zygomatique gauche (TZ).

Fig. 19: Multiple Le Fort fractures. a : Axial CT scan. Fractures of the anterior and posterior wall of the maxillary sinuses and of the left zygomatic arch. The right zygomatic arch is intact (arrowheads). **b :** The coronal CT scan shows the three fracture lines: Le Fort I (LFI) + Le Fort II (LFII) + left tripod (TZ).



a	b
c	

Fig. 20 : Hémi-Le Fort I + Disjonction intermaxillaire (DIM). **a** : Coupe TDM axiale : trait sagittal médian sur l'arcade maxillaire (têtes de flèche). **b** : Coupe TDM coronale antérieure. Trait sagittal de la DIM (tête de flèche) ; fracture de la paroi latérale du sinus maxillaire gauche (flèche). **c** : Coupe TDM coronale postérieure. Trait horizontal sur le processus ptérygoïdien gauche (flèche).

Fig. 20: Half Le Fort I + intermaxillary disjunction. **a**: Axial CT scan: median sagittal fracture of the maxillary alveolar ridge (arrowhead). **b**: Anterior coronal CT scan. Sagittal fracture (arrowhead) and fracture of the lateral wall of the left maxillary sinus (arrow). **c**: Posterior coronal CT scan. Horizontal fracture of the pterygoid plate (arrow).

zygomatique) et s'accompagnant d'un trouble de l'occlusion dentaire. Elles comprennent des fractures horizontales et des fractures sagittales.

2.1. Fractures horizontales

Bilatérales et souvent quasi symétriques, ce sont les classiques fractures de Le Fort (*fig. 18*). En fait, elles peuvent être asymétriques (hémi-Le Fort II + hémi-Le Fort III controlatéral), ou associées entre elles (Le Fort II + Le Fort III) ou à d'autres fractures (Le Fort II ou III + trépied zygomatique, Le Fort II ou III + CNEMFO...).

Elles ont en commun un trait de direction générale horizontale traversant le massif facial et intéressant les processus ptérygoïdes et une mobilité anormale de l'arcade maxillaire par rapport au crâne.

2.1.1. Le Fort I ou fracture supra-alvéolaire

Elle résulte d'un choc médio-facial violent sur l'arcade maxillaire. Les radiographies standard (incidence de la face haute et profil) sont généralement suffisantes et en l'absence de doute radio-clinique, l'exploration TDM n'est pas indispensable. Les coupes coronales mettraient en évidence un trait horizontal au dessus du palais osseux, intéressant la partie inférieure de toutes les parois des sinus maxillaires et la partie inférieure des processus ptérygoïdes.

Les complications sont occlusales : troubles de l'articulé dentaire en cas de réduction incorrecte.

2.1.2. Le Fort II ou fracture pyramidale

Le mécanisme est un choc médiofacial descendant sur la région nasale. Dans la forme isolée, les coupes tomодensitométriques coronales objectivent une fracture, grossièrement en V inversé, intéressant la paroi latérale des sinus maxillaires, le plancher des orbites, les lames papyracées et les labyrinthes ethmoïdaux ; les parois latérales des orbites sont intactes (*fig. 19*). En arrière, le trait passe par la partie moyenne des processus ptérygoïdes. Les coupes axiales confirment l'intégrité des os et arcades zygomatiques. Les risques particuliers sont liés à la fracture du plancher des orbites (lésion du nerf infra-orbitaire, diplopie, enophtalmie) et à la possible association à une fracture centro-faciale (rhino-rhée, larmolement, dystopie canthale interne).

2.1.3. Le Fort III ou disjonction cranio-faciale

Les radiographies standard peuvent détecter les traits zygomatiques et orbitaires. La tomодensitométrie montre la fracture des arcades zygomatiques sur les coupes axiales ; les coupes coronales mettent en évidence les fractures des parois latérales et médiales des orbites et de la partie supérieure des processus ptérygoïdes. Ses complications sont essentiellement neurologiques : lésions intra-crâniennes associées, lésions des paires crâniennes

(apex orbitaire ou canal optique : nerf optique ; fente sphénoïdale : III, IV, VI et V1).

2.2. Fracture sagittale ou disjonction intermaxillaire (DIM)

Elle s'associe à une fracture transversale unilatérale (hémi-Le Fort I/ hémi-Le Fort II) ou à une fracture transversale complète symétrique ou asymétrique. En tomodynamométrie, aussi bien les coupes axiales que coronales montrent le trait médian ou paramédian sur le palais osseux (*fig. 20*). Associée à une fracture de Le Fort II ou III, la DIM majore le risque de rhinorrhée : on sera donc particulièrement attentif à la recherche d'une pneumocéphalie et d'une extension du trait sagittal au toit de l'ethmoïde sur les coupes coronales.

3. Fractures du bandeau frontal

Leurs risques sont esthétiques et infectieux. Si les radiographies standard de profil détectent facilement les embarrures de la paroi antérieure du sinus, elles sous-évaluent les atteintes de la paroi postérieures et ignorent les éventuelles extensions inférieures des traits vers le canal naso-frontal et l'ethmoïde qui conditionnent l'attitude thérapeutique (réparation, oblitération ou crânialisation) (11). Le recours à la tomodynamométrie est donc souhaitable.

4. Fractures centro-faciales

Selon la direction, la surface, la force et le point d'impact, ces traumatismes sont de complexité fort variable allant de la simple fracture des os nasaux à l'enfoncements du complexe naso-ethmoïdo-maxillo-fronto-orbitaire (ou CNEMFO). Elles peuvent être isolées ou associées à d'autres fractures céphaliques (Le Fort II et III, fractures cranio-faciales).

L'enfoncement du CNEMFO expose aux brèches ostéo-durales (lame criblée, paroi postérieure du sinus frontal), aux hémorragies (artère éthmoïdale antérieure), aux lésions des voies lacrymales (canal lacrymo-nasal), aux lésions orbitaires, oculaires et palpébrales (nerf infra-orbitaire, nerf supra-trochléaire, nerf infra-trochléaire, muscles extrinsèques) à l'obstruction des fosses nasales et du canal naso-frontal (risque de mucocele), aux associations à des lésions intra-crâniennes.

Les radiographies standard sont inopérantes. La tomodynamométrie détermine les pièces osseuses concernées par la fracture et leur déplacement : os nasaux toujours, os maxillaires (au minimum les processus frontaux), labyrinthes ethmoïdaux, cloison nasale (lame perpendiculaire de l'ethmoïde, vomer), parois des orbites (lames papyracées de l'ethmoïde, os lacrymaux, os maxillaires, os zygomatiques, os frontaux, voire grandes ailes du sphénoïde), sinus frontaux (paroi antérieure, paroi postérieure).

Le degré de l'impaction et du recul du CNEMFO s'apprécie sur les coupes axiales.

On recherche également (*fig. 21*) :

- des lésions du canal lacrymo-nasal (sténose, occlusion) sur les coupes axiales ;
- la déformation de la cloison et l'obstruction des fosses nasales sur les coupes axiales et coronales ;
- des signes de brèche ostéo-durale : pneumocéphalie, fractures de la lame criblée et de la paroi supérieure de la partie inférieure des sinus frontaux sur les coupes coronales ; paroi postérieure du sinus frontal sur les coupes axiales ;

- des lésions nerveuses : canal infra-orbitaire sur les coupes coronales ;
- des lésions musculaires : embrochage, incarceration, déformation des muscles extrinsèques de l'œil sur les coupes axiales et coronales ;
- des lésions associées : si le CNEMFO absorbe une partie de l'énergie de l'impact, il ne protège que partiellement l'encéphale et ses enveloppes : la recherche de lésions cérébrales traumatiques par un scanner cérébral est impératif (12).

IRRADIATION DES FRACTURES DE LA BASE ET DE LA VOÛTE DU CRÂNE

Les fractures de l'étage antérieur concerne de manière constante une paroi sinusienne (paroi postéro-supérieure du sinus frontal, toit ethmoïdal, sinus sphénoïdal). Plus facile à méconnaître sont les extensions antérieures des fractures longitudinales du rocher. L'extension du trait, de direction diagonale, se fait naturellement vers le canal optique, le sinus caverneux et le sinus sphénoïdal. Il est donc de bonne pratique, lors de l'exploration TDM de telles fractures, de compléter l'examen, initialement centré sur la pyramide pétreuse, par une reconstruction des coupes axiales en champs plus large incluant la totalité du corps du sphénoïde.

Les fractures de la voûte frontale à direction sagittale peuvent irradier aux parois d'un sinus frontal. Le trait est généralement linéaire, non comminatif, mais expose cependant à une brèche ostéo-durale en communication avec les cavités aériennes (*fig. 22*).

TRAUMATISMES PAR ARMES À FEU

Les lésions de la face induites par les armes à feu sont de nature et de gravité extrêmement variables, dépendant de la nature, du nombre et de l'énergie des projectiles, de la distance de tir et des obstacles osseux rencontrés se comportant comme des projectiles secondaires.

Les objectifs de l'imagerie sont globalement les mêmes que pour les traumatismes classiques, avec certains éléments plus spécifiques :

- reconstitution du trajet du ou des projectiles ;
- localisation des corps étrangers : certains auteurs préconisent l'ablation systématique des corps étrangers métalliques situés au sein des fosses nasales ou des cavités sinusiennes, à cause du risque d'inflammation chronique et de développement de pathologie maligne liés au contact prolongé avec les métaux (13) ;
- évaluation des pertes de substances, osseuses en particulier, pour la planification de la reconstruction provisoire par prothèse en résine ou définitive par greffons osseux ;
- recherche de lésions à distance du trajet apparent, provoquées par l'onde de choc (dissection carotidienne par exemple).

Malgré les artefacts liés aux fragments métalliques multiples, la tomodynamométrie est l'examen le plus adapté (*fig. 23*). Plus encore que pour les autres types de traumatisme, l'IRM est à proscrire en l'absence de renseignements fiables sur la composition des projectiles (14).

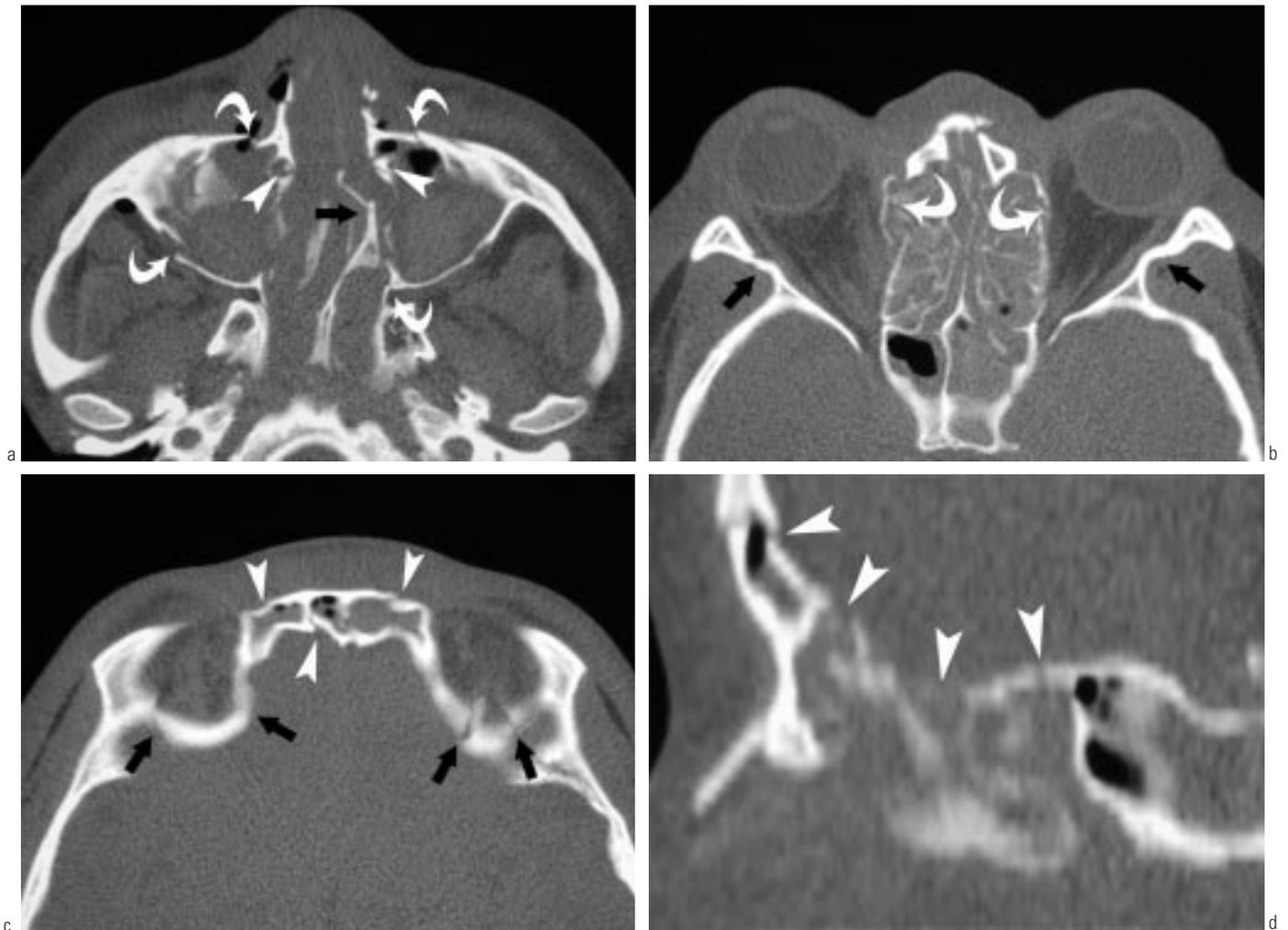


Fig. 21 : Fracture-enfoncement du CNEMFO : Tomodensitométrie. a : Fractures des parois antérieures et postérieures des sinus maxillaires (flèches courbes), fractures et sténoses des canaux lacrymo-nasaux (têtes de flèche), plicature de la cloison nasale (flèche noire) responsable d'une obstruction de la fosse nasale gauche. **b :** Recul et élargissement de l'ethmoïde antérieure (flèches courbes). Fractures de la paroi latérale des orbites (flèches noires). **c :** Fractures multiples des parois du sinus frontal (têtes de flèche) et du toit des orbites (flèches noires). **d :** Reconstruction TDM sagittale mettant en évidence 4 sites possibles de brèche ostéo-durale intéressant la paroi postérieure du sinus frontal et le toit de l'ethmoïde (têtes de flèches).

Fig. 21: Fracture of the naso-ethmoido-orbital complex: CT-scan. a: fractures of the anterior and posterior walls of the maxillary sinuses (curved arrows); fracture with stenosis of the nasolacrimal ducts (arrowheads); fracture and angulation of the nasal septum responsible for nasal obstruction (black arrows). **b:** posterior displacement and widening of the anterior ethmoid (curved arrows); lateral orbital walls fractures (black arrows). **c:** multiple fractures of the frontal sinuses walls (arrowheads) and of the orbital roofs (black arrows). **d:** the sagittal reformatted CT scan discloses at least four potential dural tears on the posterior wall of the frontal sinus and the ethmoidal roof (arrowheads).

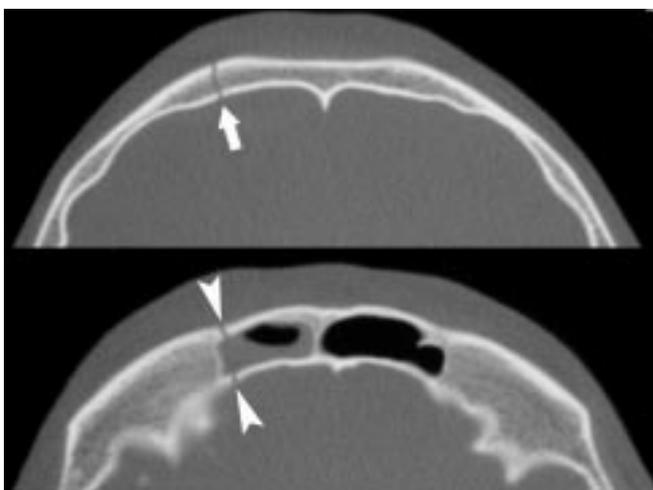


Fig. 22 : Extension d'une fracture de la voûte. Le trait linéaire de la voûte en région frontale (flèche) se prolonge au niveau des parois antérieure et postérieure du sinus frontal droit (têtes de flèche) exposant à une brèche ostéo-durale ouverte dans le sinus. L'épanchement dans le sinus droit peut correspondre à du sang ou à du LCR.

Fig. 22: Extension of a cranial vault fracture. The straight fracture line of the frontal vault (arrow) extends toward the anterior and posterior walls of the frontal sinus (arrowheads) with potential dural tear in the sinus. The fluid collection within the right sinus may represent blood or CSF.

TRAUMATISMES IATROGÈNES

1. Complications de la chirurgie des sinus de la face

Les complications graves sont heureusement exceptionnelles. Elles sont plus fréquentes dans la chirurgie endoscopique. Leur prévention passe par la réalisation et l'analyse fine des examens tomodensitométriques pré-opératoires avec notamment la description des variations anatomiques « dangereuses » (15) : déhiscence de la lame papyracée de l'ethmoïde exposant l'orbite et son contenu (muscles, globe, nerf optique), procidence du nerf optique dans le labyrinthe ethmoïdal postérieur (présence d'une cellule d'Onodi) ou dans le sinus sphénoïdal (par pneumatisation de la clinioïde antérieure), procidence carotidienne dans le sinus sphénoïdal, septum sphénoïdal s'implantant sur un canal carotidien, asymétrie de hauteur des toits des labyrinthes ethmoïdaux, séquelles de traumatismes ou d'interventions précédentes. Les accidents les plus graves sont ophtalmologiques (section ou plaie du muscle droit interne, du nerf optique, hématorne intra-orbitaire), vasculaire (plaie de la carotide interne par perforation de la paroi postéro-latérale du sinus sphénoïdal) et neurologiques (brèche ostéo-durale, sections des bandelettes olfactives, plaie cérébrale) (16, 17). L'intérêt de l'imagerie sera vu dans le cours sur les aspects post-opératoires.

2. Accidents de l'intubation

Rares, ils sont dus le plus souvent au placement intra-crânien voire intra-cérébral de sondes naso-gastriques, beaucoup plus exceptionnellement de sondes naso-trachéales, au travers du sinus sphénoïdal, favorisé par les fractures complexes du massif facial et de la base du crâne ou les antécédents de chirurgie des sinus ou de l'hypophyse par voie naso-septale (18, 19). Les conséquences sont généralement dramatiques mais peuvent être de diagnostic retardé chez des patients sous sédation, anesthésie générale ou comateux. Chez tout patient porteur de sondes, il est donc important de vérifier leur trajet lors de la réalisation d'un examen radiographique ou tomodensitométrique du massif facial, du crâne ou du rachis cervical (fig. 24).

3. Complications de la chirurgie dentaire

Il s'agit essentiellement de perforation du fond du sinus maxillaire lors de l'extraction dentaire. Cet accident surviendrait dans 4 % des extractions de dents maxillaires, essentiellement la première molaire et la deuxième prémolaire (20). La fistule buccosinusienne peut être diagnostiquée au moment de l'extraction ou découverte plus tardivement fortuitement ou à l'occasion d'une sinusite maxillaire unilatérale. Les fistules de moins de 5 mm de diamètre se ferment généralement spontanément, mais les orifices plus larges nécessitent une réparation chirurgicale. Le bilan pré-opératoire bénéficie de la tomodensitométrie, si possible avec un logiciel de reconstruction de type denta-scanner. L'examen apprécie l'épaisseur de l'os alvéolaire en péri-phérie de la fistule et les mensurations exactes de celle-ci (21).

