

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2021

N°57

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
le

par

LUCIDARME Quentin

né le 25/02/1995 à PARIS

ETUDE RETROSPECTIVE SUR L'INTERET DE L'IRM DE DIFFUSION DANS LE
DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL ENTRE KERATOKYSTE ODONTOGENE
ET KYSTE OSSEUX SOLITAIRE DES MAXILLAIRES

Président : Professeur CLAUSS François, PU-PH
Assesseurs : Docteur BORNERT Fabien, MCU-PH
Docteur GROS Catherine-Isabelle, MCU-PH
Docteur RIEHM Sophie, PH

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE DE STRASBOURG

Doyen : Professeur Corinne TADDEI-GROSS

Doyens honoraires : Professeur Robert FRANK

Professeur Maurice LEIZE

Professeur Youssef HAIKEL

Professeurs émérites : Professeur Henri TENENBAUM

Responsable des Services Administratifs : Mme Françoise DITZ-MOUGEL

Professeurs des Universités

Vincent BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie Pédiatrique
Jean-Luc DAVIDEAU	Parodontologie
Youssef HAÏKEL	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier HUCK	Parodontologie
Marie-Cécile MANIERE	Odontologie Pédiatrique
Florent MEYER	Sciences Biologiques
Maryline MINOUX	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Anne-Marie MUSSET	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Corinne TADDEI-GROSS	Prothèses
Béatrice WALTER	Prothèses
Matthieu SCHMITTBUHL	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique - Radiologie

Délégation (Juin 2024)

Maîtres de Conférences

Youri ARNTZ	Biophysique moléculaire
Sophie BAHI-GROSS	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Yves BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
Fabien BORNERT	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Abdessamad BOUKARI	Chirurgie Buccale - Pathologie et Thérapeutique - Anesthésiologie et Réanimation
Claire EHLINGER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Olivier ETIENNE	Prothèses
Florence FIORETTI	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences Anatomiques et Physiologiques - Biophysique - Radiologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Nadia LADHARI	Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques - Biomatériaux - Biophysique

Disponibilité (Nov. 2020)

Davide MANCINO	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Damien OFFNER	Prévention - Epidémiologie - Economie de la Santé - Odontologie Légale
Catherine PETIT	Parodontologie
François REITZER	Odontologie Conservatrice - Endodontie
Martine SOELL	Parodontologie
Marion STRUB	Odontologie Pédiatrique
Xavier VAN BELLINGHEN	Prothèses
Delphine WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale

Délégation (Août 2021)

Etienne WALTMANN	Prothèses
------------------	-----------

Equipes de Recherche

Nadia JESSEL	INSERM / Directeur de Recherche/Directrice d'UMR
Philippe LAVALLE	INSERM / Directeur de Recherche
Pierre SCHAAF	UNISTRA / Professeur des Universités / Directeur d'UMR
Bernard SENGER	INSERM / Directeur de Recherche

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier mon directeur de thèse Monsieur Fabien BORNERT ainsi que Madame Catherine-Elisabeth GROS pour la confiance que vous m'avez accordée en acceptant d'encadrer mon travail de thèse, pour vos conseils et pour votre temps dépensé afin de diriger ce travail de recherche. J'aimerais également remercier la pédagogie quotidienne dont vous faites part pour ma formation en tant qu'interne et pour la richesse des connaissances que j'ai pu acquérir à vos côtés.

Mes remerciements vont également à Monsieur le Professeur François CLAUSS pour avoir accepté de présider ce jury de thèse et pour votre disponibilité à mon égard.

Je sais infiniment gré à Madame Sophie RIEHM pour sa gentillesse et son accueil dans son service de radiologie. J'ai trouvé en vous, un soutien et une sagesse amicale profonde.

Je remercie l'ensemble des équipes médicales, para-médicales, pédagogiques, ainsi que l'ensemble de mes co-internes et collègues auprès de qui j'ai pu grandir dans ma formation et dans ma spécialité. Vous m'avez apporté tant de rires, de stress, de connaissances, de bienveillance et votre soutien inégalé ont enrichi cette belle aventure que sont mes études supérieures.

Enfin, je remercie ma famille, Maman, Papa, Thibault, Rémi et Théophanie pour leur amour, leur humour et leur soutien dans mon devenir « d'arracheur de dents ». Je vous aime. Mes amis, qu'ils viennent du lycée, de médecine, ou bien des cools de Garancière et d'ailleurs, merci pour votre bonne humeur et votre joie de vivre, on en a pas terminé !

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2021

N°57

THESE

Présentée pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire
Le 15/10/2021

par

LUCIDARME Quentin

né le 25/02/1995 à PARIS

ETUDE RETROSPECTIVE SUR L'INTERET DE L'IRM DE DIFFUSION DANS LE
DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL ENTRE KERATOKYSTE ODONTOGENE
ET KYSTE OSSEUX SOLITAIRE DES MAXILLAIRES

Président : Professeur CLAUSS François, PU-PH
Assesseurs : Docteur BORNERT Fabien, MCU-PH
Docteur GROS Catherine-Isabelle, MCU-PH
Docteur RIEHM Sophie, PH

Table des matières

<i>Table des matières</i>	2
INTRODUCTION	4
I. LE KERATOKYSTE ODONTOGENE	6
A. EPIDEMIOLOGIE.....	6
B. HISTOLOGIE.....	7
C. IMAGERIE.....	8
D. PRISE EN CHARGE	10
II. LE KYSTE OSSEUX SOLITAIRE	12
A. EPIDEMIOLOGIE.....	12
B. HISTOLOGIE.....	12
C. IMAGERIE.....	13
D. PRISE EN CHARGE	15
III. LE BILAN D'IMAGERIE DENTO-MAXILLAIRE	16
A. L'ORTHOPANTOMOGRAMME :	16
B. L'IMAGERIE SECTIONNELLE : CONE BEAM CT	17
C. L'IMAGERIE PAR RESSONNANCE MAGNETIQUE (IRM) NUCLEAIRE.....	19
1. <i>L'apport de l'IRM dans les lésions des maxillaires</i>	19
2. <i>Aspects IRM du kératokyste et du kyste osseux solitaire</i>	23
a) Pondération T1.....	23
b) Pondération T2.....	24
c) Séquence T1/T2 avec ou sans Fat-Sat	24
d) Acquisition dynamique.....	25
e) Séquence de diffusion	28
IV. LE TRAVAIL D'ETUDE	32
1. INTRODUCTION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2. MATERIALS AND METHODS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3. RESULTS.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4. DISCUSSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5. CONCLUSIONS.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
6. PATENTS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
REFERENCES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
CONCLUSION	45
TABLE DES ILLUSTRATIONS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
BIBLIOGRAPHIE	49

LISTE DES ABREVIATIONS	
Kyste osseux solitaire	KOS
Kératokyste odontogène	KKO
Imagerie par résonnance magnétique	IRM
Produit de contraste	PDC
IRM en dynamique avec produit de contraste	IRM-Dyn / DCE-RMI
IRM de diffusion	IRM-Diff / DWI-RMI
Cône Beam CT	CBCT
Orthopantomogramme	OPT
Hématéine éosine safran	HES
Organisation mondiale de la santé	OMS
Hôpitaux Universitaires de Strasbourg	HUS
Région d'intérêt	ROI
Carcinome basocellulaire	CBC

INTRODUCTION

La pathologie osseuse des mâchoires est un domaine vaste et complexe en raison de la diversité des lésions qui peuvent y être rencontrées.

Les kystes odontogènes représentent 13,8 % des lésions rencontrées au niveau des maxillaires et représentent ainsi les pathologies orales les plus fréquemment rencontrées après les atteintes de la muqueuse et avant les affections malignes de la sphère oro-faciale (1). La démarche diagnostique standardisée comprend l'anamnèse et l'examen clinique complétés par un orthopantomogramme et une imagerie sectionnelle (Cone Beam CT ou un scanner). Pour une lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique, un kyste radiculo-dentaire ou un kyste dentigère, le diagnostic est en général aisé dans la mesure où l'aspect morphologique et le tableau clinique sont assez typiques et que ces lésions sont relativement communes dans la pratique quotidienne (2,3).

L'imagerie par rayons X peut parfois s'avérer peu contributive voire insuffisante face à des lésions lacunaires ou géodiques à contours nets de plus ou moins grande étendue, en rapport avec des dents présumées saines notamment chez l'enfant, l'adolescent ou le jeune adulte (4).

L'imagerie par résonance magnétique est encore peu utilisée en chirurgie orale alors qu'elle peut s'avérer être un réel atout face à des lésions présumées kystiques et de morphologie peu spécifique sur les imageries de routine. La pondération en diffusion en particulier, permet de recueillir des informations sur les caractéristiques tissulaires et possiblement sur le contenu intra-lésionnel des lésions radioclares. Cette pondération peut s'avérer ainsi intéressante à exploiter pour le diagnostic différentiel présomptif des kystes odontogènes (KKO) et des kystes osseux solitaires (KOS). En effet, ces deux lésions peuvent présenter des aspects similaires en imagerie conventionnelle, ont une prévalence équivalente et elles sont toutes les deux souvent de découverte fortuite chez l'adolescent et le jeune adulte. Leur prise en charge est néanmoins différente. Celle du kyste osseux solitaire consiste en un abord pouvant être

minimalement invasif tandis que celle du kératokyste consiste en l'exérèse totale par clivage de la paroi kystique et par curetage appuyé des lacunes osseuses résultantes de sa croissance et de son agressivité locale. Certains auteurs recommandent parfois d'extraire les dents en rapport avec le KKO afin de permettre un curetage appuyé de l'ensemble de la lésion et ce, afin d'améliorer le pronostic au long terme et de limiter les récidives locales décrites avec cette lésion. Un diagnostic pré-chirurgical de certitude permettrait de proposer une prise en charge chirurgicale optimale, la plus conservatrice possible pour le KOS, et de limiter au maximum le risque de récidive propre au kératokyste.

L'objectif de ce travail est de définir les caractéristiques remnographiques du KKO et du KOS et d'évaluer la précision diagnostique de l'IRM pour ces deux types de lésions et leur diagnostic différentiel. Les études de Han, *al.*, Apajalahti et *al.* Et Wang et *al.* ont permis de définir un ADC significatif pour comparer plusieurs lésions entre elles comme l'améloblastome et le kératokyste mais elles ne confrontent pas l'ADC des kératokystes et celui des kystes osseux solitaires (5–7). L'objectif à terme est de définir des valeurs seuil à partir desquelles l'IRM de diffusion associée aux autres pondérations en IRM permettrait d'établir un diagnostic présomptif le plus précis possible des différentes lésions des maxillaires qu'elles soient de nature kystique ou non.

Une étude pilote rétrospective monocentrique non interventionnelle portant sur les dossiers de patients atteints de KKO et KOS et pris en charge conjointement au sein du Service de Médecine et Chirurgie Bucco-dentaire et de l'Unité Fonctionnelle d'Imagerie ORL des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg a été menée dans ce cadre. Différents critères d'évaluation en imagerie et anatomo-clinique ont été relevés pour caractériser les lésions et déterminer ceux permettant de différencier au mieux les deux catégories de lésions.

I. Le kératokyste odontogène

A. Epidémiologie

Le KKO a d'abord été classé parmi les kystes dans la classification de 1992 de l'OMS, puis parmi les tumeurs bénignes odontogènes en 2005 pour sa forme parakératosique. Une réactualisation de cette classification en 2017 le remplace parmi les kystes odontogènes dans sa forme parakératosique (8–10). Cette classification repose en grande partie sur le potentiel d'agressivité locale que cette lésion peut avoir ainsi que sur son taux de récidive élevé. La forme orthok ratinis e, plus rare est à présent désignée comme un kyste odontogénique orthok ratinis  et comporte un aspect très peu agressif et très peu récidivant (11).

Les kératokystes représentent la 3 me lésion la plus courante des maxillaires. Tamiolakis et *al.* et Bianco et *al.* décrivent un sexe ratio homme/femme de 1,5/1 (3,12). De nombreuses discordances subsistent sur la fourchette d'âge la plus touchée. Toutefois, c'est entre la 3 me et la 4 me décennie que l'on décrit la plus forte prévalence. De plus, une augmentation récente de la prévalence de cette lésion est décrite par Bianco et *al.* ce qui impose au praticien de connaître les caractéristiques radiographiques, cliniques ainsi que sa prise en charge (9). On le retrouve le plus souvent au regard des molaires mandibulaires, au niveau du trigone rétromolaire mandibulaire ainsi qu'en association avec des 3 me molaires incluses (13,14). Cependant il peut se retrouver dans toutes les localisations au niveau des maxillaires.