BARO-TRAUMATISMES

Ils appartiennent à la pathologie professionnelle des plongeurs et pilotes, mais concernent également des plongeurs amateurs,

des patients (ou médecins accompagnants) lors de la pratique de l'oxygénothérapie hyperbare et des usagers des transports aériens. Ils surviennent au sein d'une cavité sinusienne mal drainée le plus souvent à la descente par phénomène de dépression relative, avec risque de décollement du revêtement muqueux ou plus rarement à la remontée (plongée) ou à l'ascension (avions) par phénomène de surpression relative. Ils se manifestent par des douleurs dans la grande majorité des cas (frontales, maxillo-ethmoïdales ou dentaires) ou plus rarement par des épistaxis ou des troubles sensitifs du nerf infra-orbitaire ou du nerf alvéolaire supérieur (22, 23). Leur prévention passe par les précautions enseignées aux plongeurs : abstention de plongée en cas de rhume ou d'épisode de sinusite. L'imagerie n'a que peu de place lors des accidents aigus dont le diagnostic est essentiellement clinique. Les radiographies standard (ou la tomodensitométrie) pourraient mettre en évidence l'épaississement du revêtement d'un sinus (maxillaire le plus souvent) en rapport avec une hémorragie ou un œdème sous-muqueux ou l'épanchement liquidien d'un hémorosinus. La tomodensitométrie intervient par contre dans le bilan étiologique des baro-traumatismes récidivants. S'agissant d'une pathologie de confinement, la tomodensitométrie a pour objectif la recherche d'une cause anatomique ou pathologique d'obstruction des voies de drainage des sinus : ce chapitre rejoint celui de l'exploration des sinusites chroniques (24).

SITUATIONS PARTICULIÈRES

Certaines situations nécessitent des explorations radiologiques particulières, mises en œuvre en urgence ou de manière différée.

1. Complications vasculaires

1.1. Hémorragies incontrôlables

Les épistaxis traumatiques graves mettant en jeu le pronostic vital sont rares. Dans les cas où le tamponnement à la mèche grasse, voire la réduction grossière et la contention au fil métallique ne sont pas efficaces, l'artériographie est utile d'une part pour localiser l'artère responsable et d'autre part pour éventuellement pratiquer une embolisation (25). Les traumatismes les plus communément impliqués sont les fractures médio-faciales : Le Fort II et III, traumatismes du CNEMFO et fracas faciaux. Les artères le plus souvent concernées sont l'artère ethmoïdale antérieure (branche de l'artère ophtalmique et donc issue de la carotide interne), l'artère sphéno-palatine (branche terminale de l'artère maxillaire) ou ses branches (artère naso-palatine...) et l'artère palatine descendante (branche collatérale de l'artère maxillaire). Compte tenu des risques et de l'extrême urgence qui prévaut généralement, la réalisation de ce type d'exploration nécessite une parfaite connaissance de l'anatomie de l'artère carotide externe et de ses branches et des techniques d'embolisation. Le premier temps est diagnostique. Le choix du côté à explorer en priorité est guidé par l'examen clinique s'il est contributif et l'analyse de l'examen tomodensitométrique. Le cathétérisme sélectif de l'artère carotide interne, de l'artère carotide externe et de l'artère maxillaire cherche à mettre en évidence une extravasation de produit de contraste. Une fois l'artère ou les artères responsables localisées, une embolisation peut être



Fig. 23 : Traumatisme par arme à feu. **a** : Topogramme de profil. Corps étranger métallique en projection du fond des sinus maxillaires. **b** : Coupe TDM axiale à proximité de l'orifice d'entrée. Fractures comminutives de l'arcade zygomatique (flèche droite) et de la paroi postéro-latérale du sinus maxillaire droit (tête de flèche). Débris métalliques dans l'espace rétro-zygomatique (flèche courbe). **c** : Débris osseux et métalliques le long du trajet du projectile et dans le sinus maxillaire gauche. **d** : La balle repose au fond du sinus maxillaire gauche. Il n'y a pas d'orifice de sortie.

Fig. 23: Gunshot injury. **a**: Lateral scout-view. Metallic foreign body in projection of maxillary sinuses and posterior nasal cavity. **b**: Axial CT scan near the entry wound. Comminuted fractures of the zygomatic arch (straight arrow) and of the posterior wall of the maxillary sinus (arrowhead). Metallic fragments within the retrozygomatic space (curved arrow). **c**: Bone and bullet fragments distributed along the bullet track and within the left maxillary sinus. **d**: The bullet lies into the maxillary sinus. There is no exit wound.

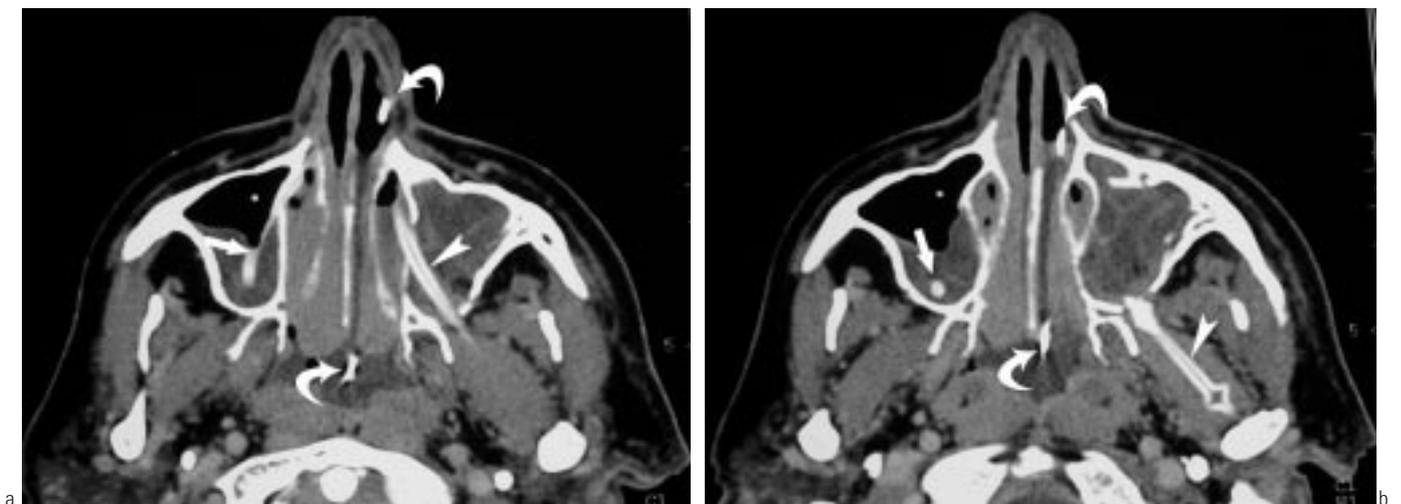


Fig. 24 : Traumatisme iatrogène. La sonde d'intubation naso-gastrique (flèches courbes) et le drain du sinus maxillaire droit (flèches droites) sont en bonne place. Le drain du sinus maxillaire gauche traverse la paroi postérieure du sinus et transfixie le muscle ptérygoïdien latéral (têtes de flèche).

Fig. 24: Iatrogenic trauma. The locations of the nasogastric tube (curved arrows) and of the right maxillary sinus drain (straight arrows) are correct. The left maxillary sinus drain extends within the lateral pterygoid muscle throughout the posterior wall of the sinus.

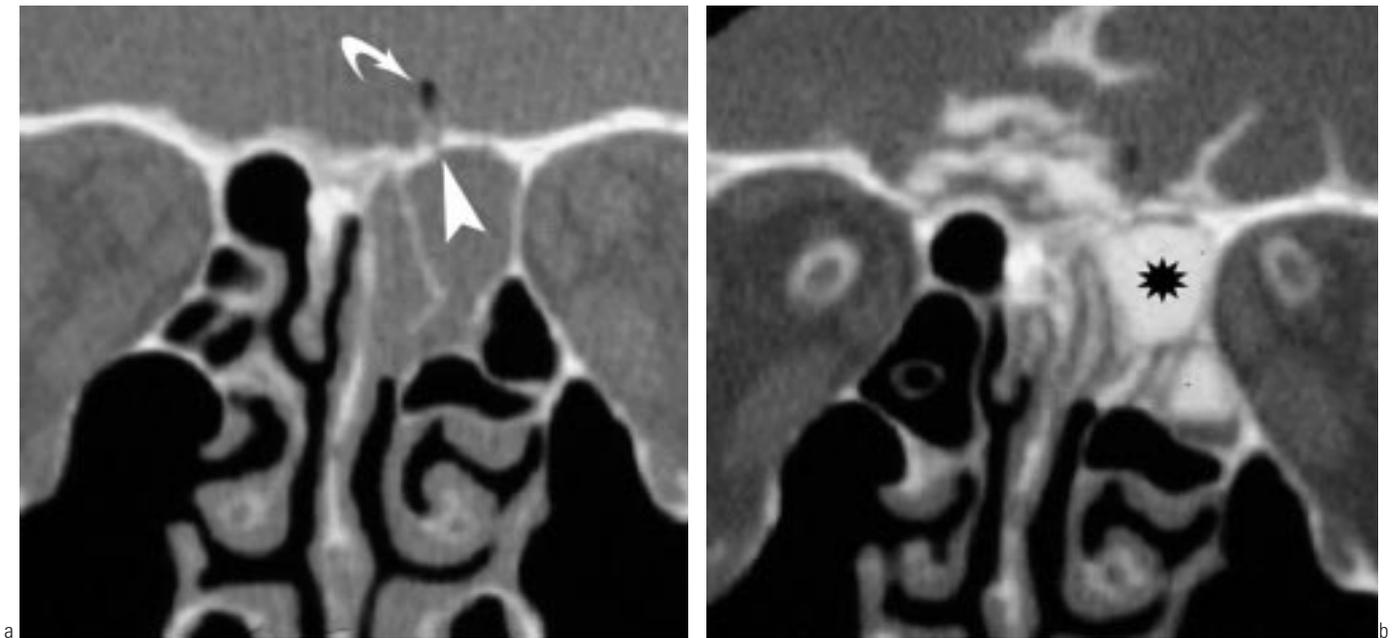


Fig. 25 : Brèche ostéo-durale. a : Patient présentant une rhinorrhée post-traumatique. Cette coupe TDM coronale sans préparation met en évidence l'un des 3 défauts osseux repérés dans le toit de l'éthmoïde du patient (tête de flèche) et potentiellement responsables de la fuite de LCR. La bulle de pneumocéphalie n'a qu'une très faible valeur localisatrice (flèche courbe). **b :** Le cisterno-scanner permet d'incriminer la brèche osseuse en montrant le remplissage de la cellule éthmoïdale (astérisque) par le produit de contraste iodé au travers de l'interruption osseuse détectée sur l'examen sans préparation.

Fig. 25: Dural tear. a: Patient with clinically suspected post-traumatic CSF rhinorrhea. This plain coronal CT scan shows one of the 3 bony defect detected in the ethmoid roof of the patient and potentially responsible for the leak. The pneumocephalus bubble has a very poor value for localization of the site of leak (curved arrow). **b:** CT cisternogram showing opacification of the underlying ethmoidal cell (asterisk), incriminates the bone defect detected on plain CT.

envisagée s'il s'agit de branches de l'artère carotide externe. Les artères éthmoïdales, issues de l'artère carotide interne, n'y sont pas accessibles. L'embolisation se fait à l'aide de grosses particules résorbables, de coils, voire de colle biologique. Les micro-particules sont proscrites en raison de l'existence d'anastomoses avec les branches de l'artère carotide interne.

1.2. Fistule carotido-caverneuse

Secondaire à une fracture du corps et du sinus sphénoïdaux, elle est de manifestation le plus souvent retardée. Elle se traduit par une exophtalmie pulsatile unilatérale, un souffle entendu par le patient (acouphènes pulsatiles) et à l'auscultation, un thrill à la palpation oculaire, une dilatation des vaisseaux conjonctivaux, une paralysie du VI. Les examens en coupes retrouvent une dilatation unilatérale de la veine ophtalmique supérieure et une asymétrie des sinus caverneux. Le diagnostic est confirmé par l'artériographie carotidienne interne. Son traitement est accessible aux techniques endovasculaires.

2. Brèches ostéo-durales

Du fait de l'adhérence intime de la dure mère à la base du crâne, le risque de mise en communication des espaces sous-arachnoïdiens avec les sinus ou les fosses nasales est élevé. Le toit de l'éthmoïde est le site le plus sensible et tout particulièrement la lame criblée. La brèche peut être de révélation précoce ou retardée. Dans les formes à expression précoce, elle se révèle par une rhinorrhée de liquide céphalo-rachidien. L'écoulement se tarit généralement en une semaine, mais le colmatage de la brèche n'est pas toujours durable. À la période initiale, la brèche ostéo-durale est suspectée sur l'examen tomodensitométrique devant

une fracture intéressant une paroi endocranienne des cavités aériennes de la face et elle est confirmée par la découverte d'une pneumocéphalie (une seule bulle suffit !) qui n'a toutefois pas de valeur localisatrice.

Les formes à révélation retardée se manifestent par une rhinorrhée, une méningite voire une méningo-encéphalite. Devant cette situation, les objectifs de l'imagerie sont :

- Confirmer la nature cérébro-spinale d'une rhinorrhée : cette information peut être fournie par transit isotopique ou cisterno-scanner (voir ci-dessous).
- Rechercher la ou les brèches candidates : cette première étape est réalisée par l'examen tomodensitométrique sans préparation : les coupes axiales explorent la paroi postérieure du sinus frontal et du sinus sphénoïdal, les coupes axiales explorent le toit de l'éthmoïde et le plancher de la selle turcique. Ce travail préalable permet de programmer le mode de réalisation des explorations suivantes.
- Déterminer la brèche coupable. Plusieurs techniques sont employées : la cisternographie isotopique, le cisterno-scanner à l'iode et l'IRM.

Peu pratiquée en France, la cisternographie isotopique au DTPA-In¹¹¹ présente l'inconvénient d'une faible résolution spatiale, même en technique SPECT. Elle présente cependant l'intérêt d'affirmer la nature cérébro-spinale d'une rhinorrhée et peut donc être utile si une seule brèche potentielle est détectée sur l'examen tomodensitométrique.

Le cisterno-scanner était jusqu'à il y a peu l'examen de référence (fig. 25). Il consiste en une opacification des espaces sous-arachnoïdiens par injection intra-thécale par ponction lombaire d'un produit de contraste iodé non-ionique. Le patient est

ensuite installé en décubitus ventral en position de Trendelenbourg de manière à faire progresser le produit de contraste jusqu'aux citernes de la base. Le protocole tomodynamométrique est ensuite adapté à la situation. Le plan de coupe axial en décubitus ventral explore plus particulièrement les défauts frontaux et sphénoïdaux postérieurs. Les brèches du toit de l'ethmoïde se recherchent en coupes coronales : reformatage coronal à partir de coupes axiales en décubitus ventral si l'on dispose d'un scanner très performant ; sinon, coupes coronales directes en décubitus dorsal ou mieux, coupes quasi-coronales en décubitus ventral, assez inconfortables. En outre, si la rhinorrhée revêt un caractère franchement positionnel, il est utile d'essayer de réaliser des coupes dans la position critique. Enfin, il est utile de disposer des cotons ou de petites compresses de gaze dans chaque narine et soit de les inclure dans le champs d'exploration soit d'en réaliser des coupes en fin d'examen (en repérant bien coton droit/coton gauche) pour le cas où l'on ne verrait pas de produit de contraste dans les cavités sinusiennes afin d'affirmer la nature cérébro-spinale de la rhinorrhée (imprégnation d'un coton par le contraste iodé) et de la latéraliser. Le cisterno-scanner est un examen long, invasif, pénible pour le patient, source de céphalées parfois très intenses qu'il convient de prévenir par une bonne hydratation et une perfusion d'antalgiques ; c'est dire l'importance de ne le réaliser qu'en période d'écoulement actif, les patients étant peu enclins à accepter une deuxième tentative après une première infructueuse.

La cisterno-IRM fait appel à des séquences 3D en coupes fines à très forte pondération T2 (CISS). La boîte d'acquisition est positionnée sur la ou les zones suspectes. L'objectif est de mettre en évidence un hypersignal liquidien au sein des fosses nasales ou des cellules ethmoïdales en contiguïté ou mieux en continuité avec l'hypersignal cisternal. Elle permettrait de confirmer une brèche ostéo-durale même en l'absence d'écoulement actif (26). Examen non-invasif, les résultats de la cisterno-IRM sont tellement encourageants que la stratégie actuellement proposée est le couple TDM sans préparation — cisterno-IRM, le cisterno-scanner étant réservé aux explorations IRM négatives (27) ou aux demandes de neurochirurgiens récalcitrants.

Références

- Dolan KD, Jacoby CG. Facial fractures. *Semin Roentgenol* 1978;13:37-51.
- Daffner RH, Apple JS, Gehweiler JA. Lateral view of facial fractures: new observations. *AJR Am J Roentgenol* 1983;141:587-91.
- Pogrel MA, Podlesh SW, Goldman KE. Efficacy of a single occipitomental radiograph to screen for midfacial fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58:24-6.
- Goh SH, Low BY. Radiologic screening for midfacial fractures: a single 30-degree occipitomental view is enough. *J Trauma* 2002;52:688-92.
- Dupuis MG, Dosch JC, Badoz A. Imagerie des traumatismes du massif facial. Éditions Techniques. *Encycl Med Chir (Paris-France)*, Radiodiagnostic – Neuroradiologie-Appareil locomoteur, 31-652-B-10, 15p.
- Levy RA, Edwards WT, Meyer JR, Rosenbaum AE. Facial trauma and 3-D reconstructive imaging: insufficiencies and correctives. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13:885-92.
- Fox LA, Vannier MW, West OC, Wilson AJ, Baran GA, Pilgram TK. Diagnostic performance of CT, MPR and 3DCT imaging in maxillofacial trauma. *Comput Med Imaging Graph* 1995;19:385-95.
- Lambert DM, Mirvis SE, Shanmuhathan K et al. Computed tomography exclusion of osseous paranasal sinus injury in blunt trauma patients: the "clear sinus" sign. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:1207-10.
- Moulin G, Dessi P, Chagnaud C et al. Dehiscence of the lamina papyracea of the ethmoid bone: CT findings. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:151-3.
- Kim SH, Ahn KJ, Lee JM, Choi KH, Han SH. The usefulness of orbital lines in detecting blow-out fractures on plain radiography. *Br J Radiol* 2000;73:1265-9.
- Klotch DW. Frontal sinus fractures: anterior skull base. *Facial Plast Surg* 2000;16:127-34.
- Martin RC, Spain DA, Richardson JD. Do facial fractures protect the brain or are they marker for severe head injuries? *Am Surg* 2002;68:477-81.
- Mladina R, Hat J, Kaplan I et al. An endoscopic approach to metallic foreign bodies of the nose and paranasal sinuses. *Am J Otolaryngol* 1995;16:276-9.
- Teitelbaum GP, Yee CA, Van Horn DD, Kim HS, Coletti PM. Metallic ballistic fragments: MR imaging safety and artefacts. *Radiology* 1990;175:855-9.
- Bayram M, Sirikci A, Bayazit Y. Important anatomic variations of the sinonasal anatomy in light of endoscopic surgery: a pictorial review. *Europ Radiol* 2001;11:1991-7.
- Maniglia AJ. Fatal and major complications secondary to nasal and sinus surgery. *Laryngoscope* 1989;99:276-83.
- Rene C, Rose GE, Lenthall R, Moseley I. Major orbital complications of endoscopic sinus surgery. *Br J Ophthalmol* 2001;85:598-603.
- Marlow TJ, Goltra DD Jr, Schabel SI. Intracranial placement of nasotracheal tube after facial fracture: a rare complication. *J Emerg Med* 1997;15:187-91.
- Hande A, Nagpal R. Intracranial malposition of nasogastric tube following transnasal transsphenoidal operation. *Br J Neurosurg* 1991;5:205-7.
- Hirata Y, Kino K, Nagaoka S et al. A clinical investigation of oro-maxillary sinus perforation due to tooth extraction. *Kokubyo Gakkai Zasshi* 2001;68:249-53.
- Bodner L, Gatot A, Bar-Ziv J. Technical note: oroantral fistula: improved imaging with a dental computed tomography software program. *Br J Radiol* 1995;68:1249-50.
- Fagan P, McKenzie B, Edmonds C. Sinus barotrauma in divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85:61-4.
- Butler FK, Bove AA. Infraorbital hypesthesia after maxillary sinus barotrauma. *Undersea Hyperb Med* 1999;26:257-9.
- Bolger WE, Parsons DS, Matson RE. Functional endoscopic sinus surgery in aviators with recurrent sinus barotrauma. *Aviat Space Environ Med* 1990;61:148-56.
- Sakamoto T, Yagi K, Hiraide A et al. Transcatheter embolization in the treatment of massive bleeding due to maxillofacial injury. *J Trauma* 1988;28:840-3.
- Gupta V, Goyal M, Mishra N, Gaikwad S, Sharma A. MR evaluation of CSF fistulae. *Acta Radiol* 1997;38:603-9.
- Iffenecker C, Benoudiba F, Parker F et al. Place de l'IRM dans l'exploration des fistules de liquide céphalo-rachidien. *J Radiol* 1999;80:37-43.

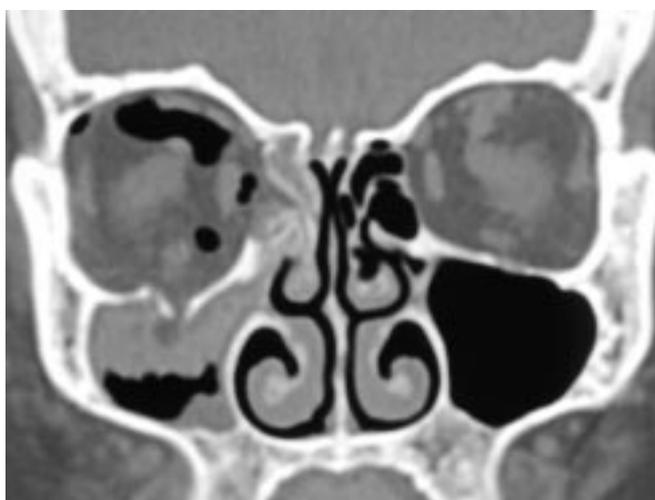
Cas clinique : Questions – Réponses

Traumatismes des sinus de la face

C Chagnaud, O Leluc, S Jaoua, C Gandolfi-Raoux

HISTOIRE DE LA MALADIE

Suite à une rixe, un jeune patient est reçu aux urgences pour traumatisme de la face.
L'examen tomodensitométrique réalisé sur un appareillage ancien montre les aspects suivants (*fig. 1 et 2*).



1 | 2



Fig. 1 : Coupe tomodensitométrique coronale.

Fig. 2 : Coupe tomodensitométrique coronale.

QUESTIONS

1. Quelles sont les lésions osseuses détectées sur l'examen ?
2. Comment se nomme ce type de traumatisme et quel en est le mécanisme ?
3. Quelle(s) complication(s) anatomique(s) est (sont) visible(s) et quelle(s) en est (sont) la (les) conséquence(s) prévisible(s) ?
4. Si vous aviez disposé d'un appareil plus performant, quel post-traitement auriez-vous pratiqué ?

RÉPONSES

1. Les coupes tomographiques coronales mettent en évidence une *fracture du plancher de l'orbite droite* (fig. , flèche courbe) et une *fracture de la paroi médiale de l'orbite* (fig. , flèche droite) mieux visible encore sur les coupes axiales (fig.). Il existe un hémisinus maxillaire associé. Dans ce type de traumatisme, la fracture du plancher est la plus fréquente. Elle est associée à une fracture de la paroi médiale dans 50 % des cas. Chez ce patient, la discussion de cette dernière fracture avec une déhiscence congénitale de la lame papyracée de l'ethmoïde ne se pose pas puisque le défaut osseux s'étend également à la paroi latérale de l'ethmoïde postérieure : les déhiscences congénitales ne s'étendent pas en arrière de la racine cloisonnante du cornet moyen.

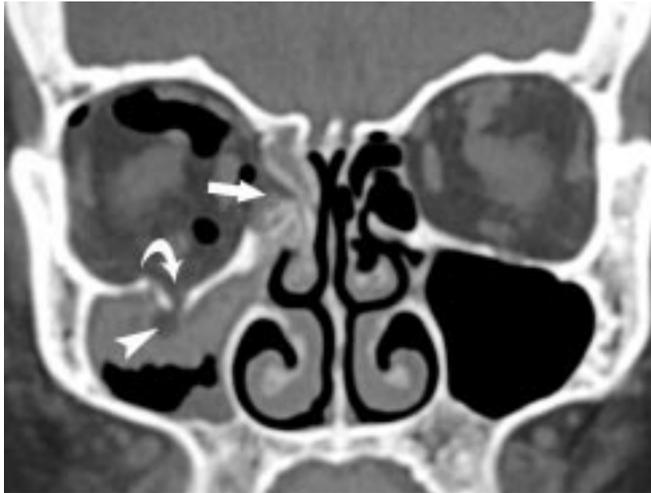


Fig. 3.



Fig. 4.

2. Il s'agit d'un traumatisme de type *blow-out*, par impact d'un objet de faible étendue sur le globe oculaire ; la brutale augmentation de pression intra-orbitaire est responsable de la rupture des minces lamelles osseuses des parois inférieure et médiale de l'orbite. La fracture du plancher est de type « *trap-door* », les fragments du plancher ayant pratiquement réintégré leur situation normale.

3. Au niveau du plancher de l'orbite, il existe une *incarcération de graisse orbitaire* dans le foyer de fracture. Le muscle droit inférieur n'est pas à proprement parler *incarcéré*, mais *l'incarcération du tissu conjonctif reliant l'aponévrose musculaire à la péri-orbite* est responsable d'une déformation nette du muscle en comparaison au côté controlatéral (*fig. 5*, flèche courbe). Cette lésion est suffisante pour provoquer une limitation de la course du muscle et une *diplopie verticale* dans l'élévation du regard. D'autre part, la fracture se situe au niveau de moindre résistance du plancher et concerne le canal infra-orbitaire : elle expose à *l'hypoesthésie sous-orbitaire* (territoire du nerf infra-orbitaire).

Au niveau de la paroi médiale, il existe une issue d'une assez grande quantité de *graisse orbitaire dans les cellules ethmoïdales* pouvant être responsable d'une *enophtalmie*. Méconnu, ce type de lésions expose également aux complications orbitaires de la chirurgie endonasale des sinus de la face.



Fig. 5.

4. Des *reconstructions sagittales obliques* selon le grand axe du muscle droit inférieur sont utiles pour apprécier le trajet du muscle et l'étendue antéropostérieure de la fracture du plancher.

Imagerie des sinus opérés

F Dubrulle, J Darras, C Khalil

ABSTRACT

Paranasal sinuses post operative imaging

Radiologic assessment after sinus surgery requires not only a good knowledge of the primary disease, but also a mandatory understanding of every surgical technique and approach.

After having described these techniques, we will illustrate immediate, possible but rare, post-operative complications. The various pathologies responsible for a delayed recurrence will also be illustrated. A chapter will be dedicated to paranasal sinuses malignant tumors follow up after surgery.

Key words: Paranasal sinuses, diseases. Paranasal sinuses, CT. Paranasal sinuses, MR. Paranasal sinuses, surgery.

J Radiol 2003;84:945-959

RÉSUMÉ

L'analyse des sinus opérés nécessite de bien connaître la pathologie initiale, mais aussi les différentes techniques et voies d'abord opératoires. Après un exposé de ces différentes techniques, les complications précoces post-opératoires, rares mais toujours possibles, seront décrites. Les différentes pathologies responsables de la réapparition d'une symptomatologie (aiguë ou chronique) à distance de l'intervention, seront envisagées. Un chapitre sera consacré à la surveillance des tumeurs malignes opérées.

Mots-clés : Sinus, post-opératoire. Scanner. IRM.

L'analyse des sinus opérés nécessite de bien connaître la pathologie initiale mais aussi les différentes techniques et voies d'abord opératoires. Après un exposé de ces différentes techniques, les complications précoces post-opératoires, rares mais toujours possibles, seront décrites. Les différentes pathologies responsables de la réapparition d'une symptomatologie (aiguë ou chronique) à distance de l'intervention, seront envisagées. Un chapitre sera consacré à l'imagerie des tumeurs malignes opérées, qui reste un examen difficile, nécessitant une analyse précise et rigoureuse pour différencier récurrence, remaniements fibro-inflammatoires, rétention ou mucocèle.

LES DIFFÉRENTS TYPES D'INTERVENTIONS

Deux types distincts de chirurgie sont possibles en pathologie sinusienne : la chirurgie par voie endonasale sans abord externe, de plus en plus fréquente et la chirurgie par voie externe, actuellement presque exclusivement réservée à la pathologie tumorale maligne.

1. La chirurgie endonasale

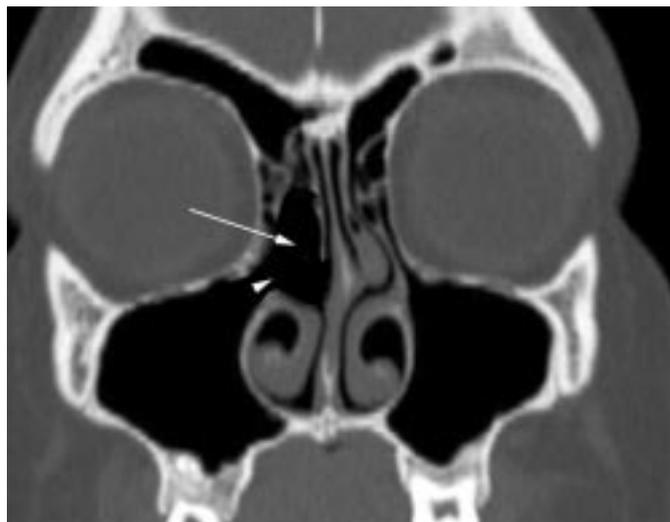
Elle se pratique sous guidage endoscopique ou par micro-chirurgie au microscope binoculaire ; sa pratique s'est généralisée avec l'essor de la chirurgie endoscopique (1, 2). En chirurgie des sinus, elle est bien réglée mais nécessite des équipes entraînées connaissant parfaitement l'anatomie des sinus. Son but principal est de restaurer la perméabilité des ostia et d'assurer

le drainage des sinus par ablation des cloisons osseuses en respectant au maximum la muqueuse des sinus. Ses indications principales sont donc la pathologie fonctionnelle (sinusite chronique résistante au traitement médical, sinusite aiguë récidivante, mucocèle).

Quelques tumeurs bénignes bien limitées bénéficient actuellement également d'une chirurgie par voie endonasale (papillome inversé, polype de Killian...).

Les différentes interventions possibles par voie endonasale vont être décrites et illustrées ainsi que leurs principales indications. L'ancienne terminologie classifiant la chirurgie endoscopique en ethmoïdectomie de type I à V n'est plus utilisée actuellement ; les chirurgiens lui préfèrent la classification suivante (3, 4) :

- La turbinectomie inférieure consiste en l'ablation partielle du cornet inférieur dans sa partie antérieure parfois associée à une septoplastie (plastie de la cloison nasale). Cette intervention seule est peu fréquente ; ses indications sont limitées (ex. : corps étranger, petit kyste).
- L'unciformectomie consiste en l'ablation de l'apophyse unciforme. Son but est d'agrandir l'ostium du sinus maxillaire ; elle est également rarement réalisée isolément. Son rapport principal est le canal lacrymo-nasal.
- La méatotomie moyenne est l'intervention endoscopique la plus fréquente (fig. 1). Elle consiste en une unciformectomie avec élargissement de l'ostium naturel, le plus souvent associée à une résection partielle du cornet moyen dans sa partie antérieure avec ouverture de la bulle ethmoïdale. Elle peut être également associée à une résection partielle du cornet inférieur dans sa partie antérieure (une turbinectomie inférieure). Les zones à risque dans cette chirurgie sont le canal lacrymo-nasal en avant et le plancher de l'orbite en haut.



a|b
|c

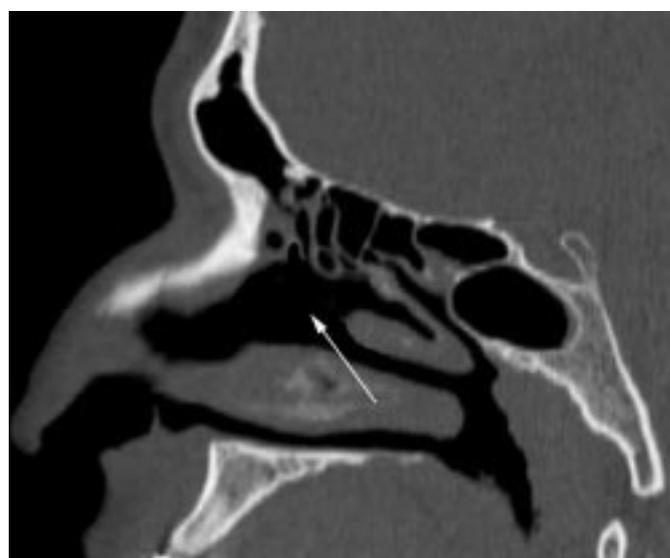


Fig. 1 : Modélisation TDM d'une méatotomie moyenne montrant l'ablation du cornet moyen dans sa partie antérieure (flèche), l'ablation de l'apophyse unciniforme (tête de flèche) et l'ouverture de la bulle. a : coupe coronale passant par le méat moyen. **b** : coupe axiale. **c** : coupe sagittale.

Fig. 1: CT simulation of a middle meatal anastomy showing resection of the anterior part of the middle turbinate (arrow), resection of the unciniform process (arrowhead) and opening of the bulla. a : coronal section through the middle meatus. **b** : axial section. **c** : sagittal section.

Les indications principales sont les sinusites unilatérales à répétition, les corps étrangers, les kystes du sinus maxillaire, l'Aspergillose, les polypes de Killian...

- L'éthmoïdectomie antérieure ou évidemment éthmoïdal antérieur (*fig. 2*) est une autre des interventions classiques et fréquentes de la chirurgie par voie endonasale. Elle comprend une uncinectomie avec résection partielle du cornet moyen dans sa partie antérieure associée à une ablation des cellules éthmoïdales antérieures (avec respect de la racine cloisonnante du cornet moyen et donc respect de l'éthmoïde postérieur). Elle permet un large drainage du sinus maxillaire et du sinus frontal. Ses indications essentielles sont la sinusite éthmoïdo-frontale et la sinusite éthmoïdo-maxillaire. Les zones à risque dans cette chirurgie sont la cloison orbitaire (lame papyracée), le toit de l'éthmoïde avec le risque de brèche méningée.
- L'éthmoïdectomie endonasale fonctionnelle ou éthmoïdectomie totale (*fig. 3*) consiste en une éthmoïdectomie antérieure avec résection de la racine cloisonnante du cornet moyen et donc ouverture des cellules éthmoïdales postérieures. Le plus souvent, est également associée une ouverture du sphénoïde. Les zones à risque pour le chirurgien sont encore la lame papyracée et le toit de l'éthmoïde.

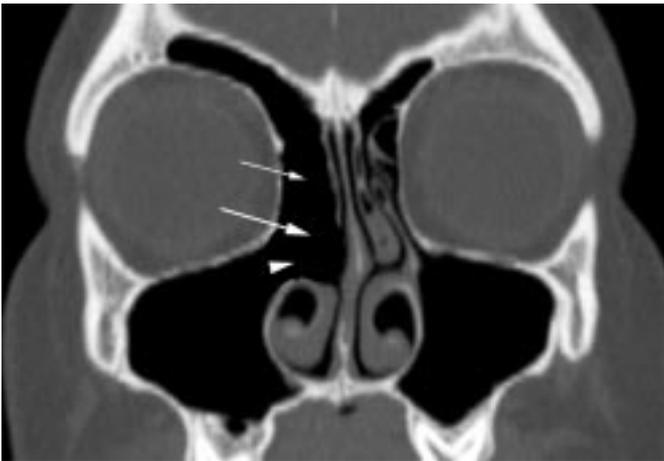
2. La chirurgie des polyposes nasosinusiennes (PNS)

La chirurgie dans la PNS est également une chirurgie par voie endonasale mais nous la classons à part, du fait de son caractère radical et non fonctionnel comme pour les techniques précédentes (1, 2, 5). Cette intervention consiste en une éthmoïdectomie totale bilatérale encore appelée nasalisation associée à une ablation complète de la muqueuse (véritable stripping de la muqueuse). Seules persistent les parois osseuses de la base du crâne et de l'orbite et une partie du cornet supérieur pour protéger la lame criblée (*fig. 4*). Le but est une éradication la plus complète possible de la muqueuse pathologique. De par son caractère radical sur la muqueuse, cette chirurgie entraîne toujours d'importants remaniements osseux et fibro-inflammatoires en cadre au niveau de la cavité opératoire qu'il convient de connaître (6, 7) (*fig. 5 et 6*).

3. La chirurgie par voie externe

Elle concerne les tumeurs malignes et elle est réalisée par voie externe, extra-nasale. Deux voies principales sont classiquement utilisées par les chirurgiens (2, 3) :

- La voie paralatéronasale (PLN) (*fig. 7*) employée pour les tumeurs *a priori* limitées aux sinus sans extension haute intra-



a | b
|
c

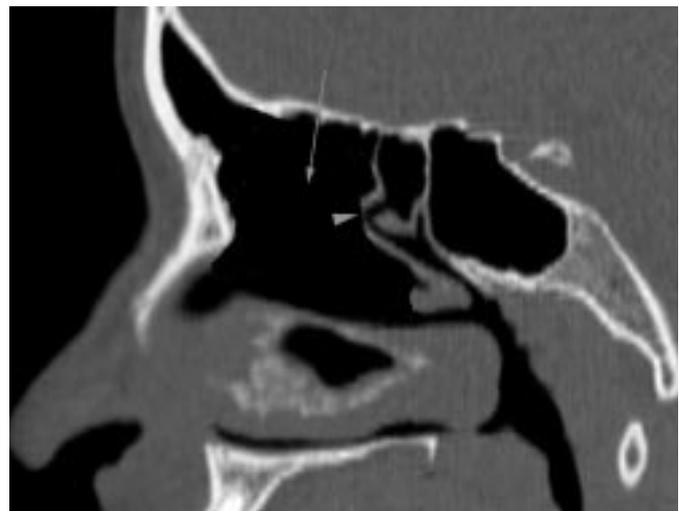


Fig. 2 : Modélisation d'une ethmoïdectomie antérieure montrant l'ablation du cornet moyen dans sa partie antérieure (flèche), de l'apophyse unciforme (tête de flèche), des cellules ethmoïdales antérieures (flèche fine). a : coupe coronale. **b :** coupe axiale. **c :** coupe sagittale montrant le respect de la racine cloisonnante du cornet moyen (tête de flèche grise) permettant le respect de l'ethmoïde postérieur.

Fig. 2: CT simulation of an anterior ethmoidectomy depicting resection of the anterior part of the middle turbinate (arrow), uncinat process (arrowhead) and anterior ethmoid cells (thin arrow). a : coronal section. **b:** axial section. **c:** sagittal section showing the integrity of the basal (ground) lamella of the middle turbinate (grey arrowhead) allowing the preservation of the posterior ethmoid cells.

crânienne. Elle consiste en une exérèse des os propres du nez, du processus frontal du maxillaire supérieur, de l'ethmoïde, des cornets inférieur, moyen, supérieur, souvent associée à un effondrement de la cloison nasale et à une ethmoïdectomie controlatérale. Parfois, une plastie du toit de l'ethmoïde par le bas avec greffon osseux peut être réalisée en cas de lyse du toit de l'ethmoïde sans envahissement intra-crânien ; rarement une plastie de partie inféro-interne du cadre orbitaire peut être associée.

- La voie haute (*fig. 8*) est réalisée en cas d'extension intra-crânienne de la tumeur et associe une double voie d'abord : une PLN effectuée par les chirurgiens ORL et un abord frontal effectué par les neuro-chirurgiens avec plastie de reconstruction du toit de l'ethmoïde, le lobe frontal comblant par la suite la cavité haute (cranialisation).

4. Les drainages par voie externe

Le drainage par voie externe des cavités sinusiennes est devenu exceptionnel

En particulier la voie de Cadwell-Luc, cette voie d'abord du sinus maxillaire par trépanation de la fosse canine et ablation de la muqueuse du sinus maxillaire largement utilisée antérieurement dans les sinusites maxillaires rebelles au traitement, n'est quasiment plus réalisée de nos jours dans sa forme radicale. Elle entraînait des complications précoces non négligeables (effraction de la fosse infra-temporale, contusion orbitaire), mais surtout

des complications tardives systématiques avec sclérose et hypertrophie osseuse secondaires à l'ablation de la muqueuse. La résultante était la constitution d'un petit sinus maxillaire non fonctionnel avec le plus souvent algies faciales et réapparition de la pathologie inflammatoire, car cette intervention ne respectait pas le drainage naturel du sinus maxillaire. La constitution d'une mucocèle sur ce sinus mal drainé était également possible (8).