Enfin, cette lésion peut être unique ou se retrouver sous formes multiples au sein des maxillaires et constitue alors un des signes majeurs d'un syndrome appelé naevomatose basocellulaire, plus connu sous le nom de syndrome rare de Gorlin-Goltz (15,16). Selon Muzio (17), ce syndrome est corrélé à une mutation du gène PTCH1 transmis sur un mode autosomique dominant. Le tableau clinique retrouve alors de nombreux carcinomes baso-cellulaires (CBC), une hyperkératose palmo-plantaire, des anomalies du squelette, des calcifications ectopiques intracrâniennes,

une dysmorphie faciale ainsi qu'un possible retard mental. Le chirurgien-dentiste ou le chirurgien oral confronté à de multiples localisations de kératokystes se doit donc rechercher d'autres manifestations syndromiques. En effet, le syndrome de Gorlin-Goltz impose un suivi rapproché avec une prise en charge pluri-disciplinaire afin de surveiller la survenue de précoce de nouveaux CBC. Son diagnostic positif reposera sur le recueil de critères majeurs et mineurs complétés par l'analyse de mutation par analyse génétique.

B. Histologie

Ce kyste dérive des restes épithéliaux résiduels embryologiques issus de la lame dentaire. On distingue deux variantes histologiques du kératokyste. La forme orthokératosique (représentant près de 20 % des kératokystes) et la forme parakératosique (80 % selon Brannon 1977). C'est la forme parakératosique qui est la plus agressive localement et la plus récidivante (11).

Cette lésion contrairement au kyste osseux solitaire, est considérée comme un kyste « vrai » en raison de sa membrane kystique. Elle est bordée par un épithélium pavimenteux kératinisé constitué de 5 à 10 couches de cellules (figure 1). Dans la forme parakératosique, l'épithélium bordant est ordonné et l'on observe des noyaux cellulaires sous coloration hématoxyline éosine safran (HES) tandis que dans la forme orthokératosique, l'épithélium semble désordonné avec une fine couche de cellules superficielles exemptes de noyaux. Dans les deux variantes, le contenu kystique est composé de cristaux de kératine condensée que l'on retrouvera aisément sous forme de paillette au sein d'un liquide jaunâtre hétérogène lors de la rupture de la capsule kystique en per-opératoire (18).

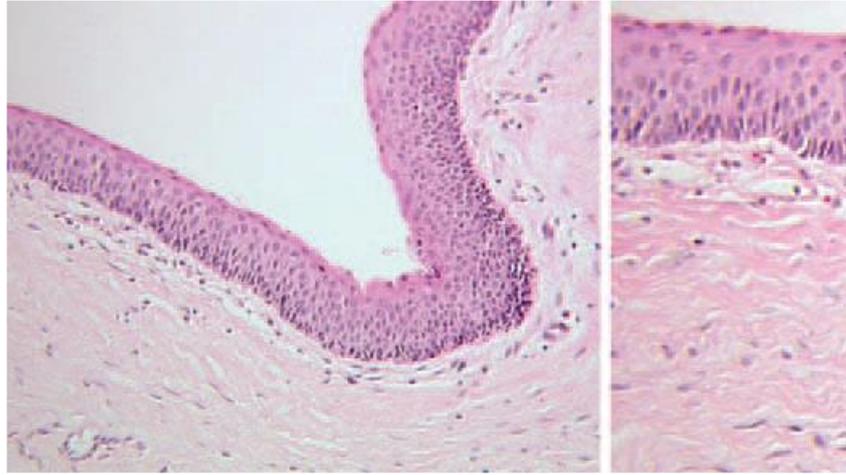


Figure 1 : Coupe histologique de kératokyste d'allure parakératosique, ordonné avec une dizaine de couche d'un épithélium pavimenteux kératinisé.

Source : Adapté de référence (18)

C. Imagerie

On retrouve à l'orthopantomogramme (OPT) et à l'imagerie sectionnelle (CBCT ou scanner) une image radio-transparente, plus fréquemment monoculaire (90 %) ou pluri loculaire (10 %), avec ou sans septa intra-lésionnels (12,19). C'est une lésion de plus ou moins grande étendue qui refoule les corticales osseuses mais qui peut également les détruire dans les formes avancées. Les bords sont nets, avec un liseré d'ostéocondensation périphérique (20). Sur la reconstruction issue du CBCT, figures 2 et 3 on retrouve toutes les caractéristiques sus-citées.

Cette description radiologique n'est pas spécifique. Elle peut se superposée à celles de toutes les lésions bénignes radio-transparentes des maxillaires et notamment au KOS. C'est pourquoi, les examens d'imagerie standard sont nécessaires mais insuffisants pour orienter le chirurgien vers un diagnostic présomptif de certitude en pré-opératoire. Occasionnellement, il est possible d'observer des dépôts radio-opaques intra lésionnels correspondant aux amas de kératine au scanner. Cette caractéristique inconstante oriente le cas échéant vers un diagnostic précoce de kératokyste odontogène (21).



Figure 2 : Orthopantomogramme illustrant un cas de kératokyste odontogène mandibulaire (flèches blanches) chez une jeune femme de 17 ans.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

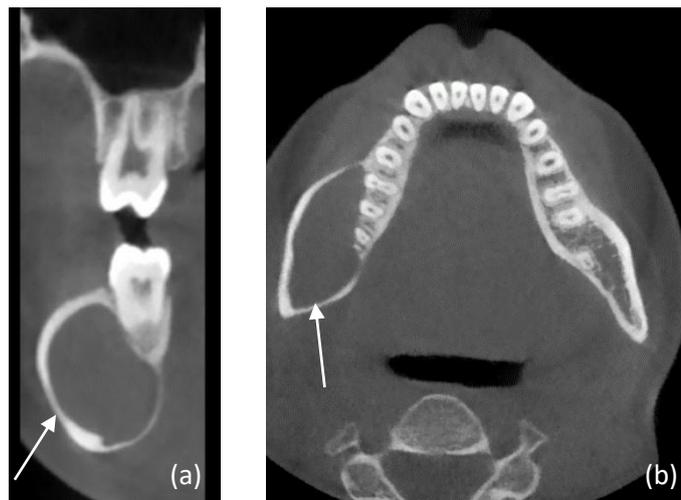


Figure 3 : Coupe sagittale (a) et coronale (b) CBCT illustrant un cas de kératokyste odontogène

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

On observe sur les coupes figures 2 et 3 une lésion radioclaire uniloculaire supra-centimétrique au niveau de la branche horizontale s'étendant au niveau de la branche montante mandibulaire droite. Les corticales vestibulaires et linguales sont soufflées, le canal du nerf alvéolaire inférieur est refoulé et le toit du canal est érodé. Cette image n'est pas spécifique des kératokystes.