Quelques drainages externes du sinus frontal sont encore exceptionnellement pratiqués par clou de Lemoine dans les sinusites frontales compliquées, souvent associés à une ethmoïdectomie antérieure.

DIFFÉRENTES SITUATIONS CLINIQUES NÉCESSITANT UNE IMAGERIE APRÈS CHIRURGIE ENDONASALE

1. Complications précoces post-opératoires

Les complications précoces graves après chirurgie des sinus sont exceptionnelles (0,4 %) (9, 10). Leur fréquence est très faible dans les équipes entraînées à la chirurgie endoscopique.

- **Les brèches ostéo-méningées**

L'effraction du toit de l'ethmoïde est une complication classique mais rare. Lorsqu'elle survient au décours d'une chirurgie, elle est le plus souvent constatée et réparée en per-opératoire par le chirurgien, le radiologue n'ayant pas alors à intervenir.



Fig. 3 : Modélisation d'une ethmoïdectomie totale en coupe sagittale consistant en une ethmoïdectomie antérieure avec résection de la racine cloisonnante du cornet moyen et ouverture des cellules ethmoïdales postérieures (flèche). Le plus souvent est associée une ouverture du sphénoïde (tête de flèche).

Fig. 3: Sagittal section of a total ethmoidectomy simulation consisting of an anterior ethmoidectomy associated to resection of the basal lamella of the middle turbinate and opening of the posterior ethmoid cells (arrows). A sphenoidotomy is frequently associated to this technique (arrowhead).

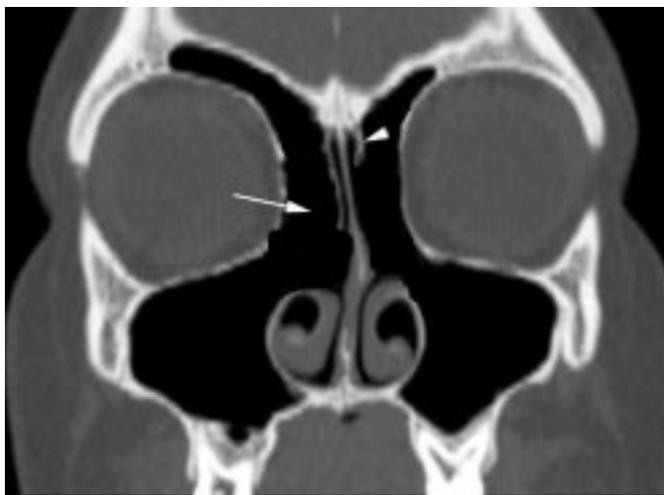


Fig. 4 : Modélisation d'une ethmoïdectomie totale bilatérale (nasalisation) consistant en une ethmoïdectomie totale bilatérale (flèche), seule persiste une partie du cornet supérieur pour protéger la lame criblée (tête de flèche). **a :** coupe coronale. **b :** coupe axiale.

Fig. 4: Simulation of a total bilateral ethmoidectomy (nasalization) (arrow). Only a part of the superior turbinate remains in order to protect the cribriform plate (arrowhead). **a :** coronal section. **b :** axial section.



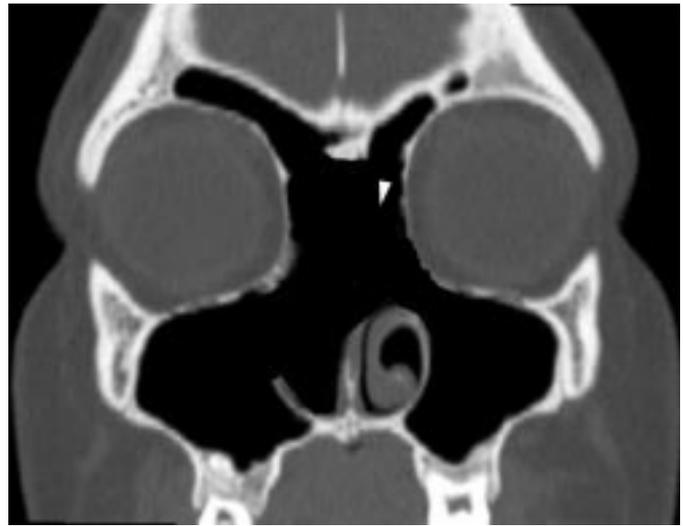
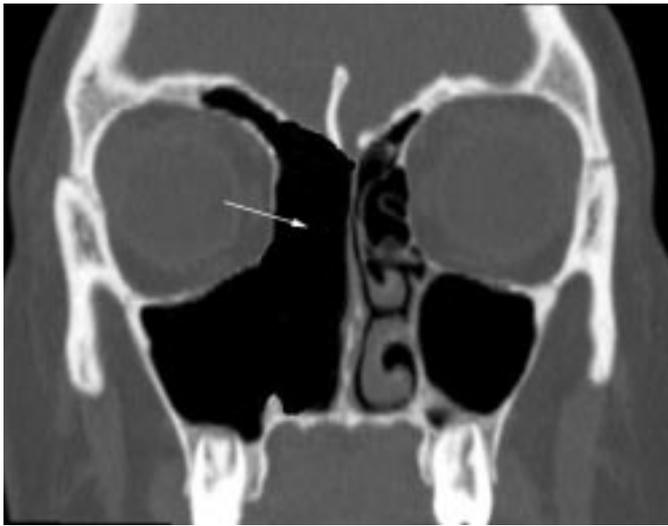
Fig. 5 : Coupe coronale après nasalisation dans le cadre d'une polypose naso-sinusienne montrant les remaniements osseux (flèche).

Fig. 5: Coronal section after nasalization in a case of sino-nasal polyposis showing bone remodeling (arrow).



Fig. 6 : Coupe coronale après nasalisation dans le cadre d'une polypose naso-sinusienne montrant les remaniements muqueux classiques en cadre (flèches).

Fig. 6: Coronal section after nasalization in a case of sino-nasal polyposis showing mucosal thickening.



a	b
c	

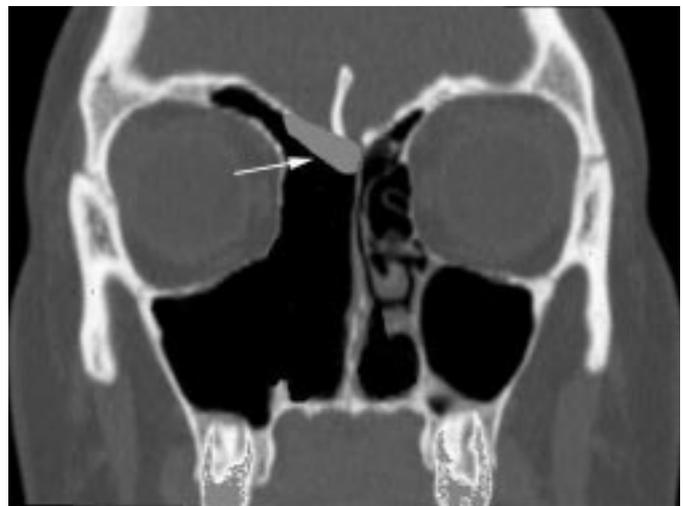


Fig. 7 : Modélisation TDM d'une voie paralatéronasale (PLN) montrant en coupes coronales : (a) : l'exérèse complète des cornets inférieur, moyen, supérieur, de l'ethmoïde (flèche) ; (b) : souvent associée à un effondrement de la cloison nasale avec ethmoïdectomie controlatérale (tête de flèche) ; (c) : parfois une plastie du toit d'ethmoïde avec greffon osseux (flèche) est associée par voie basse.

Fig. 7: CT simulation of a transfacial approach showing on an axial section: (a): complete resection of the inferior, middle, and superior turbinates, of the ethmoid (arrow), (b): often associated to the collapse of the nasal septum with a contralateral ethmoidectomy (arrowhead) ; (c): a reconstructive plasty of the ethmoid roof using a bone graft is sometimes associated during this approach.

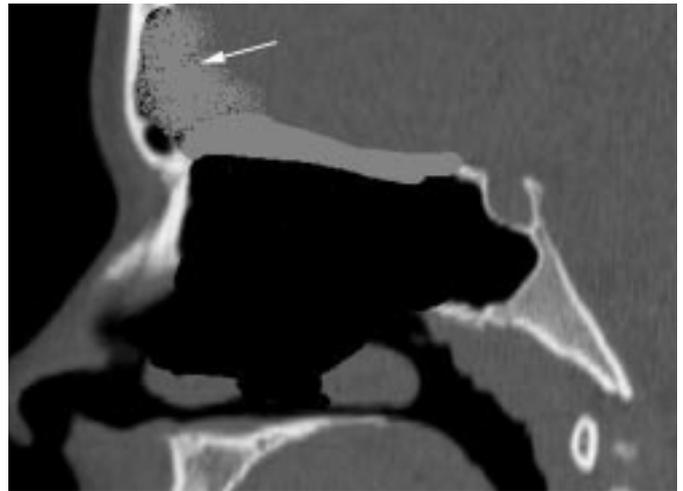
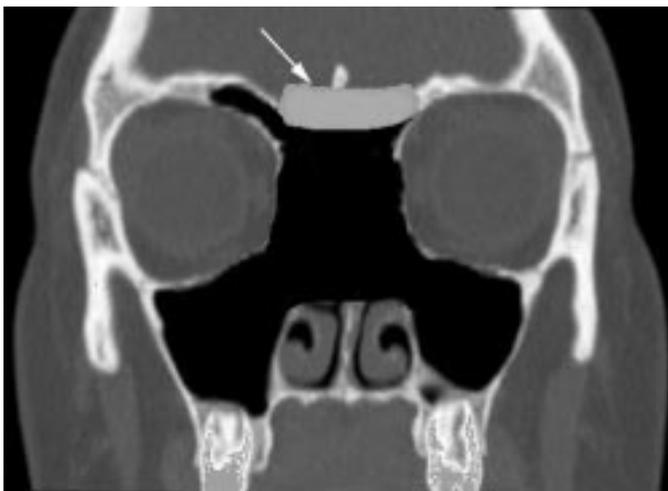


Fig. 8 : Modélisation TDM d'une voie haute associant une double voie d'abord : PLN et abord frontal avec plastie de reconstruction du toit de l'ethmoïde (flèche) (a), le lobe frontal comblant par la suite la cavité haute (cranialisation) (b).

Fig. 8: CT simulation of a combined transfacial and neurosurgical approach with reconstructive plasty of the ethmoid roof (arrow) (a), the frontal lobe filling secondarily the high cavity (arrowhead) (b).



Fig. 9 : Brèche ostéo-méningée par effraction du toit de l'ethmoïde droit (flèche).

Fig. 9: Osteo-meningeal fistula secondary to disruption of the right ethmoid roof (arrow).

L'imagerie sera par contre nécessaire s'il existe une suspicion de brèche à 24-48 h (au déméchage) ou, plus habituellement, à distance de l'intervention devant la constatation d'une rhinorrhée claire unilatérale persistante, augmentant en position penchée en avant, correspondant à une rhinorrhée de LCR (test à la B2 transferrine positif). Plus rarement, cette suspicion de brèche ostéo-méningée ne sera évoquée qu'en présence d'une complication infectieuse (méningite, méningo-encéphalite).

L'effraction se situe le plus fréquemment au point de faiblesse, à la jonction lame criblée - toit de l'ethmoïde (fig. 9). Elle est favorisée par des variantes anatomiques à risque comme une déhiscence pré-existante de la lame criblée ou une importante différence de hauteur entre le toit de l'ethmoïde et la lame criblée (10, 11). Devant toute suspicion de brèche traumatique, un scanner en constantes osseuses en ultra haute résolution coupes fines (1 mm environ) avec reconstructions frontales et sagittales sera le premier examen pratiqué. S'il existe une brèche

du toit de l'ethmoïde, elle sera le plus souvent mise en évidence par cet examen, sous forme d'un défaut osseux. En cas de négativité du scanner et de forte suspicion clinique, une IRM pourra être réalisée avec des séquences en haute résolution, matrice 512 ou 1024, fortement pondérée en T2, sensibles aux liquides (type séquence CISS Siemens, DRIVE Philips) ; le plan coronal devra être privilégié. Une séquence en inversion récupération pourra montrer une méningo-encéphalocèle (fig. 10).

En cas de brèche importante du toit de l'ethmoïde, l'IRM peut, de plus, détecter une contusion frontale associée (fig. 11).

La réparation d'une brèche ostéo-méningée se fait le plus souvent par mise en place d'un taquet muqueux ou ostéo-muqueux (fragment de cornet) par voie endonasale.

• Les complications orbitaires

Les complications orbitaires sont plus rares encore (6, 9), favorisées par une déhiscence pré-existante de la lame papyracée (fig. 12) qui devra être recherchée et signalée sur les scanners

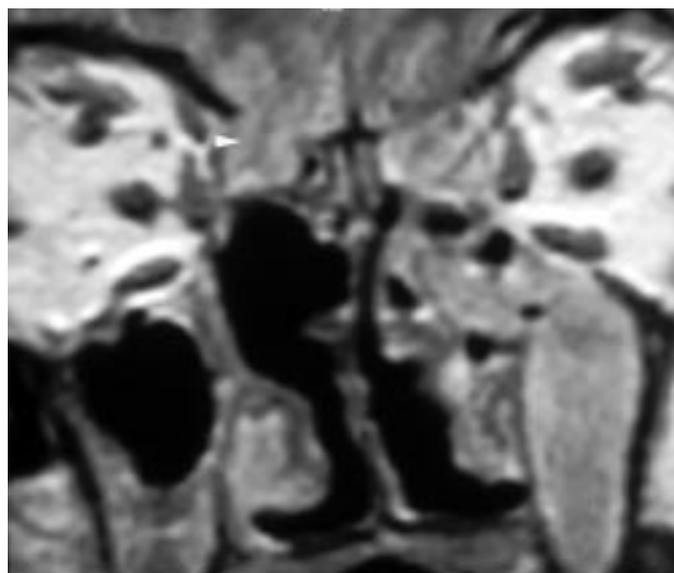
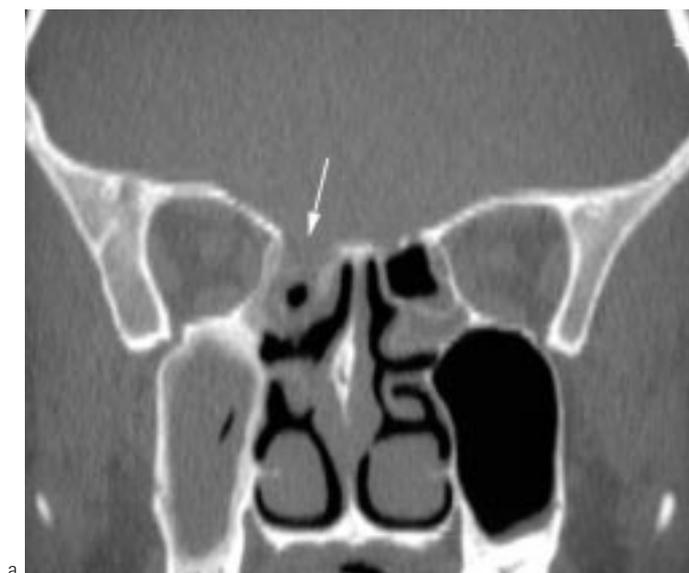
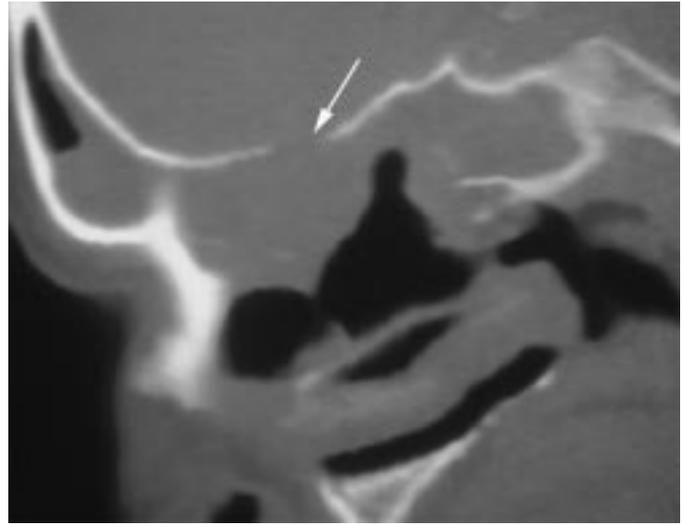
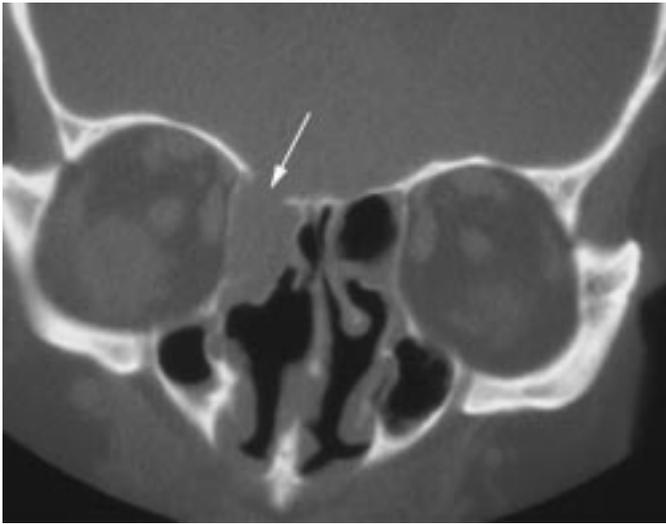


Fig. 10 : Méningo-encéphalocèle dans les suites d'une brèche du toit de l'ethmoïde droit (flèche). a : coupe coronale TDM. b : coupe IRM coronale montrant la méningo-encéphalocèle (tête de flèche). (Remerciements au Dr JC Ferrié – Poitiers).

Fig. 10: Meningo-encephalocèle secondary to disruption of the right ethmoid roof (arrow). a: CT coronal section. b: MRI coronal section showing the meningo-encephalocèle (arrowhead).



a|b
|c

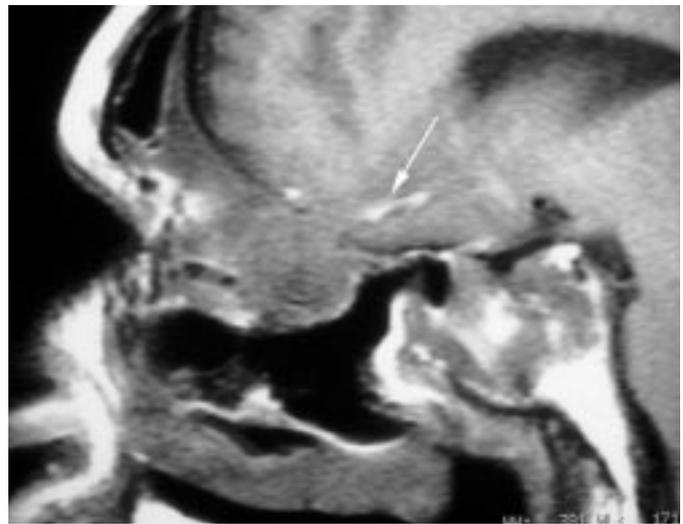


Fig. 11 : Brèche du toit de l'ethmoïde droit lors d'une ethmoïdectomie totale bilatérale (flèche). a : coupe coronale TDM. b : coupe sagittale TDM. c : coupe sagittale SE T1 montrant la contusion frontale associée (flèche). (Remerciements au Dr JC Ferrié – Poitiers).

Fig. 11: Disruption of the roof of the right ethmoid complicating a total bilateral ethmoidectomy (arrow). a: CT coronal section. b: CT sagittal section. c: MRI sagittal section (SE T1WI) showing the associated frontal contusion (arrow).



Fig. 12 : Coupe coronale TDM montrant une déhiscence de la lame papyracée droite (flèche), à signaler avant toute chirurgie, risque de complication orbitaire.

Fig. 13 : Hématome du muscle droit interne (flèche).

Fig. 13: Hematoma of the medial rectus muscle (arrow).

Fig. 12: CT coronal section showing the dehiscence of the right lamina papyracea (arrow), which must be diagnosed prior to any surgical procedure because of the risk of orbital complications.