D. Prise en charge

Les kératokystes sont souvent de découvertes radiographiques fortuites. Ils sont asymptomatiques pour la plupart du temps jusqu'à être à un stade avancé où l'on peut observer : des mouvements dentaires secondaires, une suppuration lors d'une surinfection, une déformation des structures anatomiques locales. (13) Les dents en rapports répondent généralement positivement au test de vitalité pulpaire, ce qui exclut le diagnostic de lésion inflammatoire périapicale d'origine endodontique.

La prise en charge des kératokystes est soumise à controverse (19). En effet, de par son fort taux de récurrence (42 % pour les formes parakératinisées et 2,5 % pour les formes orthokératinisées selon Crawley et al. (11)) et son caractère agressif avec une potentielle extension aux tissus mous environnants, certains auteurs préconisent dans les formes avancées, une chirurgie radicale pouvant aller jusqu'à une mandibulectomie interruptrice. On préférera de nos jours privilégier la décompression kystique par marsupialisation lorsqu'il s'agit de kératokystes volumineux avec un risque fracturaire élevé avant d'envisager par la suite l'exérèse chirurgicale. Pour les lésions peu étendues, un curetage appuyé d'emblée avec aides optiques semble être la meilleure alternative. L'objectif de la chirurgie est d'obtenir une énucléation de l'intégralité de la capsule kystique, pour cela il est nécessaire de prévoir un abord chirurgical important, suffisant à la visualisation et à l'accès de l'intégralité de la lésion pouvant aller jusqu'à l'avulsion des dents limitant l'accès pour un curetage appuyé de l'ensemble des parois de la lésion. Cette option thérapeutique plus conservatrice, impose donc au patient, un suivi clinique et radiographique rigoureux afin de surveiller l'apparition d'une nouvelle lésion et la prise en charge précoce de la récurrence le cas échéant. (22) L'application d'une solution de Carnoy (60% Ethanol, 30% chloroforme et 10% acide acétique) ou d'une solution de Carnoy modifiée (sans chloroforme) (23,24) ou encore la cryothérapie (25) à l'azote liquide des tissus résiduels en contact avec la lésion après exérèse sont des solutions thérapeutiques complémentaires à l'exérèse chirurgicale qui sont bien décrites dans la

littérature. Ces techniques semblent réduire significativement le taux de récurrence des kératokystes.

La connaissance en pré-opératoire de la nature de la lésion est donc un critère clé à la prise en charge et à l'approche chirurgicale envisagée par le chirurgien (26). Elle permet également une communication plus claire et plus orientée avec le patient afin de répondre au mieux à ces interrogations et ainsi limiter ses appréhensions avant la chirurgie. Il est néanmoins important de souligner que le diagnostic positif, de certitude, ne sera établi qu'en post-opératoire grâce à l'analyse histologique de la pièce opératoire.

II. Le kyste osseux solitaire

A. Epidémiologie

Également appelé kyste osseux simple, kyste hémorragique ou encore kyste traumatique, le KOS est classé par l'OMS parmi les lésions bénignes des maxillaires (8). L'amalgame entre tous ces noms pour décrire une seule et même lésion illustre la mauvaise connaissance de son étiopathogénie. Il semblerait néanmoins qu'un traumatisme soit une des causes imputables à l'apparition des KOS (27).

Il ne semble pas exister de prédominance en fonction du genre mais la prévalence est plus importante chez l'enfant et le jeune adulte autour de la 2^{ème} et 3^{ème} décennie. C'est une lacune osseuse que l'on retrouve au niveau de la métaphyse des os longs ainsi qu'au niveau des maxillaires. Il représente environ 1 % des lésions kystiques maxillaires. Par ailleurs, on retrouve une forte prédominance à la mandibule avec plus de 90 % des lésions qui y sont retrouvées (3,28).

B. Histologie

Le kyste osseux solitaire n'est en réalité qu'un « pseudo-kyste » dans la mesure où la cavité osseuse pathologique n'est pas bordée par une membrane avec revêtement épithélial. Cela a son importance dans l'interprétation des séquences IRM abordée dans les chapitres suivants mais également dans la prise en charge opératoire. A l'effraction, on ne retrouve aucune paroi kystique. La vue per-opératoire retrouve une lacune osseuse vide, contenant un liquide séreux ou séro-hématique caractéristique. Aucune pièce n'est donc envoyée en anatomopathologie pour analyse histologique et c'est l'absence de paroi kystique et le contenu liquidien intra-lésionnel qui confirme le diagnostic (29). Histologiquement, si l'opérateur envoie une partie de la paroi osseuse juxta-lésionnelle, on peut retrouver un os recouvert d'une très fine couche de tissu conjonctif lâche

(figure 4), aspécifique (27). Dans tous les cas, en ce qui concerne les KOS, c'est la vue clinique per-opératoire qui permet de poser le diagnostic positif.

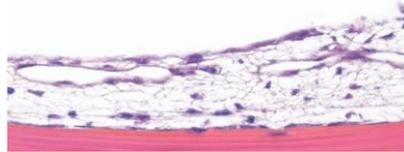


Figure 4 : Coupe histologique d'une paroi osseuse adjacente à un kyste osseux solitaire. On observe une fine trame conjonctive au contact de l'os.

Source : Adapté de référence (27)

C. Imagerie

Le kyste osseux solitaire se présente aux examens d'imagerie standards (OPT et CBCT) comme une lésion radio-transparente uniloculaire la plupart du temps mais pouvant parfois présenter des septas intra lésionnels (figure 5). Tout comme le KKO, il peut souffler les corticales osseuses et est bordé par un liseré d'ostéocondensation périphérique témoignant son évolution chronique et son caractère bénin (29).

Radiographiquement, il est indistingable d'un kératokyste ou toute autre lésion radio-transparente uni ou pluri loculaire. Sur les figures 5 et 6, on observe une lésion radioclaire multiloculaire, pluri-centimétrique au niveau de la branche horizontale et s'étendant sur la branche montante mandibulaire gauche. Les corticales vestibulaires et linguales sont soufflées et le canal du nerf alvéolaire inférieur est indiscernable radiographiquement au sein de cette lésion. On observe dans ce cas, un cloisonnement de la lésion par la présence de septas intra-osseux. Cette imagerie est non spécifique des KOS.

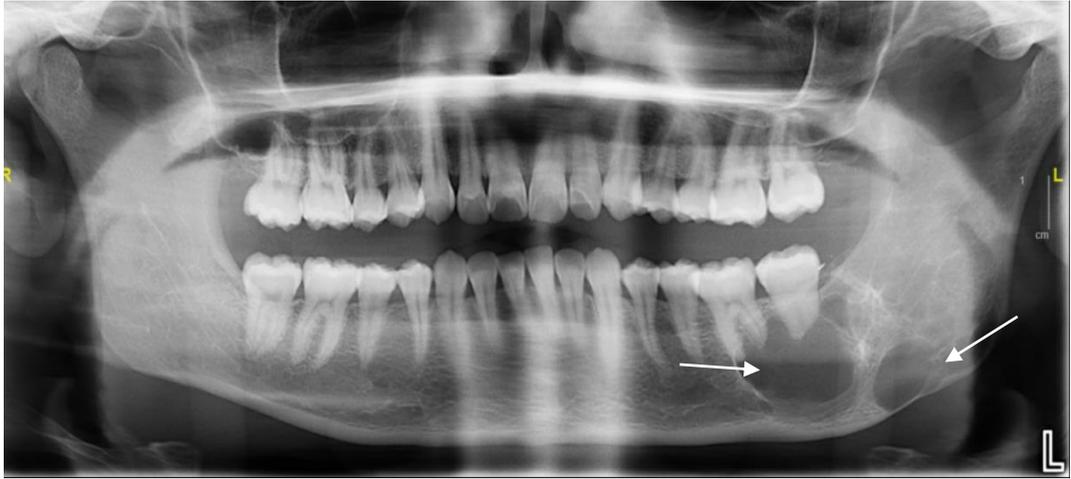


Figure 5 : OPT illustrant un cas de kyste osseux solitaire chez une jeune femme de 18 ans.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

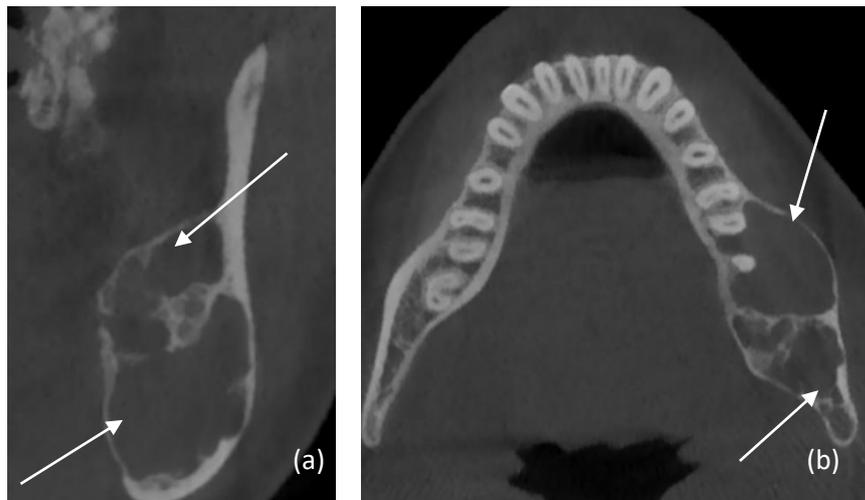


Figure 6 : Coupe sagittale (a) et Coupe coronale (b) d'un CBCT illustrant un cas de kyste osseux solitaire.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

D. Prise en charge

Les KOS sont dans 80 % des cas, asymptomatiques et donc de découverte fortuite. Le reste du temps, ils peuvent être révélés par des sensibilités dentaires, des douleurs osseuses ou encore une asymétrie faciale (30,31). Leur taux de guérison *ad integrum* sans récurrence impose une prise en charge chirurgicale soit par une fenêtre osseuse minimalement invasive à la fraise boule montée sur pièce à main, soit par volet osseux, remis en place à la fin de la chirurgie, afin de provoquer un saignement. Cette fenêtre peut être réalisée à l'aide d'instruments micro-chirurgicaux montés sur pièce à main tels qu'une micro-saw ou autres fraises à os dédiées, ou encore à l'aide d'inserts piezzo-chirurgicaux. Une fois encore, le diagnostic est confirmé en per-opératoire lors de l'effraction de cette lacune. Le but de la chirurgie est alors d'apporter « une décompression » de la lacune osseuse et de cureter les parois afin de remplir la cavité par un caillot sanguin. C'est ce caillot sanguin qui sera au long terme à l'origine de la cicatrisation osseuse par l'action pro-ostéogénique de l'ensemble des parois osseuses adjacentes. Contrairement au kératokyste, aucune récurrence n'a encore été observée. Toutefois un suivi est nécessaire afin de confirmer la réossification totale de la lacune osseuse (28).

On comprend donc l'importance d'une orientation diagnostique précise en pré-opératoire afin d'optimiser l'approche chirurgicale pour rester le plus possible minimalement invasif en épargnant le capital osseux du patient, diminuer le temps opératoire, mais également afin d'optimiser la cicatrisation osseuse à moyen terme.

III. Le bilan d'imagerie dento-maxillaire

A. L'orthopantomogramme :

L'OPT constitue l'examen standard de débrouillage. C'est un examen qui permet de visualiser l'ensemble des structures dento-maxillaires en une image en deux dimensions des étages inférieur et moyen de la face. Il est faiblement irradiant (environ 20 μ Sv) et permet un bilan dentaire et osseux global. Il est souvent à l'origine de la découverte fortuite des kystes et autres lésions des maxillaires.

Concernant les lésions kystiques des maxillaires, cet examen est utile pour appréhender la taille de la lésion et son rapport avec les structures anatomiques nobles (canal du nerf alvéolaire inférieur, branche montante et corticales vestibulaires et linguales à la mandibule. Sinus et fosses nasales au maxillaire) ainsi qu'avec les racines dentaires. Ces données devront être précisées avec un examen en trois dimensions. La radiographie panoramique permet également d'illustrer les propos tenus aux patients avec un support iconographique facilement interprétable (21).

Toutefois, cet examen ne permet aucunement de différencier avec précision la nature des lésions à cause de leur aspect similaire en radiographie standard (Figure 7).