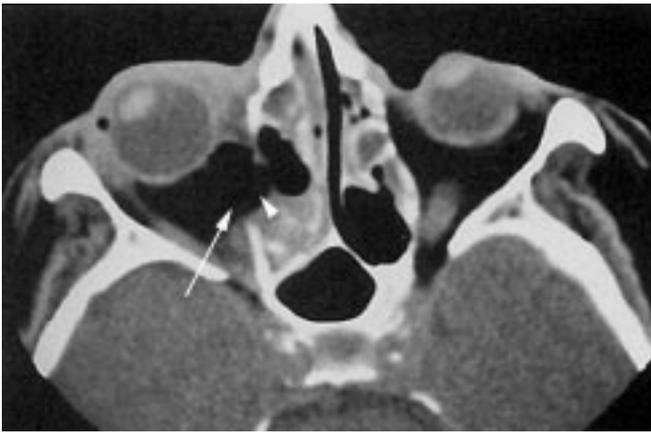


Fig. 14 : Emphysème intra-orbitaire (flèche) suite à une effraction de la lame papyracée droite (tête de flèche).

Fig. 14: Intra-orbital emphysema (arrow), following disruption of the right lamina papyracea (arrowhead).

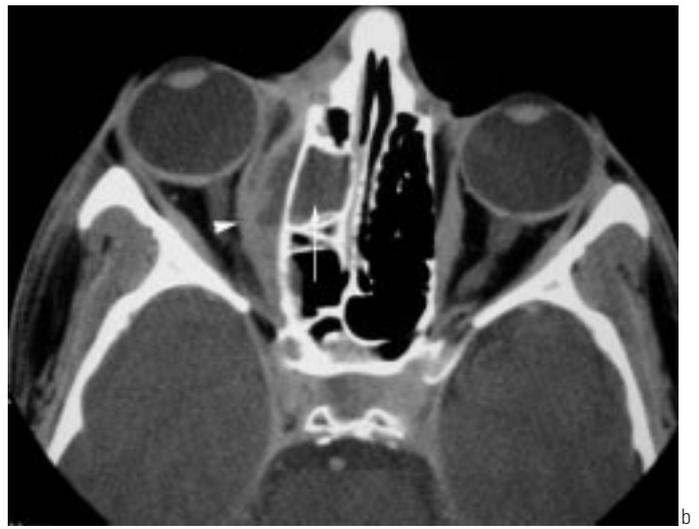


Fig. 15 : Ethmoïdite antérieure droite (flèche) avec extension orbitaire et refoulement du muscle droit interne (tête de flèche). a : coupe coronale. b : coupe axiale après injection.

Fig. 15: Right anterior ethmoiditis (arrow), with peri-orbital cellulitis and deviation of the medial rectus muscle (arrowhead). a: coronal section. b: axial section after intra-venous contrast material injection.



Fig. 16 : Antécédents d'ethmoïdectomie bilatérale pour PNS, récurrence (flèche), rétention surinfectée du sinus frontal droit (tête de flèche) avec extension orbitaire et sous cutanée (flèches fines).

Fig. 16: History of bilateral ethmoidectomy for sino-nasal polyposis, recurrence (arrow), retained infected secretions of the right frontal sinus (arrowhead) with peri-orbital and subcutaneous cellulitis (thin arrows).

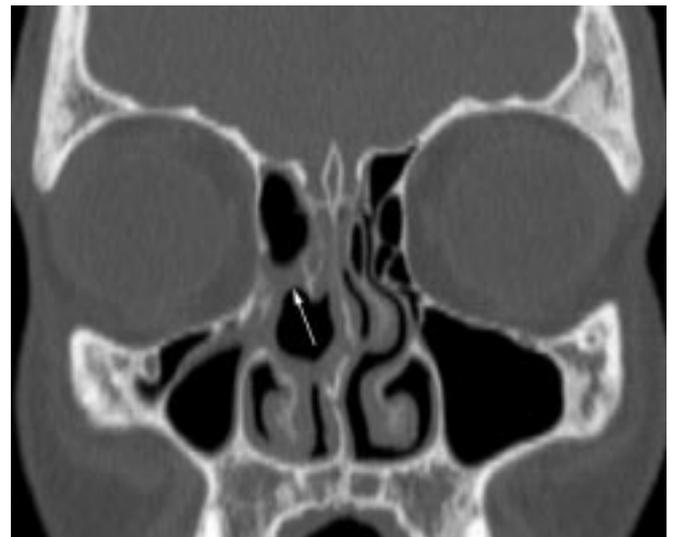
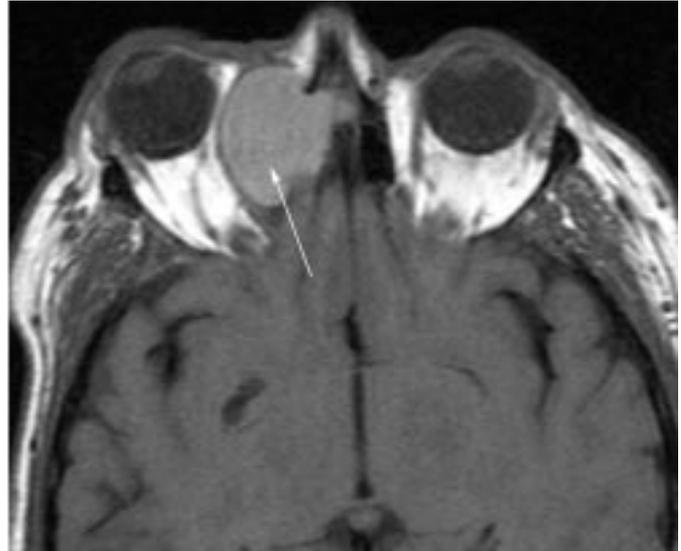


Fig. 17 : Antécédents d'ethmoïdectomie antérieure droite, synéchie en bande cloisonnant la cavité d'ethmoïdectomie (flèche). Risques de complications ultérieures à type de mucocèle ou d'ethmoïdite.

Fig. 17: History of right anterior ethmoidectomy, synechia partitioning the ethmoidectomy cavity (arrow). Possible secondary complications include mucocoele and ethmoiditis.



a|b
|c

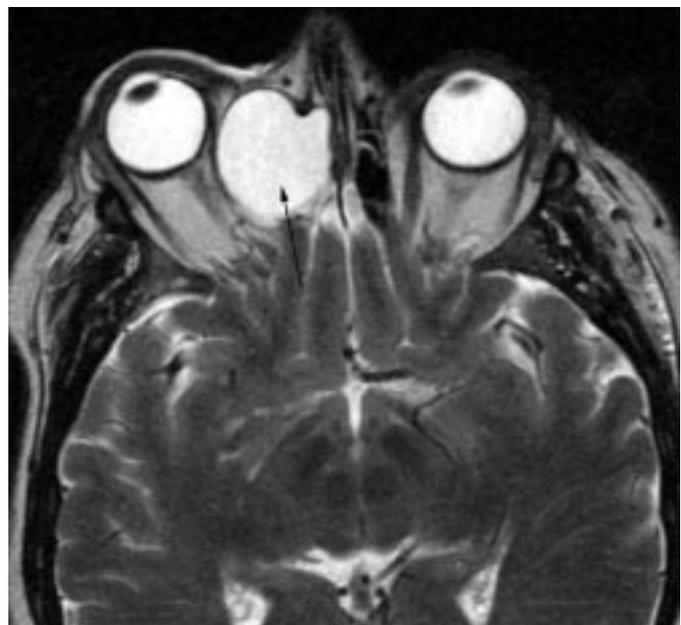


Fig. 18 : Mucocèle ethmoïdale droite après ethmoïdectomie antérieure. a : coupe axiale TDM montrant la masse soufflant la lame papyracée (flèche). **b :** coupe IRM axiale SE T1 montrant l'hypersignal T1 spontané (flèche). **c :** coupe IRM axiale TSE T2 montrant l'hypersignal T2 de la lésion (flèche) et l'extension orbitaire avec refoulement du droit interne et exophtalmie.

Fig. 18: Right ethmoid sinus mucocoele after anterior ethmoidectomy. a: axial section showing the mass bowing the lamina papyracea (arrow). **b:** MRI axial section (SE T1WI) showing spontaneous hyperintense T1 signal (arrow). **c:** MRI axial section (TSE T2WI) showing the hyperintense T2 signal of the lesion and the peri-orbital extension associated to deviation of the medial rectus muscle and exophthalmos (arrowhead).

pré-opératoires (11). Ces complications orbitaires peuvent être mineures à type d'hématome du muscle droit interne (*fig. 13*), souvent régressif, entraînant une diplopie transitoire. Un emphysème transitoire dans la graisse orbitaire peut être également constaté (*fig. 14*). Dans la majorité des cas, cet emphysème orbitaire régresse sans séquelle. Les complications majeures à type de cécité ou de diplopie persistante sont exceptionnelles. La cécité est le plus souvent due à un hématome rétro-bulbaire, comprimant le nerf optique, secondaire à une atteinte des artères ethmoïdales antérieures. Beaucoup plus rarement, il s'agit d'une lésion directe du nerf optique qui peut être touché en cas de pneumatisation de la clinode antérieure. Les diplopies persistantes sont dues à une atteinte directe du droit interne ou à un emphysème orbitaire massif.

• Les complications vasculaires

Les complications vasculaires à type d'hémorragie modérée (muqueuse ou artère ethmoïdale) sont classiques dans la chirurgie des sinus, souvent bien contrôlées mais gênant la poursuite de l'intervention par obstruction de l'endoscope et absence de

bonne visibilité. Le saignement est par exemple fréquent dans la chirurgie de la polypose nasosinusienne. Le risque majeur classiquement décrit, mais exceptionnel, est l'atteinte d'une carotide interne déhiscente au niveau du sinus sphénoïdal. Cette variante anatomique à risque est donc à décrire en pré-opératoire surtout si la cloison sphénoïdale s'insère sur cette carotide déhiscente (9).

2. Imagerie en cas de symptomatologie clinique à distance de l'intervention

À distance d'une chirurgie pour rhino-sinusite chronique ou polypose naso sinusienne, la réapparition d'une symptomatologie clinique peut nécessiter une nouvelle imagerie. Cette symptomatologie peut se faire sur un mode aigu (tableau infectieux, exophtalmie) ou le plus souvent sur un mode chronique (obstruction nasale, rhinorrhée, sinusite chronique...).

Des troubles de la cicatrisation avec épaissement muqueux important ou synéchies, une récurrence de polypose, la constitution de mucocèles ou des complications infectieuses (abcès,



a | b
| c

Fig. 19 : Récidive clinique de PNS après nasalisation, l'imagerie montre le comblement complet de la cavité d'éthmoïdectomie (flèche) et la persistance de cloisonnements ethmoïdaux antérieurs (tête de flèche) ; a : avec rétention d'amont au niveau de ces cloisonnements et des sinus frontaux (étoiles) ; b et c : coupes coronale et sagittale après injection. Risque de complications ultérieures. Notez la prise de contraste de la récidive de polyposse (flèche) par rapport à la rétention d'amont non rehaussée (étoiles).

Fig. 19: Clinical recurrence of sino-nasal polyposis after nasalization, imaging shows complete filling of the ethmoidectomy cavity (arrow) and anterior ethmoidal septums (arrowhead). a: with retained secretions inside these septums and the frontal sinuses (star) ; b and c: coronal and sagittal sections after intra-venous injection of contrast material. Delayed complications are possible. Contrast enhancement of the polyposis recurrence (arrow) is obvious when compared to the retained secretions which do not enhance (star).

empyème...) peuvent être responsables de ces différents tableaux cliniques.

L'imagerie doit alors faire la part entre ces différentes pathologies (6, 8). En pratique, une scanographie spiralée en constantes osseuses avec reconstructions 2D est le plus souvent à réaliser en première intention, complétée si nécessaire par une série après injection ou une IRM.

L'imagerie a un intérêt majeur pour les complications infectieuses aiguës, permettant de bien visualiser des comblements complets de sinus parfois avec lyse osseuse, associée à une prise de contraste importante souvent en couronne avec rétention centrale. Elle permet de bien analyser les extensions possibles de ces abcès vers l'orbite, les parties molles sous cutanées voire même l'encéphale (12, 13) (fig. 15 et 16).

Pour les complications chroniques, le radiologue doit savoir rester modeste dans l'analyse de la muqueuse en particulier en cas de PNS opérée, seul le chirurgien ORL peut parler de récidive. Par contre, l'imagerie a une place indispensable dans l'analyse de ces cavités opérées.

L'imagerie doit tout d'abord :

- décrire le type d'intervention pratiquée ;
- analyser globalement l'état des cavités (bien aérées, épaissement muqueux global, comblement partiel ou complet...) ;

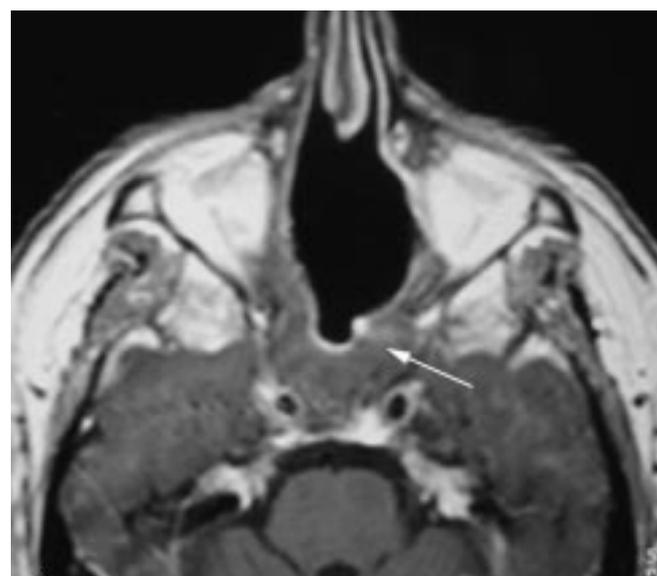
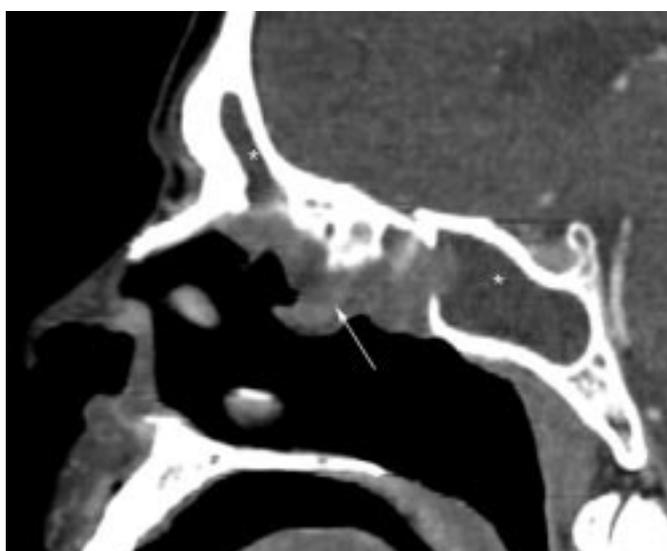
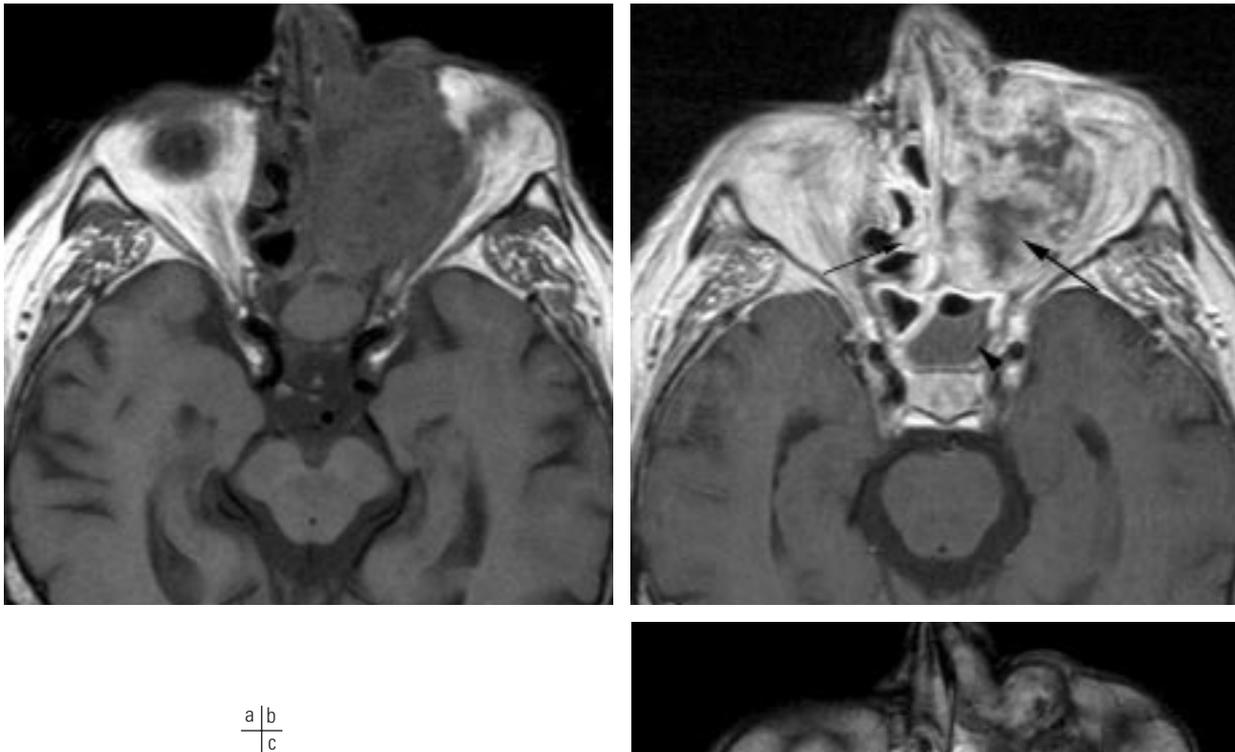


Fig. 20 : Coupe axiale SE T1 après injection chez un patient aux antécédents de voie paralatéronasale (PLN) pour tumeur de l'ethmoïde. Comblement postérieur en cadre de la cavité opératoire, habituel dans ce type de chirurgie (flèche).

Fig. 20: SE T1WI axial section after Gadolinium injection in a patient with a history of ethmoid tumor treated with a transfacial approach. Posterior filling of the cavity is commonly observed in this surgical technique (arrow).



a	b
	c

Fig. 21 : Récidive d'adénocarcinome ethmoïdal. **a** : coupe axiale SE T1 sans injection. **b** : coupe axiale SE T1 après injection, prise de contraste hétérogène de la tumeur (flèche), rétention d'amont dans le sphénoïde (tête de flèche), épaissement muqueux inflammatoire de l'ethmoïde controlatéral (flèche fine). **c** : coupe axiale TSE T2, hyposignal T2 de la tumeur (flèche), hypersignal T2 de la rétention sphénoïdale (tête de flèche) et de l'épaississement muqueux des cellules ethmoïdales controlatérales (flèche fine).

Fig. 21: Recurrent ethmoid adenocarcinoma. **a**: SE T1WI axial section without contrast material injection. **b**: SE T1WI axial section after intra-venous injection shows heterogeneous enhancement of the tumor (arrow), retained secretions located in the sphenoid sinus (arrowhead), inflammatory mucosal thickening of contralateral ethmoid sinus (thin arrow). **c**: TSE T2WI axial section, hypointense T2 signal of the tumor (arrow), hyperintense T2 signal of the retained sphenoid secretion (arrowhead) and mucosal thickening of the contralateral ethmoid cells (thin arrow).

- décrire l'état des parois osseuses (sclérose, lyse) ;
- décrire d'éventuelles synéchies qui sont des opacités en bande cloisonnant un sinus ou une partie d'un sinus. Un sinus cloisonné mal drainé risque de se compliquer (rétention chronique de type mucocèle ou rétention aiguë de type abcès) (fig. 17).