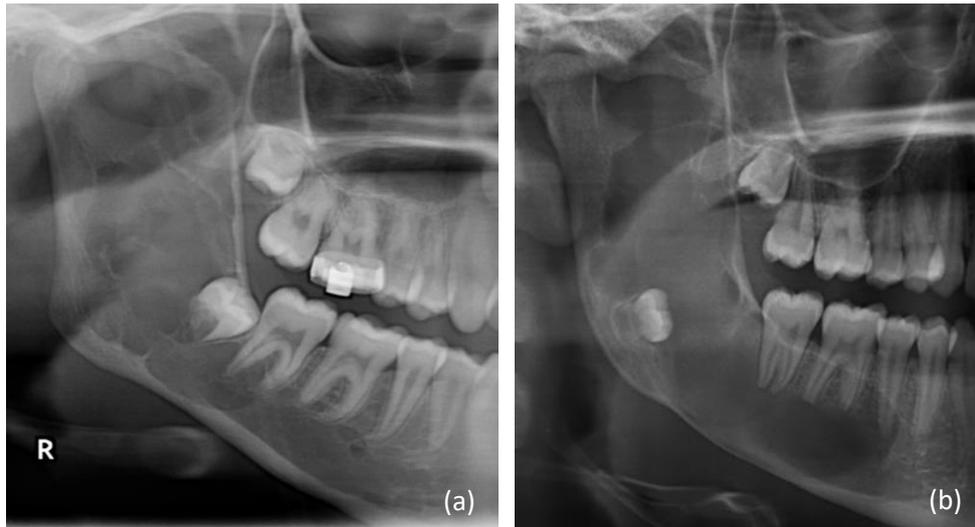


Figure 7: Mise en opposition de deux lésions mandibulaires radioclaires plurilobées, bien définies. La lésion de gauche (a) est un KOS (jeune femme de 16 ans) tandis que la lésion de droite (b) est un KKO (jeune femme de 18 ans).

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

B. L'imagerie sectionnelle : Cone Beam CT

En chirurgie orale, le CBCT trouve ses indications majeures pour les affections des tissus minéralisés : pathologies de l'inclusion, bilans pré-opératoires des chirurgies des dents de sagesse, pour les chirurgies endodontiques, pour l'implantologie et enfin pour les pathologies osseuses.

Le CBCT est, dans certains cas de l'imagerie de la face, une bonne alternative au scanner multicoupe traditionnel (multisclice computed tomography : MSCT). Le CBCT permet une excellent analyse des tissus durs mais présente un contraste limité concernant les tissus mous contrairement au MSCT (21). Le CBCT utilise moins de dose de 84 μ Sv à 212 μ Sv en fonction de la résolution programmée (32)) que le MSCT du massif facial (534-860 μ Sv) respectant ainsi le principe ALARA (As Low As Reasonably Acceptable). Il permet une visualisation des lésions osseuses et leur rapport direct avec les structures anatomiques environnantes dans les trois plans de l'espace et dans un volume cylindrique variant de 8 cm de diamètre et de hauteur pour les CBCT dits « petit champ » à 19 cm et 24 cm de diamètre selon le modèle de CBCT utilisé avec une résolution

spatiale infra-millimétrique. Les caractéristiques techniques répondent ainsi parfaitement aux besoins en chirurgie orale pour visualiser les tissus calcifiés tels que les dents, les corticales et trabéculations osseuses, et déterminer les mensurations et la qualité d'un volume osseux en implantologie. Son relatif faible coût le rend aujourd'hui de plus en plus accessible au sein des cabinets dentaires et des services de radiologie, ce qui présente un avantage en terme de rapidité de prise en charge des patients. Ce type d'examen est donc devenu l'outil de référence dans le bilan radiographique des lésions des maxillaires (32,33).

Cet examen aide le praticien à visualiser l'étendue de la lésion dans l'espace en précisant sa forme, ses contours et, dans une certaine mesure, les différences de contraste au sein de la lésion sur laquelle certaines études se basent pour différencier les tumeurs solides et les kystes (33–35). Il peut également guider le geste chirurgical en permettant au praticien de visualiser l'abord à envisager pour l'énucléation et/ou la reconstruction nécessaire (36,37). Il donne une idée de la nature exacte de la lésion seulement lorsque celle-ci possède une signature radiographique caractéristique à corréliser aux caractéristiques topographiques et au contexte clinique (patient jeune, associé ou non à une forme syndromique...) comme des lacunes en nid d'abeille pour le myxome, en bulle de savon pour l'améloblastome, en verre dépoli pour la dysplasie fibreuse, en amas radio-opaque pour les dysplasies cémento-osseuses et odontomes... Cependant, il n'apporte aucune information pour caractériser le contenu d'aspect radioclaire des lésions ce qui limite ainsi la distinction des kystes/pseudokystes et autres lésions radioclaire similaires (34,38). Cet examen ne permet donc pas d'obtenir des valeurs de sensibilité et de spécificité diagnostiques suffisantes pour obtenir un diagnostic positif présomptif précis des lésions avant une intervention chirurgicale (39).

C. L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) Nucléaire

1. L'apport de l'IRM dans les lésions des maxillaires

D'une façon plus générale, l'IRM est un examen de choix dans le bilan et le suivi oncologique. Dans le domaine bucco-dentaire, l'IRM connaît une indication dans les troubles articulaires de l'articulation temporo-mandibulaire dans la pratique de la médecine bucco-dentaire. Certains auteurs préconisent l'utilisation de l'IRM également en suivi post-opératoire pour diminuer la dose d'irradiation délivrée au patient et en particulier pour la population pédiatrique (40).

L'IRM est une imagerie basée sur le signal qu'émettent les protons lorsqu'ils sont excités par une onde de radiofréquence au sein d'un champ magnétique. Le contraste tissulaire obtenu est donc basé sur d'autres principes que l'atténuation des ondes électromagnétiques et est ainsi très différent de celui que l'on obtient avec des rayons X dont il existe quatre densités tissulaires : l'air, l'eau, la graisse, le calcium.

La force de l'IRM est de permettre une meilleure caractérisation tissulaire par une analyse plus fine des signaux émis par les protons de l'eau en fonction de leur environnement. Il est ainsi possible d'identifier différents contenus de lésions kystiques ou tumorales (41). Un contenu liquidien pur n'aura pas le même signal qu'un contenu liquidien épais ou qu'un contenu liquidien qui contient beaucoup de kératine par exemple et selon la pondération utilisée. De même, l'IRM est capable d'identifier du sang (non circulant) et le signal sera différent si le sang est frais ou s'il s'agit d'un caillot sanguin ancien selon la pondération utilisée. Elle permet également de fournir des précisions sur les rapports anatomiques entre la lésion et les structures anatomiques voisines. Il est ainsi plus aisé d'évaluer l'engainement du nerf alvéolaire inférieur au sein d'une lésion par exemple (42,43).