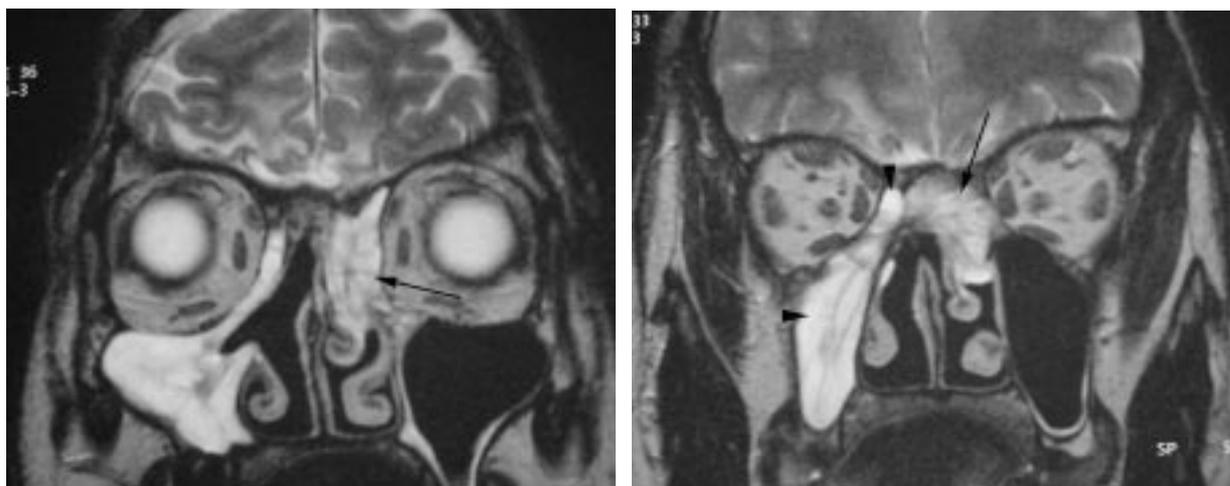
L'imagerie est une aide précieuse pour le diagnostic des mucocèles (fig. 18) qui sont une complication classique des sinus opérés. L'aspect est typique en IRM avec un hypersignal spontané en T1. Il convient souvent d'associer à l'IRM un scanner en constantes osseuses qui montre l'état des parois osseuses souvent soufflées, ballonnées rarement lysées en cas de mucocèle. L'IRM permet en plus de faire la différence entre la poche mucocélique et le tissu de comblement et montre les extensions notamment vers l'orbite (8, 13).

L'imagerie doit toujours rechercher une origine dentaire qui peut être la cause de la symptomatologie clinique, et enfin doit préciser à nouveau les variantes chirurgicales à risque et doit porter une attention accrue aux zones mal contrôlées par l'ORL au naso-fibroscope : les sinus frontaux et le sinus sphénoïdal.

En cas de récurrence clinique de PNS, l'imagerie doit faire le bilan d'extension : récurrence complète (toute la cavité d'ethmoïdectomie est comblée, plus ou moins le sphénoïde), récurrence limitée, mucocèle associée, rétention d'amont (fig. 19).

3. Que doit-on décrire après chirurgie endoscopique ?

- les complications ;
- le type de chirurgie pratiquée ;
- faire une analyse globale de l'état des cavités :
 - bien aérées,
 - épaissement muqueux global,
 - comblement complet ;
- l'état des parois :
 - risque de synéchie ;
- les zones mal contrôlées par l'ORL :
 - sinus frontaux,
 - sinus sphénoïdal ;
- une récurrence en restant prudent dans le compte-rendu si elle n'est pas envisagée cliniquement ;
- les variantes anatomiques à risque : (carotide interne, nerf optique,...).



a | b
| c

Fig. 22 : Récidive d'adénocarcinome de l'éthmoïde gauche. **a** : coupe coronale antérieure TSE T2, hypersignal T2 de la tumeur (flèche). **b** : coupe coronale postérieure TSE T2, notez la différence de signal entre la tumeur (flèche) en hypersignal T2 moins intense que le tissu fibro-inflammatoire (tête de flèche) de la partie latérale droite de la cavité d'éthmoïdectomie et du sinus maxillaire droit. **c** : coupe coronale SE T1 après injection de chélats de Gadolinium et saturation de la graisse, prise de contraste de la tumeur (flèche), du tissu inflammatoire (tête de flèche) et extension intra crânienne avec prise de contraste méningée (flèches fines).

Fig. 22: Recurrent left ethmoid adenocarcinoma. **a**: TSE T2WI anterior coronal section shows the hyperintense T2 signal of the tumor (arrow). **b**: TSE T2WI posterior coronal section shows a noticeable difference in signal intensity between the tumor (arrow) which has a high signal intensity although lower than the signal of the fibro-inflammatory tissue (arrowhead) located in the right lateral part of the ethmoidectomy cavity and in the right maxillary sinus. **c**: SE T1WI coronal section after Gadolinium injection and fat saturation shows the contrast-enhancement (arrow) of the inflammatory tissue (arrowhead) and intra-cranial extension (meningeal enhancement) (thin arrows).

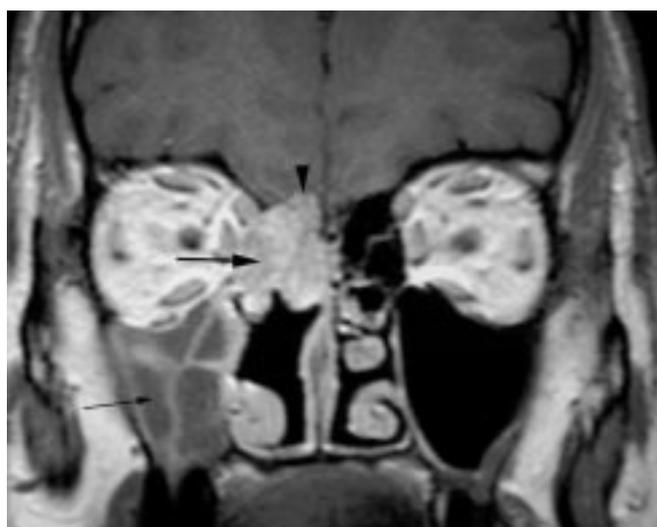


Fig. 23 : Récidive tumorale de l'éthmoïde. Coupe coronale SE T1 après injection de chélats de Gadolinium. Récidive tumorale de l'éthmoïde droit (flèche) avec extension intra-crânienne (tête de flèche), tissu inflammatoire du sinus maxillaire droit (flèche fine).

Fig. 23: Recurrent ethmoid tumor. SE T1WI coronal section after Gadolinium injection. Right ethmoid tumoral recurrence (arrow) with intra-cranial extension (arrowhead), and inflammatory tissue in the right maxillary sinus (thin arrow).

SURVEILLANCE D'UNE PATHOLOGIE TUMORALE MALIGNÉ OPÉRÉE

L'imagerie après chirurgie pour tumeur maligne des sinus reste un examen difficile étant donné les remaniements post-chirurgicaux, le plus souvent associés à des remaniements post-radiothérapeutiques. La cavité chirurgicale est très souvent le siège de remaniements fibro-inflammatoires et l'imagerie doit faire la différence entre épaissements muqueux fibro-inflammatoires (plus ou moins fibreux ou plus ou moins oedémateux), récurrence ou muco-cèle (14, 15).

Cette analyse difficile justifie, pour la plupart des équipes travaillant dans ce domaine, la réalisation d'une imagerie de référence à 3 mois de la fin du traitement (chirurgical et radiothérapeutique) (8). Ce délai de 3 mois est indispensable pour une cicatrisation complète avec disparition des phénomènes inflammatoires aigus, de l'œdème et des phénomènes hémorragiques. Si l'exérèse chirurgicale a pu être complète, la récurrence ne peut être déjà présente.

Cette imagerie de référence comprend si possible une TDM en constantes osseuses et une IRM. Les séquences les plus utilisées en pathologie tumorale des sinus sont le TSE T2 haute résolution, coupes de 3 mm, dans les 3 plans de l'espace ; le

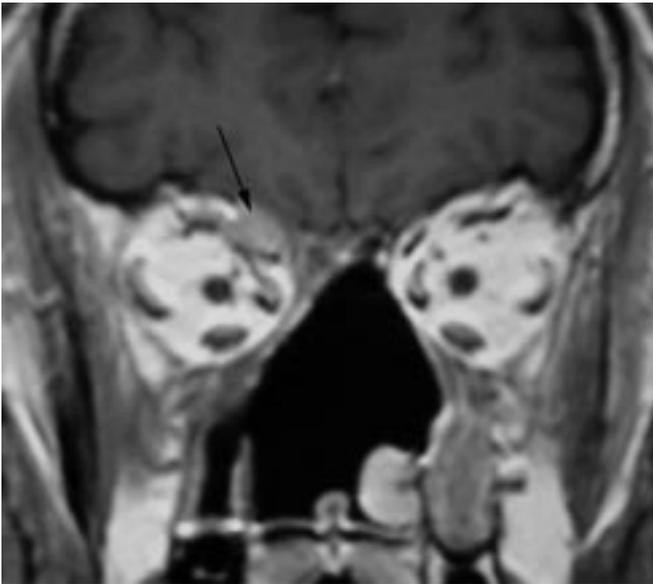


Fig. 24 : Récidive sous muqueuse intra-orbitaire (flèche) après PLN, pas de récurrence dans la cavité opératoire.

Fig. 24: Sub-mucosal intra-orbital recurrence (arrow) after transfacial approach, no recurrence in the post operative cavity.

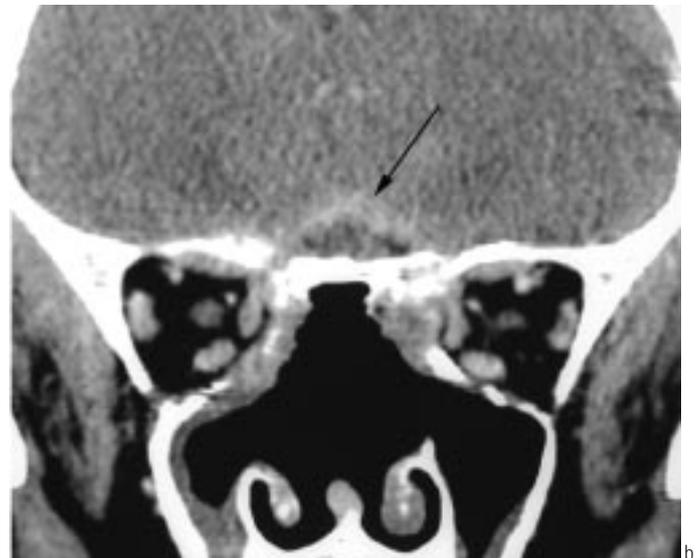
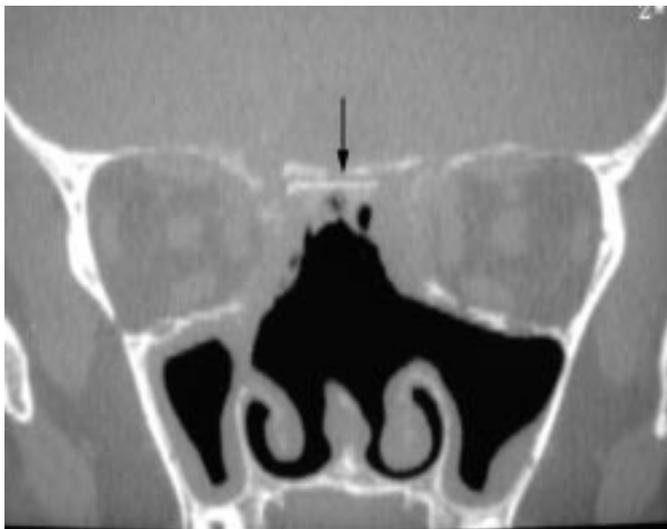


Fig. 25 : Antécédent d'ethmoïdectomie totale par voie frontale avec plastie du toit de l'ethmoïde par greffon osseux (flèche). **a :** coupe coronale TDM constantes osseuses. **b :** coupe coronale TDM après injection. Récidive intra-crânienne sous la plastie (flèche). Absence de récurrence dans la cavité opératoire.

Fig. 25: History of total ethmoidectomy (combined approach), associated to a reconstructive plasty of the ethmoid roof using a bone graft (arrow). **a :** CT coronal section and bone window settings. **b :** CT coronal section after intra-venous contrast material injection. Intra-cranial recurrence, under the plasty (arrow), no recurrence in the post operative cavity.

SE T1, haute résolution axial avant injection 3 mm et après injection ; le SE T1 avec saturation de la graisse 3 mm haute résolution en incidences axiale et coronale, auquel on ajoute une incidence sagittale s'il y a une suspicion d'extension intra-crânienne.

L'analyse doit inclure la cavité opératoire, l'os, les parties molles adjacentes, les méninges et les trajets nerveux. Cette imagerie de référence servira de base pour analyser les contrôles ultérieurs.

Après chirurgie et radiothérapie, la cavité post opératoire présente toujours un épaissement muqueux en cadre à bords concaves qui prédomine souvent en postérieur au niveau du sphénoïde (fig. 20).

1. Dans la cavité opératoire

(fig. 21, 22 et 23)

Il convient de faire la différence entre (15) :

- La récurrence tumorale qui apparaît en hyposignal T1 (parfois associée à des plages en hypersignal en cas de saignement), le plus souvent en hyposignal T2 mais parfois iso ou hyper T2 ! (mais presque toujours la récurrence est de signal moins intense que le tissu fibro-inflammatoire) avec une prise de chélats de Gadolinium souvent hétérogène.

- Le tissu fibro-inflammatoire se présente en hyposignal T1, en hypersignal T2. Si la fibrose prédomine l'hypersignal est moins intense ; si le tissu inflammatoire prédomine l'hypersignal est plus intense. Il faut se rappeler que le signal T2 du tissu fibro-inflam-

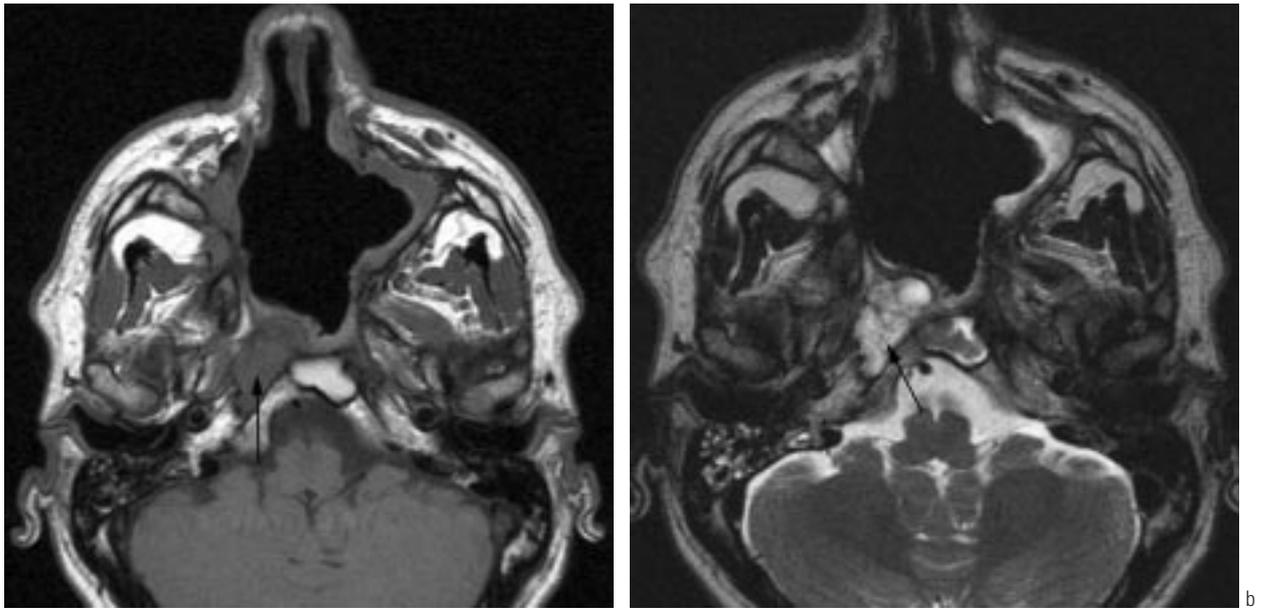


Fig. 26 : Récidive d'un carcinome épidermoïde ethmoïdal. a : coupe axiale SE T1 avant injection. **b :** coupe axiale TSE T2. Récidive sous muqueuse rétropharyngée (flèche) dans les suites d'une PLN pour carcinome épidermoïde de l'ethmoïde.

Fig. 26: Recurrence of an ethmoid carcinoma. a : SE T1WI axial section without contrast material injection. **b :** TSE T2WI axial section. Retro-pharyngeal sub-mucosal recurrence of an ethmoid squamous cell carcinoma treated using a transfacial approach.

matoire est presque toujours plus intense que celui du tissu tumoral. Le tissu fibro-inflammatoire prend le contraste de façon souvent superficielle périphérique.

– La rétention liquidienne se présente avec un niveau liquide en hyposignal T1, hypersignal T2 franc et sans prise de contraste (mais attention la muqueuse en périphérie d'une rétention prend souvent le contraste de façon intense car elle est inflammatoire).

– Une mucocèle présente un aspect soufflé des parois osseuses adjacentes, un hypersignal T1 dû au contenu protidique élevé, une absence de prise de contraste et un hypersignal T2.

Les séries en T2 sont donc les plus intéressantes pour analyser ces différentes composantes, les mucocèles étant quant à elles bien repérées par le T1 sans injection.

Si une récidive tumorale est suspectée, il faudra faire son bilan d'extension en particulier orbitaire et intra-crânien, en tenant

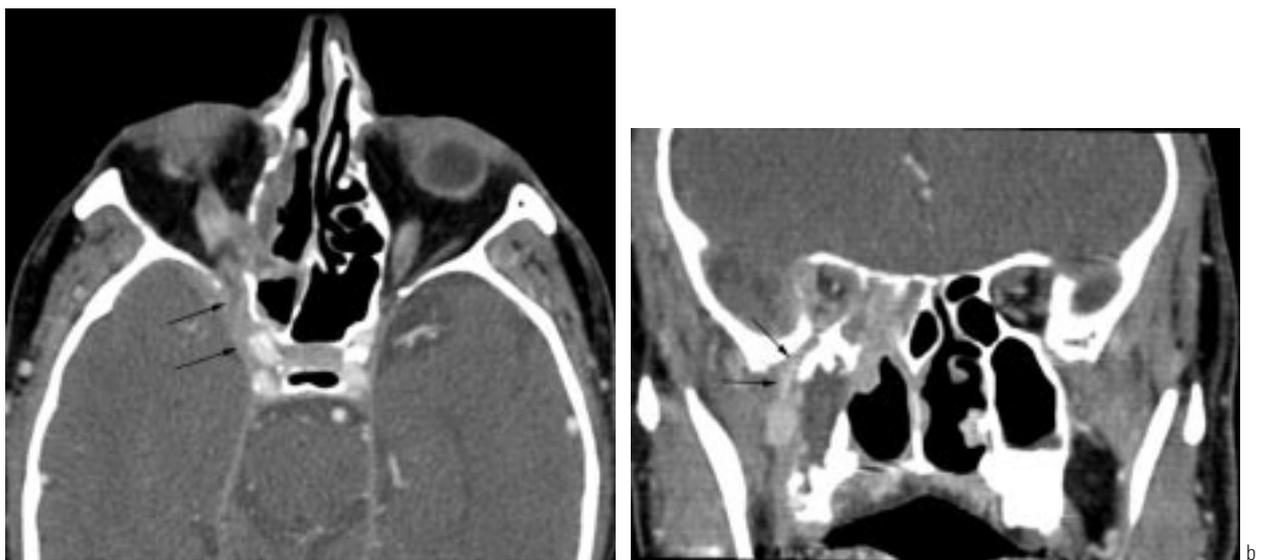


Fig. 27 : Récidive d'un carcinome épidermoïde ethmoïdal. a : coupe axiale TDM après injection. **b :** coupe coronale TDM après injection. Récidive périnerveuse (flèches) d'un carcinome épidermoïde de l'ethmoïde droit traité par PLN droite 9 mois auparavant, avec extension vers le sinus caverneux et la fissure orbitaire inférieure.

Fig. 27: Recurrence of an ethmoid squamous cell carcinoma. a : CT axial section after contrast material injection. **b :** coronal section after contrast material injection. Peri-neural recurrence (arrows) of a right ethmoid squamous cell carcinoma 9 months after a surgical procedure consisting of a right transfacial approach, with an extension to the cavernous sinus and to the inferior orbital fissure.

compte pour les lyses osseuses adjacentes de celles qui existaient en pré-opératoire, ou sur le bilan de référence.

2. Récidive sous muqueuse

Le problème est souvent plus délicat pour l'analyse sous muqueuse car ces récidives profondes sont assez fréquentes et ne sont pas visibles pour le chirurgien au naso-fibroscope. Ces régions sont donc à bien analyser en post-opératoire même quand la cavité est normale (7, 8) ; en particulier l'orbite (*fig. 24*), la région sous le greffon osseux ou cartilagineux du toit de l'ethmoïde (*fig. 25*), les espaces profonds (fosse ptérygo-palatine, fosse infra-temporale, rétropharynx) (*fig. 26*). Pour cette analyse, les séquences injectées avec saturation de la graisse sont particulièrement intéressantes. De même, une infiltration périnerveuse est toujours à rechercher (élargissement des foramens de la base du crâne et prise de contraste du nerf) (*fig. 27*).

3. Fréquence de la surveillance

Les récidives sont plus fréquentes la première année et certaines tumeurs récidivent plus que d'autres (mélanomes).

Il n'y a pas de standard dans la surveillance et les contrôles dépendent donc beaucoup du chirurgien et de la surveillance clinique.

Cependant, classiquement, on préconise un premier bilan de référence à 3 mois de la fin du traitement avec TDM os et IRM puis, un bilan 6 mois après (TDM os et IRM) et ultérieurement, une IRM tous les ans jusqu'à 5 ans.

Références

1. Klossek JM, Fontanel JP, Dessi P, Serrano E. Chirurgie endonasale sous guidage endoscopique. Paris:Masson;1995.
2. Peynègre R. Chirurgie de l'ethmoïde et du sinus sphénoïdal. *Encycl. Med. Chir. Techniques chirurgicales — Tête et cou.* Paris:46-150;1993.
3. Bebear JP, Darrouzet V, Gharbi F. Chirurgie des tumeurs sinusiennes. *Encycl. Med. Chir. Techniques chirurgicales — Tête et cou.* Paris:46-170;1993.
4. Laine FJ, Smoker WR. The ostiomeatal unit and endoscopic surgery: anatomy, variations, and imaging findings in inflammatory diseases. *AJR* 1992;159:849-57.
5. Frèche C, Fontanel JP, Peynègre R. La polypose naso-sinusienne. Rapport de la Société Française d'ORL et Chirurgie de la face et du cou. Paris;2000.
6. Mafee MF, Chow JM, Meyers R. Functional endoscopic sinus surgery: anatomy, CT screening, indications and complications. *AJR* 1993;160:735-44.
7. Som PM, Brandwein M. Head and Neck Imaging. In: Som PM, Curtin HD editors. *Sinonasal cavities: Inflammatory diseases, Tumors, Fractures and Postoperative Findings.* 3rd ed. Mosby-Year Book: 1996; p 127-315.
8. Marsot-Dupuch K, Gayet-Delacroix M, Callonnec F et al. Imagerie des sinus opérés. *Feuillets de Radiologie* 1999;39:433-49.
9. Dessi P, Castro F, Triglia JM, Zanaret M, Cannoni M. Major complications of sinus surgery: a review of 1192 procedures. *J Laryngol Otol* 1994;108:212-5.
10. Stankiewicz JA. Cerebrospinal fluid fistula and endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope* 1991;101:250-6.
11. Hudgins PA. Complications of endoscopic sinus surgery. The role of the radiologist in prevention. *Radiol Clin North Am* 1993;31:21-32.
12. Som PM, Urken ML, Biller H, Lidov M. Imaging the postoperative neck. *Radiology* 1993;187:593-603.
13. Som PM, Lawson W, Biller HF, Lanzieri CF. Ethmoid sinus disease: CT evaluation in 400 cases. Part II. Postoperative findings. *Radiology* 1986;159:599-604.
14. Som PM, Lawson W, Biller HF, Lanzieri CF, Sachdev VP, Rigamonti D. Ethmoid sinus disease: CT evaluation in 400 cases. Part III. Craniofacial resection. *Radiology* 1986;159:605-9.
15. Som PM, Shapiro MD, Biller HF, Sasaki C, Lawson W. Sinonasal tumors and inflammatory tissues: differentiation with MR imaging. *Radiology* 1988;167:803-8.

Cas Clinique : Questions – Réponses

Imagerie des sinus opérés

F Dubrulle, J Darras, C Khalil

HISTOIRE DE LA MALADIE

Mme H. 56 ans a des antécédents de méatotomie moyenne droite il y a 4 ans pour sinusite maxillaire droite. Les suites ont été excellentes avec disparition de la symptomatologie pendant 3 ans.

Depuis 1 an, elle présente à nouveau des épisodes de sinusite maxillaire droite. Un scanner est demandé (*fig. 1 et 2*).

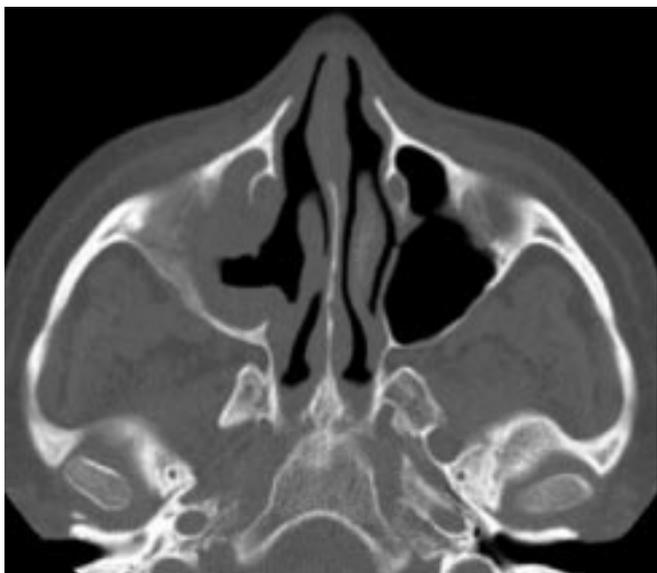


Fig. 1 : TDM : coupe axiale transverse.

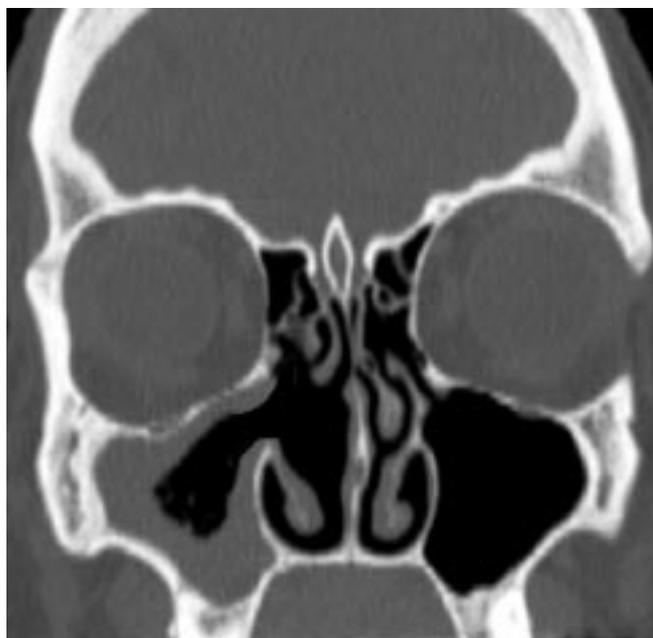


Fig. 2 : Reconstruction coronale intéressant les sinus maxillaires.

QUESTIONS

1. Que décrivez-vous ?
2. Que faites-vous ?
3. Que répondez-vous au clinicien ?

RÉPONSES

1. La coupe axiale et la reconstruction coronale montrent un *épaississement en cadre du sinus maxillaire droit* isolé, avec des *séquelles de méatotomie moyenne classique* (ablation de l'apophyse unciforme et du cornet moyen) assurant à priori un drainage correct du sinus maxillaire.
2. Pensez à faire une *reconstruction curviligne de type denta-scanner*.

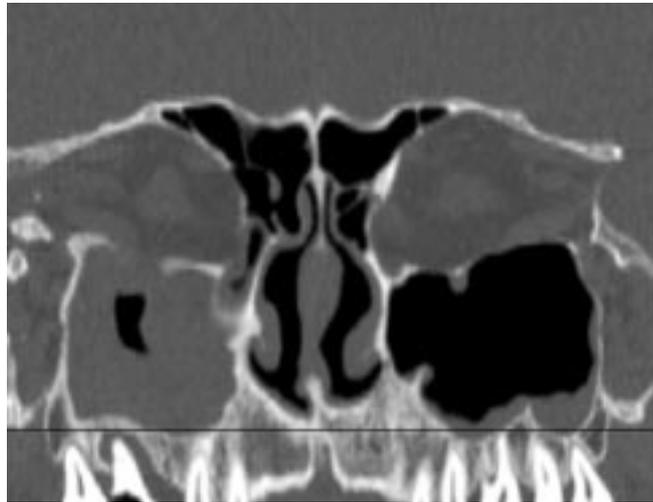


Fig. 3 : TDM : reconstruction curviligne : granulome péri-apical d'une molaire droite pouvant être à l'origine de ces complications sinusiennes.

3. *Granulome péri-apical d'une molaire droite* dont l'ablation doit être assurée. Après ablation de la dent, la symptomatologie a disparu !

L'imagerie des sinus de la face et du massif facial : stratégies d'exploration

JC Ferrié, JM Klossek

ABSTRACT

Paranasal sinuses and facial imaging

Advances in radiological and endoscopic imaging allow more accurate location and spread of nasosinusoidal diseases. These developments have led to a better understanding of sinus anatomy and to widespread of surgical techniques as endoscopic sinus surgery. CT becomes the primary imaging modality for assessment of chronic rhinosinusitis and complex traumatic injury. Associated to CT, MRI is used to distinguish between inflammatory and neoplastic pathology and to assess lesion involving the skull base or intracranial structures. However, optimization of technical parameters according to the pathology is necessary.

Key words: Paranasal sinuses, diseases. Paranasal sinuses, CT. Paranasal sinuses, MR.

J Radiol 2003;84:963-967

RÉSUMÉ

Grâce aux progrès de l'imagerie radiologique et endoscopique une évaluation de plus en plus précise de la localisation et de l'étendue des processus pathologiques naso-sinusiens est actuellement possible. Ces développements ont favorisé l'essor de nouvelles techniques chirurgicales, en particulier, la chirurgie endoscopique endonasale. La TDM est ainsi devenue prépondérante dans la prise en charge des rhinosinusites chroniques et des lésions traumatiques complexes. En pathologie tumorale, elle est associée à l'IRM pour une meilleure évaluation du volume et des extensions tumorales. Toutefois, une optimisation des techniques de réalisation est nécessaire en fonction du type de pathologie explorée.

Mots-clés : Sinus, Technique d'exploration. Sinus, Infection. Sinus, Tumeur. Sinus, Traumatisme.

La prise en charge des pathologies naso-sinusiennes a bénéficié du perfectionnement des techniques d'imagerie qu'elles soient endoscopique, tomodensitométrie ou par IRM. Ainsi, en association avec une analyse endoscopique de la cavité nasale, une étude radiologique précise du contenu des cavités naso-sinusiennes et de la morphologie du massif facial est actuellement possible dans les différents plans de l'espace. Cependant, chaque technique d'imagerie médicale conserve sa spécificité et, en fonction de la pathologie à explorer, la chronologie et la réalisation des examens peuvent varier afin d'optimiser les résultats obtenus (1, 2). Il convient donc de définir des stratégies d'exploration, en fonction des types d'imagerie et des différentes pathologies.

LES TECHNIQUES D'IMAGERIE

1. La radiographie standard

La radiographie standard, en raison de sa facilité d'accès est encore souvent utilisée dans l'évaluation des pathologies naso-sinusiennes infectieuses et des traumatismes faciaux ou mandibulaires simples. Dans la plupart des affections chroniques infectieuses ou inflammatoires, elle est peu utile grâce au développement de l'endoscopie endonasale qui donne des renseignements plus précis sur l'état de la muqueuse et des ostia sinusiens.

Quelle que soit la technique utilisée (radiographie conventionnelle ou numérisée), deux clichés peuvent être utiles lors des rhino sinusites infectieuses : le Blondeau et le panoramique dentaire. Le Blondeau apprécie de façon grossière la présence de lésions mono ou pluri-sinusiennes ainsi que le caractère uni ou bilatéral des anomalies ; il peut aussi mettre en évidence d'éventuels corps étrangers ou des niveaux liquides dans le sinus maxillaire. Le panoramique dentaire analyse les rapports des dents maxillaires avec le sinus maxillaire et peut objectiver des foyers apico-dentaires. En pathologie traumatique simple, une première analyse des structures osseuses du massif facial, des os du nez et de la mandibule peut être obtenue sur les clichés de Blondeau, des os du nez de profil et sur le panoramique dentaire.

Tous ces clichés ne permettent pas une évaluation correcte de l'éthmoïde et du sinus sphénoïdal. Ils apprécient mal et sous-estiment l'étendue des lésions muqueuses, les modifications des parois osseuses, les traits de fractures et les déplacements osseux. Cette étude radiologique est donc insuffisante dans l'exploration des rhino sinusites chroniques, des processus tumoraux et des traumatismes faciaux complexes.

2. La tomodensitométrie

Cette technique occupe une place importante dans les indications d'imagerie. Grâce aux appareils récents (multibarettes), les techniques d'acquisition spiralée deviennent prépondérantes (3-5). Elles permettent l'acquisition rapide, dans une position confortable (décubitus dorsal), d'un volume de données à partir duquel des reconstructions multiplans sont effectuées. À l'aide de logiciels spécifiques de reconstruction volumique,

des techniques d'endoscopie virtuelle et d'assistance chirurgicale avec navigation per-opératoire sont aussi accessibles. Cependant, quel que soit le type d'acquisition employée (séquentiel ou spiralé), une exploration correcte du massif facial obéit à des règles :

2.1. Le plan d'étude

Deux plans minimum d'analyse sont nécessaires (incidences frontale et transverse) pour une étude correcte de la morphologie sinusienne et de la localisation des lésions.

– L'incidence frontale (perpendiculaire au palais osseux) est l'incidence de base. Au point de vue anatomique, la visualisation du processus unciforme, de la bulle ethmoïdale et du cornet moyen rend possible l'identification du méat moyen, de l'infundibulum, de l'ostium maxillaire et du récessus frontal. L'étude frontale permet l'analyse du conduit lacrymo-nasal, du cornet moyen et de sa racine d'attache au toit ethmoïdo-frontal, des rapports du méat moyen avec le plancher orbitaire, du toit ethmoïdo-frontal et des parois ethmoïdales latérales. Au niveau lésionnel, elle analyse les rapports sinusiens avec l'endocrâne, l'orbite et les apex dentaires. L'analyse doit être complète du sinus frontal à la paroi postérieure du sinus sphénoïdal.

– L'incidence transverse permet l'étude de la systématisation ethmoïdale (identification de la racine cloisonnante du cornet moyen), des parois maxillaires et frontales, des parois ethmoïdales latérales et du sinus sphénoïdal. Les rapports sinusiens avec l'orbite, le nerf optique, les espaces profonds de la face, le rhino-pharynx et les artères carotides internes sont bien analysés. L'étude sinusienne s'étend des récessus alvéolaires maxillaires au toit du sinus frontal.

– L'incidence sagittale est intéressante en pathologie tumorale et traumatique pour étudier les structures osseuses de l'étage antérieur et moyen de la base du crâne. Lors du bilan avant chirurgie endoscopique, elle permet une bonne analyse du toit ethmoïdo-frontal.

– Les reconstructions frontales obliques dans l'axe du canal naso-frontal favorisent l'étude des récessus frontaux (recherche de sténose post-opératoire).

– Les reconstructions courbes de type panoramique dentaire et oblique (perpendiculaire à l'axe de l'arcade dentaire) peuvent être utiles pour visualiser les rapports des apex dentaires avec les sinus maxillaires.

2.2. Les paramètres de reconstruction

En fonction du type d'analyse souhaitée (étude osseuse privilégiant la résolution spatiale ou étude tissulaire nécessitant une bonne résolution en densité), certains paramètres tels que : l'épaisseur des coupes, le filtre de reconstruction et les fenêtres d'analyse vont varier.

Les coupes sont fines (1 à 3 mm d'épaisseur en pathologie inflammatoire et traumatique, 3 à 5 mm en pathologie tumorale) et l'espace intercoupes varie de 2 à 5 mm.

Le choix du filtre de reconstruction dépend du type des lésions étudiées. En pathologie inflammatoire, la résolution doit permettre d'individualiser certaines structures anatomiques fines telles que : la muqueuse, la paroi des fosses nasales et des différentes cavités sinusiennes, les cornets, les régions méatiques, les cloisons ethmoïdales, la lame criblée, l'infrastructure maxillaire et l'apex dentaire. Comme en pathologie traumatique et lors des

bilans morphologiques avant chirurgie endoscopique, la résolution spatiale et l'analyse des structures osseuses sont donc privilégiées dans le choix du filtre. Les images sont présentées avec une fenêtre osseuse. À ce niveau de fenêtrage et avec le filtre choisi, les différences de contraste entre les tissus mous sont trop faibles pour une identification tissulaire précise.

En pathologie tumorale ainsi que lors des sinusites aiguës compliquées, si l'analyse des structures osseuses reste capitale, l'analyse des structures tissulaires est impérative pour apprécier l'extension des processus. Il est donc nécessaire, parallèlement à l'étude osseuse, d'obtenir des images avec un filtre adapté à l'étude des parties molles et de modifier l'épaisseur des coupes reconstruites. La présentation de ces images avec des fenêtres d'analyse tissulaire est impérative.

Le champ d'exploration est adapté au massif facial ; il doit permettre la visualisation des cavités aériques naso-sinusiennes, du rhino-pharynx, des fosses infra temporales, des orbites, de l'étage antérieur de la base du crâne et des apex dentaires. En pathologie traumatique, il doit permettre l'analyse de la totalité du massif facial.

2.3. Les paramètres d'acquisition

Les constantes du faisceau de rayons X doivent être choisies afin d'obtenir une visualisation satisfaisante des structures osseuses fines avec la moindre irradiation. Cependant, si une acquisition en « basse dose » peut permettre une étude correcte des pièces osseuses ethmoïdales lorsqu'il existe un fort contraste naturel (air-os), cette étude peut être plus difficile si ce contraste disparaît comme cela est généralement le cas lorsqu'il existe un comblement ethmoïdal. Il est donc nécessaire, en fonction du type d'appareil et des recommandations des constructeurs, de définir les constantes permettant à la fois une étude performante et une irradiation moindre. Afin de réduire l'irradiation des cristallins, des protections oculaires pourraient parfois être utilisées (6).

2.4. La préparation du patient

L'exploration des rhino-sinusites chroniques est généralement réalisée après un traitement médical d'épreuve, et à distance des épisodes de surinfection, sauf si une complication infectieuse est suspectée.

L'injection par voie intraveineuse de produit de contraste iodé hydrosoluble n'est pas nécessaire dans l'exploration des rhino-sinusites chroniques simples car elle n'améliore pas de manière significative l'analyse de la muqueuse sinusienne. Elle le devient si un processus tumoral est mis en évidence, et pour rechercher une complication infectieuse des sinusites. L'utilisation d'un produit de contraste améliore le contraste naturel entre les processus tumoraux, les tissus sains et les phénomènes inflammatoires sinusiens. Elle permet par ailleurs une évaluation de la diffusion orbitaire ou neuro-méningée des processus infectieux ou tumoraux et de mieux cerner les limites des processus infectieux collectés. Les paramètres d'injection (délai, débit et durée d'injection) sont définis en fonction du type et de la durée de l'acquisition pour permettre une imprégnation tissulaire optimale.

L'analyse morphologique anatomique et l'étude des structures osseuses sont très bien réalisées par la TDM. Ses limites sont en rapport avec une discrimination tissulaire faible entre les tissus de densité voisine. Cet aspect est peu gênant en pathologie traumatique. En pathologie inflammatoire, l'étude endoscopique de

la muqueuse permet de préciser les données morphologiques de la TDM. Lors du bilan des processus tumoraux tissulaires, ces limites sont plus contraignantes. Il est souvent difficile de dissocier la masse tumorale des rétentions et des modifications inflammatoires de la muqueuse : le volume tumoral réel est donc souvent surestimé. De même, les rapports tumoraux avec les structures neuro-méningées sont d'analyse délicate.