Certains auteurs préconisent une utilisation exclusive de l'IRM afin de réduire l'irradiation du patient dans le diagnostic des lésions bénignes des maxillaires. Cet examen fournirait également des informations et des

précisions sur les structures anatomiques équivalentes voire meilleures que le CBCT excepté dans la description fine de lésions osseuses de petite taille (44,45). Néanmoins, les éléments métalliques et les implants dentaires en particulier engendrent des artefacts importants à l'IRM par modification du champ magnétique local.

L'IRM offre une multitude de pondérations pour différencier les tumeurs bénignes (41). L'analyse de toutes ces pondérations permet d'isoler des caractères intra-lésionnels propres à chaque lésion. Ainsi, il semble possible de venir dépasser, grâce à cet examen, certaines limites liées au CBCT pour analyser de manière qualitative voire quantitative le contenu des lésions radioclaires.

Les aspects en pondération T1 et T2 sont en général similaires pour la plupart d'entre elles. Leurs caractéristiques principales sont résumées dans le tableau 1 ci-dessous.

	T1	T2	IRM-PDC
Améloblastome	Hyposignal	Hypersignal	<u>Unikystique</u> : Renforcement de contraste sur une paroi épaisse, nodule intraluminal <u>Multi-kystique</u> : Renforcement de contraste dans la partie solide mais pas dans la partie kystique.
Granulome central à cellules géantes	Hyposignal	Hypersignal	Fort renforcement de contraste.
Kératokyste	Hypo/Isosignal	Hypersignal hétérogène	Renforcement de contraste sur une paroi fine.
Kyste dentigère	Hyposignal	Hypersignal	Renforcement de contraste sur une paroi fine.
Kyste radiculaire	Hyposignal	Hypersignal	Renforcement de contraste sur une paroi fine.
Kyste osseux solitaire	Hyposignal	Hypersignal homogène	Renforcement progressif de contraste sur une paroi fine puis prise de contraste intraluminal de la périphérie vers le centre en ultra-tardif après injection
Kyste naso-palatin	Hypersignal hétérogène	Hypersignal homogène	Renforcement de contraste sur une paroi fine.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des aspects des principales lésions maxillaires en fonction de la pondération IRM employée. Adapté des références : (6,41,46,47)

C'est l'étude en séquence dynamique et l'IRM de diffusion qui semblent permettre la distinction entre les lésions kystiques et non kystiques (41,47,48).

Les chélates de gadolinium sont utilisés comme produit de contraste injecté en IRM (IRM-PDC) qui sera caractérisé par un hypersignal en pondération T1. L'injection de tels produits permet de rehausser le signal de tous les organes contenant des vaisseaux avec du sang circulant (49). En d'autres termes, utiliser une injection de chélates de gadolinium permet de visualiser la vascularisation des tissus et des tumeurs. S'il existe un rehaussement précoce important après l'injection de produit de contraste, alors la portion de tissu étudiée est considérée comme vascularisée. S'il n'y a aucun rehaussement intra lésionnel, alors il s'agit d'une lésion non vascularisée ou kystique. Cette propriété peut être mise à profit pour distinguer un kyste « vrai » d'un pseudo-kyste. Un kyste possède une membrane périphérique vascularisée qui s'observe en IRM-PDC par un rehaussement en liseré périphérique correspondant à sa paroi conjonctive sans rehaussement du contenu intra-kystique. Un pseudo-kyste ne possède pas de paroi périphérique, il y aura donc un léger rehaussement circonférentiel péri-lésionnel puis un rehaussement centripète des périphéries vers le centre de la lésion sans restriction de la perfusion.

Enfin, la pondération dite de diffusion a été développée dans les années 80. Il s'agit d'une séquence qui permet d'évaluer les mouvements browniens de l'eau. La séquence excite les protons de l'eau puis dans un temps très court « écoute » le signal restitué par ces protons à la machine. Si les protons sont immobiles la machine recevra un signal. À l'inverse si les protons de l'eau sont mobiles au moment de l'écoute ils se seront déplacés et il n'y aura pas de signal en retour. En d'autres termes sur une séquence de diffusion s'il y a un hypersignal c'est que les protons de l'eau sont immobiles, on parle de restriction de la diffusion des protons de l'eau. Au contraire si la séquence de diffusion montre un hyposignal c'est que les protons sont mobiles et qu'il n'y a pas de restriction de la diffusion de l'eau.

Il a été montré que la restriction de la diffusion de l'eau est proportionnelle à l'existence de membranes lipidiques hydrophobes qui capturent les protons de l'eau (par exemple les membranes cellulaires). Au contraire, un tissu pauvre en cellules donc en membranes cellulaires hydrophobes ne restreint pas la diffusion de l'eau et apparaît en hyposignal. Ces propriétés peuvent également être mises à profit pour caractériser le contenu d'un kyste. Par exemple, s'il est riche en kératine il y aura une restriction de la diffusion de l'eau au sein de ce kyste, donc un hypersignal alors que s'il est pauvre en contenu lipidique et riche en eau il n'y aura pas de restriction de la diffusion de l'eau au sein de ce kyste qui apparaîtra donc en hyposignal (50,51).

Les séquences de diffusion permettent alors de quantifier les mouvements browniens de l'eau à l'aide d'un paramètre qui s'appelle le coefficient apparent de diffusion (ADC) qui s'exprime en millimètre carré par seconde et qui correspond à la surface de diffusion parcouru par une molécule d'eau sur une seconde. Un coefficient apparent de diffusion élevée ($> 2,0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$) signifie que l'eau bouge beaucoup. Un coefficient apparent de diffusion faible ($< 1 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$) signifie qu'il existe une restriction à la diffusion des molécules d'eau.

Les KKO et les KOS ayant des aspects parfois très similaires en pondération T1, T2, Fat-Sat. L'étude de ces lésions en séquence dynamique après injection de gadolinium ainsi qu'en diffusion nous est apparue intéressante à traiter comme cela a pu déjà être fait pour différencier les lésions bénignes tels que la tumeur de Whartin (qui possède une portion tissulaire et une portion kystique, l'adénome pléomorphes et les lésions malignes de la parotide. En effet, ces études prouvent que l'étude de la perméabilité permet une nette différenciation des lésions malignes et bénignes ainsi qu'une caractérisation de la microstructure intra lésionnelle au sein de ces dernières (52,53). De plus, en faisant un parallèle entre les KKO et les améloblastomes, le calcul d'un d'ADC différent, propre à chacune de ces deux lésions serait un outil diagnostique d'une grande utilité pour leur prise en charge respective (54).