3. L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)

L'IRM ne s'oppose pas à la TDM mais la complète dans certaines indications. L'amélioration de la différenciation tissulaire et la bonne analyse des rapports sinusiens et neuro-méningés sont ses avantages. Elle est particulièrement utile pour rechercher une diffusion extra sinusienne des processus infectieux ou tumoraux.

Après prise en compte d'éventuelles contre-indications, l'examen est réalisé sur un patient en décubitus dorsal à l'aide d'une antenne tête par acquisition directe de coupes multiplans.

Les coupes sont fines (2 à 4 mm) avec un espace intercoupes de 1 mm. Des séquences en Spin Écho (moins sensibles aux perturbations locales de champ magnétique engendrées par les prothèses dentaires) sont employées en pondération T1 et T2. Une étude en incidences transverse, frontale et sagittale est nécessaire. L'injection intraveineuse d'un produit de contraste paramagnétique (Complexe de Gadolinium) est utile pour évaluer les extensions tumorales ou infectieuses extra sinusiennes en particulier neuro-méningées.

Ainsi, une exploration peut comporter des séquences frontale et transverse Fast SE T2 et des séquences frontale, transverse et sagittale Spin Écho T1 sans et avec injection de chélats de Gadolinium. La suppression du signal de la graisse sur les séquences frontale et transverse Spin Écho T1 Gadolinium est utile pour une meilleure évaluation de la diffusion des processus au niveau de l'orbite et des espaces profonds de la face. Elle peut aussi être intéressante avec les séquences Fast SE T2 pour mieux délimiter une extension orbitaire.

Un des intérêts de l'IRM est d'améliorer, au niveau sinusien, la discrimination entre les processus tissulaires tumoraux et la réaction inflammatoire périphérique. La majeure partie des lésions tissulaires tumorales présente en pondération T1, un signal dit intermédiaire, proche de celui des muscles. En pondération T2, ce signal se rehausse, en fonction de la cellularité tumorale et du degré de vascularisation. Il reste généralement inférieur à celui des rétentions sinusiennes et de l'hypertrophie muqueuse inflammatoire. Le signal des rétentions peut toutefois présenter des variations en fonction de leur concentration protéique (mucocèle). L'utilisation d'un complexe de Gadolinium améliore la discrimination entre la réaction muqueuse inflammatoire (rehaussement du signal majeur), la tumeur (rehaussement généralement moindre) et la rétention sinusienne (signal non modifié). Cette injection permet de plus, une meilleure définition des contours tumoraux et des extensions cérébro-méningées et périnerveuses.

De façon systématique et grâce à l'étude multiplans, la diffusion extrasinusienne des processus sera appréciée au niveau des cavités et des voies optiques (séquences frontales et transverses), des espaces profonds de la face (séquences frontales, transverses et sagittales), de l'infrastructure maxillaire et de la cavité orale (séquences frontales et sagittales), de l'encéphale et des méninges (séquences frontales et sagittales), des apex orbitaires, des sinus caverneux et de la base du crâne (séquences frontales et transverses).

LES INDICATIONS

1. Les rhino-sinusites aiguës

Qu'il s'agisse de la surinfection bactérienne d'une banale rhino-sinusite virale ou d'une rhino-sinusite chronique, les données cliniques sont généralement suffisantes pour le diagnostic. Le recours à l'imagerie peut se justifier dans certaines circonstances :

1.1. Les sinusites ethmoïdales, frontales et sphénoïdales

Le diagnostic clinique est plus difficile et ces sinusites peuvent, de par leur situation, être associées à des complications orbitaires et neuro-méningées. Le recours à la TDM est nécessaire en cas de présentation clinique atypique, hyperalgique ou si une complication est suspectée.

1.2. La sinusite de l'enfant

Les données cliniques sont primordiales et le recours à l'imagerie doit être limité. Cependant, dans l'ethmoïdite du nourrisson, la suspicion d'une diffusion orbitaire conduit à la réalisation d'une TDM afin de dissocier les atteintes pré et rétro septales et de rechercher une collection pouvant nécessiter un geste chirurgical.

1.3. Les sinusites compliquées

La diffusion extra-sinusienne d'un processus infectieux peut générer des complications loco-régionales ou générales. Quel que soit le mécanisme de propagation (atteinte de contiguïté aux structures osseuses ou diffusion par le réseau veineux loco-régional ou par voie hématogène), leur mise en évidence et leur importance sont appréciées par l'imagerie (TDM ou IRM) (7, 8).

– Les complications orbitaires

L'imagerie a pour but de dissocier les atteintes pré-septales pures (cellulite palpébrale, dacryocystite) et celles intéressant les structures rétro-orbitaires (abcès sous périoste, cellulite orbitaire, thrombose veineuse) pouvant engager le pronostic fonctionnel.

– Les complications neuro-méningées

Secondaire à une sinusite ethmoïdo sphénoïdale ou frontale, la diffusion peut être directe par le biais d'une ostéite associée ou par l'intermédiaire d'anastomoses avec le réseau veineux dure-mérien. La TDM est l'examen le plus accessible dans le cadre de l'urgence pour découvrir les abcès péricérébraux et intracérébraux. L'IRM est cependant plus sensible et permet de mettre en évidence des épaissements et des rehaussements méningés localisés (pachyméningite), de dissocier les collections péri et sous-durales ainsi que de dépister les lésions présuppuratives encéphaliques. Une analyse plus précise des sinus caverneux est obtenue par Angio MR.

2. Les rhino-sinusites chroniques

L'absence d'amélioration clinique ou la répétition des épisodes aigus nécessite un bilan plus poussé associant une enquête clinique, un bilan endoscopique complet et une exploration tomodensitométrique. L'endoscopie apprécie l'état de la muqueuse, le caractère uni ou bilatéral de l'atteinte et l'aspect des méats, orientant vers la topographie de l'atteinte. La TDM complète le bilan lésionnel et réalise une étude morphologique des cavités naso-sinusiennes (9, 10) :

2.1. Le bilan lésionnel

Le bilan lésionnel comporte une étude de la muqueuse et du contenu sinusien. Il est nécessaire pour :

– Différencier lorsque la clinique est douteuse, les rares atteintes chroniques sans anomalie tomodynamométrique sinusienne de celles où un comblement sinusien et des épaissements muqueux sont mis en évidence.

– Apprécier l'étendue des lésions en particulier ethmoïdales et dissocier les atteintes diffuses non systématisées (ethmoïdite œdémateuse, polypose naso-sinusienne) des formes localisées (mono-sinusienne ou ethmoïdo-maxillaire). Les formes diffuses avec participation ethmoïdale orientent vers une pathologie inflammatoire de la muqueuse. Les formes localisées à un complexe sinusien antérieur unilatéral ou mono sinusienne sont plutôt en faveur d'une sinusite infectieuse.

– Rechercher dans les formes unilatérales ou mono-sinusiennes un facteur favorisant local (dentaire ou obstacle ostial). L'analyse des récessus alvéolaires avec recherche d'un foyer apico-dentaire est systématique.

Les lésions naso-sinusiennes chroniques se traduisent par des épaissements de la muqueuse et/ou des épanchements liquidiens. Les différences de contraste entre les tissus mous sont trop faibles pour une identification précise des remaniements œdémateux ou inflammatoires de la muqueuse, des polypes et des phénomènes rétentionnels associés. Au niveau des fosses nasales, une analyse critique des opacités est nécessaire en raison de l'interférence du cycle nasal sur l'aspect de la muqueuse. Des hyperdensités spontanées du contenu sinusien ou en relation avec de la pâte d'obturation canalaire peuvent être retrouvées au niveau maxillaire ; elles incitent à rechercher une *Aspergilliose*. Les calcifications sont plus inhabituelles et doivent faire systématiquement rechercher, en particulier au niveau ethmoïdal, une association avec une ostéolyse et donc un processus tumoral.

Les modifications osseuses associant un épaissement et une condensation des parois sinusiennes traduisent, le plus souvent, le caractère chronique de l'inflammation souvent d'origine infectieuse. Un aspect soufflé des parois oriente vers une rétention durable du contenu sinusien et une pathologie de type mucocèle. Des déhiscences pariétales ethmoïdales spontanées ou post-traumatiques peuvent être observées ; cependant, la découverte d'une ostéolyse dans un contexte infectieux ou inflammatoire est atypique et doit faire rechercher un processus agressif (*Aspergilliose* invasive), une complication infectieuse, une granulomatose ou une tumeur.

2.2. Le bilan morphologique

Il est nécessaire pour visualiser les éléments qui servent de repères anatomiques lors de la chirurgie endonasale. Il permet de plus l'analyse des zones chirurgicales à risque et dépiste les variations morphologiques pouvant être source de difficultés opératoires (11-13).

Le toit ethmoïdo-frontal et la racine d'attache du cornet moyen sont deux balises capitales en chirurgie endoscopique. Les variations de hauteur du toit sont fonction de la pneumatization ethmoïdale et des asymétries entre les deux masses latérales sont fréquentes. De même, si la hauteur du toit ethmoïdo-frontal diminue régulièrement de l'avant vers l'arrière, des dysharmonies, voire des déhiscences, peuvent être mises en évidence sur les reconstructions frontales et sagittales.

L'étude des parois ethmoïdales latérales permet d'identifier la présence de déhiscences osseuses. Leur méconnaissance expose aux risques de traumatisme orbitaire.

La procidence de la carotide interne ou du nerf optique dans la cavité sphénoïdale constitue un des risques majeurs de la sphénoïdectomie. Elle peut s'associer à un aspect très fin, voire déhiscent, des parois osseuses. En fonction du développement ethmoïdal ou de la présence de processus pathologiques (mucocèle), les rapports du nerf optique peuvent aussi concerner la paroi latérale ethmoïdale postérieure, en particulier, au niveau de la cellule pré sphénoïdale.

Les variations morphologiques de la région du méat moyen sont fréquentes et affectent les fosses nasales (déviations et éperon septal), le cornet moyen (inversion de courbure ou pneumatization) ou le développement des éléments cellulaires ethmoïdaux antérieurs (pneumatization de l'unciforme, hypertrophie de l'aggrégat nasi ou de la bulle ethmoïdale, et cellule sous-orbitaire de Haller). Elles sont retrouvées aussi bien chez des sujets sains que symptomatiques. Leur connaissance présente toutefois un intérêt car elles peuvent gêner la réalisation d'un geste chirurgical endoscopique ou favoriser après méatotomie moyenne l'apparition de synéchies. L'IRM est peu adaptée à l'exploration des rhino-sinusites chroniques en raison de ses performances inférieures à la TDM pour analyser les structures osseuses fines (14). Elle peut induire une sous-estimation des lésions sinusiennes (le signal est fonction de la concentration protéique et du degré d'hydratation ; dans les rétentions anciennes, il peut simuler, par un hyposignal ou une absence de signal en pondération T1 et T2, une cavité normalement aérée).

3. Les lésions tumorales

Toute suspicion clinique ou endoscopique de tumeur nasale ou sinusienne est une indication à l'imagerie. L'endoscopie oriente le diagnostic et permet la réalisation de biopsies. L'imagerie est nécessaire pour préciser les éléments qui guident la conduite thérapeutique :

- la nature du processus lésionnel : tumorale ou lésion inflammatoire ou congénitale de présentation pseudo tumorale (*Aspergilliose* invasive, granulomatose, mucocèle, méningo-encéphalocèle) ;
- la structure anatomique à partir de laquelle la tumeur est développée ;
- le volume tumoral exact et l'extension tumorale au sein des cavités naso-sinusiennes ;
- la recherche d'une diffusion tumorale extra-sinusienne pouvant modifier ou contre-indiquer une indication opératoire ;
- les éléments d'imagerie pouvant orienter sur la nature tumorale ou pseudo-tumorale ainsi que sur la malignité ou la bénignité de la tumeur.

L'analyse TDM nécessite une étude conjointe des structures osseuses et des processus tissulaires. Le bilan doit permettre une analyse morphologique des pièces osseuses ainsi que des modifications induites par la tumeur. Devant un processus d'allure malin, en l'absence d'exploration IRM associée, il est nécessaire sur une exploration TDM avec injection iodée de dissocier la tumeur des réactions inflammatoires naso-sinusiennes associées et d'évaluer la diffusion tumorale extra-sinusienne (15).

L'IRM est particulièrement contributive pour l'étude des tumeurs, en particulier malignes. Elle définit de façon plus précise le volume tumoral et la diffusion extrasinusienne. Elle reste toutefois complémentaire de la TDM en raison de son insuffisance pour analyser les parois osseuses, ceci pouvant conduire à sous-estimer les ostéolyses.

Ainsi, l'exploration pré-thérapeutique des tumeurs malignes naso-sinusiennes associe généralement une exploration TDM

sans injection (avec un protocole favorisant la résolution spatiale pour l'analyse des pièces osseuses) et une IRM afin d'évaluer le volume et la diffusion tumorale.

4. La pathologie traumatique

La réalisation de certains clichés radiologiques standards (nez de profil et incidence de Gosserez ; panoramique dentaire et face basse) permet l'exploration des traumatismes simples (fracture des os du nez ou de la mandibule). Le cliché de Blondeau reste, par l'analyse des lignes de Campbell, un cliché de débrouillage différenciant les fractures simples (limitées à un pilier) des fractures complexes. Cependant, la radiologie standard est inadaptée pour apprécier de façon exhaustive les lésions traumatiques complexes, ainsi que celles impliquant l'ethmoïde, les parois orbitaires et les déplacements osseux en particulier mandibulaires. En raison de la facilité d'accès, les contrôles radiographiques après réduction ou ostéosynthèse sont effectués par radiographie standard.

La tomodensitométrie est actuellement l'exploration permettant de répondre de façon précise aux attentes du chirurgien en précisant la topographie des fractures, les déplacements osseux et les structures osseuses pouvant permettre une réduction. Elle permet de plus une analyse conjointe des parties molles (traumatismes crano-encéphalique et orbitaire) ainsi que la recherche d'une brèche osseuse de l'étage antérieur de la base du crâne.

L'acquisition TDM spiralée en haute résolution (coupes millimétriques et paramètres favorisant la résolution spatiale) est ainsi l'examen de référence pour l'exploration lésionnelle des traumatismes complexes du massif facial. L'exploration est réalisée dès l'arrivée du patient si une souffrance du nerf optique est suspectée ou, d'une manière plus générale, afin d'éviter une mobilisation intempestive du patient (qui est souvent un polytraumatisé) et si l'état du patient le permet, à la suite de la TDM encéphalique initiale. Cette exploration peut toutefois être différée de 2 à 3 jours, la réduction chirurgicale n'intervenant qu'un fois l'œdème facial régressé.

À partir de l'acquisition volumique, des reconstructions millimétriques transverses, frontales et sagittales sont réalisées. Une étude systématique en fenêtre osseuse et de parties molles (structure orbitaire) est réalisée. L'analyse des déplacements osseux (en particulier mandibulaire) peut être facilitée par la réalisation de reconstructions tridimensionnelles.

Une étude synthétique des pièces osseuses doit permettre de classer le traumatisme maxillofacial. La recherche d'éléments pouvant modifier l'attitude thérapeutique (lésions ou incarceration de parties molles orbitaires, atteinte de la base du crâne ou de la paroi postérieure du sinus frontal) est systématique.

Il n'existe pas de corrélation entre l'aspect des brèches osseuses de l'étage antérieur et leur pronostic. Cependant, à distance du traumatisme, la recherche d'une brèche méningée active (rhinorrhée active, méningite) associe la tomodensitométrie en haute résolution (recherche d'une brèche osseuse sur les reconstructions frontales et sagittales) et l'IRM réalisée avec des séquences en haute résolution fortement pondérée en T2 (16).

5. La surveillance post-thérapeutique

Quel que soit le type de pathologie, une surveillance clinique et endoscopique est instituée.

En pathologie inflammatoire, le recours à l'imagerie ne se justifie que dans deux situations : la recherche d'une complication post-opératoire ou la réapparition d'une symptomatologie pouvant justifier une indication chirurgicale. Les complications opé-

ratoires, en particulier les brèches osseuses, sont dépistées et traitées lors du temps chirurgical. L'imagerie apprécie en post-opératoire l'étendue de la brèche et la qualité de la réparation. Une exploration TDM favorisant l'analyse des pièces osseuses est la plus adaptée. Elle peut être associée à une étude tissulaire TDM ou par IRM si des complications traumatiques ou infectieuses neuro-méningées sont suspectées. Plus à distance du geste chirurgical, l'apparition d'une rhinorrhée fait rechercher une brèche ostéo-méningée active en associant une analyse osseuse par TDM et une étude des espaces sous arachnoïdiens par séquence IRM frontale et sagittale en haute résolution et à forte pondération T2. La réapparition d'une symptomatologie fait évaluer en TDM l'extension d'une polypose récidivante, le développement d'une mucocèle sur synéchie ou une rétention au sein du sinus frontal par sténose inflammatoire du canal naso-frontal.

Lors du suivi des processus tumoraux, la surveillance radiologique est plus systématique. Elle associe une étude TDM des modifications osseuses générées par l'exérèse tumorale et une analyse IRM des remaniements fibro-inflammatoires en regard et au voisinage du site opératoire. Une exploration de référence est réalisée entre le 3^e et le 6^e mois. Elle permet une analyse comparative lors des contrôles annuels réalisés les 5 premières années. Cette surveillance est très utile pour dépister les récurrences sous muqueuses, inaccessibles à la surveillance endoscopique et pour guider d'éventuelles biopsies en cas de modifications au sein de la cavité.

Références

- Hudgins PA, Mukundan S. Screening Sinus CT: a good idea gone bad? *AJNR* 1997;18:1850-4.
- Klossek JM, Ferrié JC. Radiology and pathologies of the paranasal cavities. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 1999;120:167-72.
- Klevansky A. The efficacy of multiplanar reconstructions of helical CT of the paranasal sinuses. *AJR* 1999;173:493-5.
- Bernhardt TM, Rapp-Bernhardt U, Fessel A, Ludwig K, Reichel G, Grote R. CT scanning of the paranasal sinuses: axial helical CT with reconstruction in the coronal direction versus coronal helical CT. *Br J Radiol* 1998;71:846-51.
- Rosenthal E, Quint DJ, Johns M, Peterson B, Hoeffner E. Diagnostic maxillofacial coronal images reformatted from helically acquired thin-section axial CT data. *AJR* 2000;175:1177-81.
- Hein E, Rogalla P, Klingebiel R, Hamm B. Low-dose CT of the paranasal sinuses with eye lens protection: effect on image quality and radiation dose. *Eur Radiol* 2002;12:1693-6.
- Curtin HD, Rabinov JD. Extension to the orbit from paraorbital disease. The sinuses. *Radiol Clin North Am* 1998;36:1201-13.
- Gallagher RM, Gross CW, Phillips CD. Suppurative intracranial complications of sinusitis. *Laryngoscope* 1998;108:1635-42.
- Bourjat P. Les rhino-sinusites. In: Bourjat P, Veillon F editors. *Imagerie radiologique tête et cou*. Paris : Vigot ; 1995. p. 193-206.
- Ferrié JC, Peynegre R. Place de l'imagerie dans les rhinosinusites. In : *Les sinusites et rhinosinusites*. Paris : Masson ; 2000. p.47-60.
- Klossek JM, Fontanel JP, Serrano E et al. Chirurgie endonasale sous guidage endoscopique. Paris : Masson ; 1995.
- Melhem ER, Oliverio PJ, Benson ML, Leopold DA, Zinreich SJ. Optimal CT evaluation for functional endoscopic sinus surgery. *AJNR* 1996;17:181-8.
- Mafee F. Preoperative imaging anatomy of nasal-ethmoid complex for functional endoscopic sinus surgery. *Radiol Clin North Am* 1993;31:1-19.
- Hahnel S, Ertl-Wagner B, Tasman AJ, Forsting M, Jansen O. Relative value of MR imaging as compared with CT in the diagnosis of inflammatory paranasal sinus disease. *Radiology* 1999;210:171-6.
- Vivarrat-Perrin L, Chagnaud C, Champsaur P et al. Le bilan d'extension des tumeurs du massif facial. *Les cahiers d'ORL* 1997; 6:374-80.
- El Gammal T, Sobol W, Wadlington VR et al. Cerebrospinal fluid fistula: detection with MR cisternography. *AJNR* 1998;19:627-31.