L'étude présentée dans les chapitres suivant se base sur ce postulat pour essayer de déterminer tout d'abord une valeur seuil de l'ADC qui permettrait de différencier le KKO du KOS. Puis de comparer la puissance diagnostique de la valeur de l'ADC aux autres séquences IRM ainsi que de comparer la puissance diagnostique de la valeur de l'ADC aux examens radiographiques conventionnels pour ce genre de lésion, à savoir OPT et CBCT.

2. Aspects IRM du kératokyste et du kyste osseux solitaire

a) Pondération en T1

Les images pondérées en T1 fournissent un signal graisseux hyperintense et un signal aqueux hypointense.

En T1, le kyste osseux solitaire apparaît hypointense homogène, tandis que le kératokyste apparaît hypointense voir isointense souvent d'aspect hétérogène (figure 8).

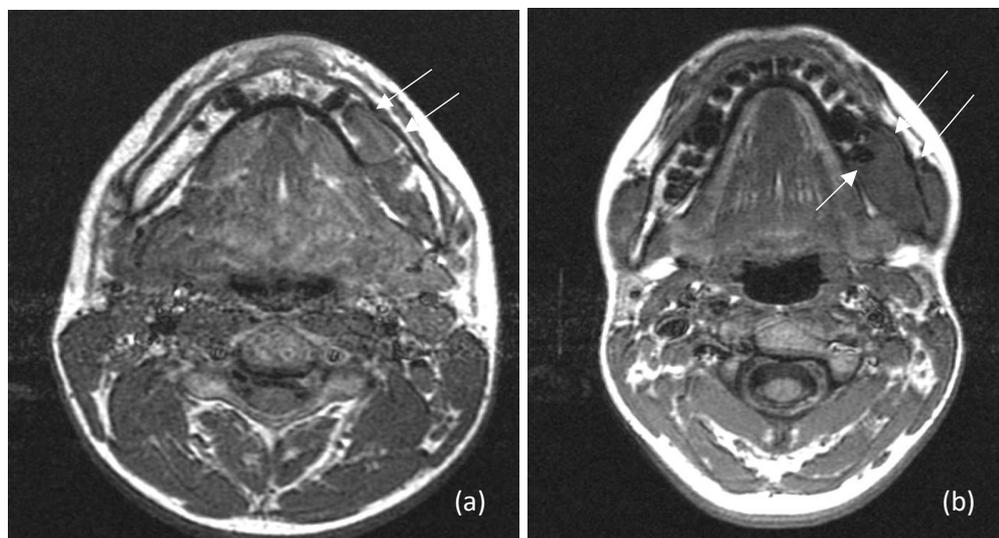


Figure 8 : (a) : KOS, image pondérée en T1 trans : hyposignal homogène (b) : KKO, image pondérée en T1 : isosignal homogène

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

b) Pondération T2

Les images pondérées en T2 fournissent un signal aqueux hyperintense et un signal graisseux légèrement moins intense que le signal aqueux.

En T2, le KOS apparaît hyperintense homogène. Le kératokyste apparaît lui hyperintense également mais souvent d'aspect hétérogène (figure 9).

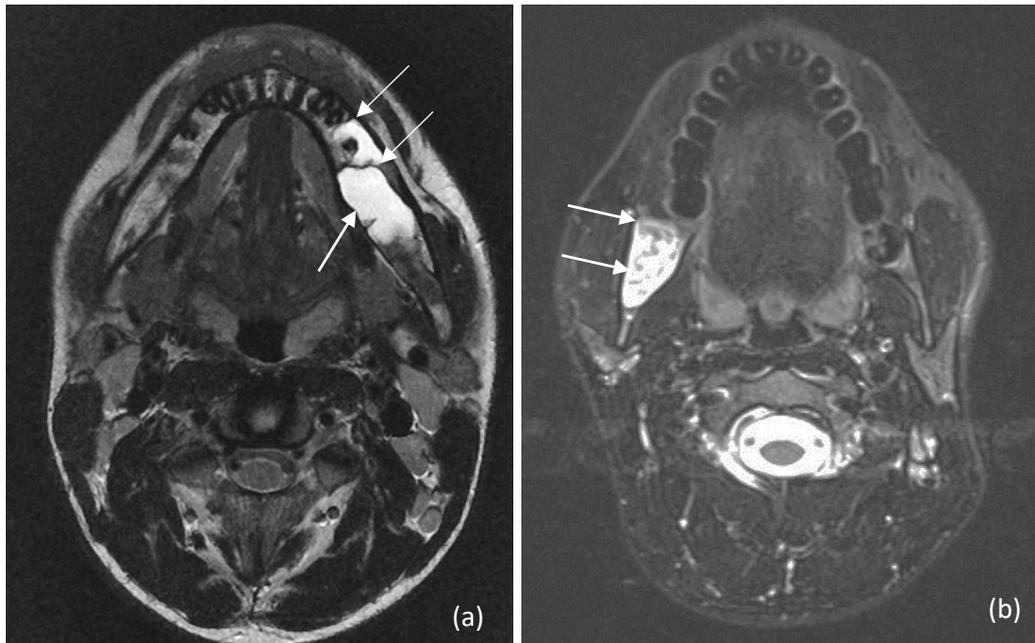


Figure 9 : (a) : KOS, image pondérée en T2 trans : hypersignal homogène (b) : KKO, image pondérée en T2 Fat Sat : hypersignal hétérogène

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

c) Séquence T1/T2 Fat-Sat, application d'une technique de suppression de graisse

Il est possible d'appliquer en IRM des techniques de suppression du signal de la graisse (communément dénommées Fat-Sat). La mise en place d'une technique de suppression du signal de la graisse ne modifie pas le contraste relatif entre les autres tissus.

d) Acquisition dynamique

Une acquisition dynamique consiste à répéter l'acquisition de plusieurs volumes (identiques) pondérées en T1 faisant suite à l'injection d'un produit de contraste gadoliné. Elle permet de suivre au cours du temps (de 10 à 20 minutes), sur des images pondérées en T1, les variations d'intensité des tissus liés au passage du produit de contraste (contenu hémodynamique intra-lésionnel) (55).

On observe pour les KOS, un rehaussement du pourtour de la lésion puis une progression centripète lente du produit de contraste (figure 10, d'après Konouchi et al. (56)). Ce phénomène traduit une absence de restriction du signal qui s'explique par le fait que le KOS n'a pas de paroi épithéliale limitant la diffusion passive du produit de contraste au sein de la lésion (57). Néanmoins, on observe ce phénomène de diffusion vers le centre de la lésion uniquement lors de séance ultra-tardive après injection (450 sec. et plus).

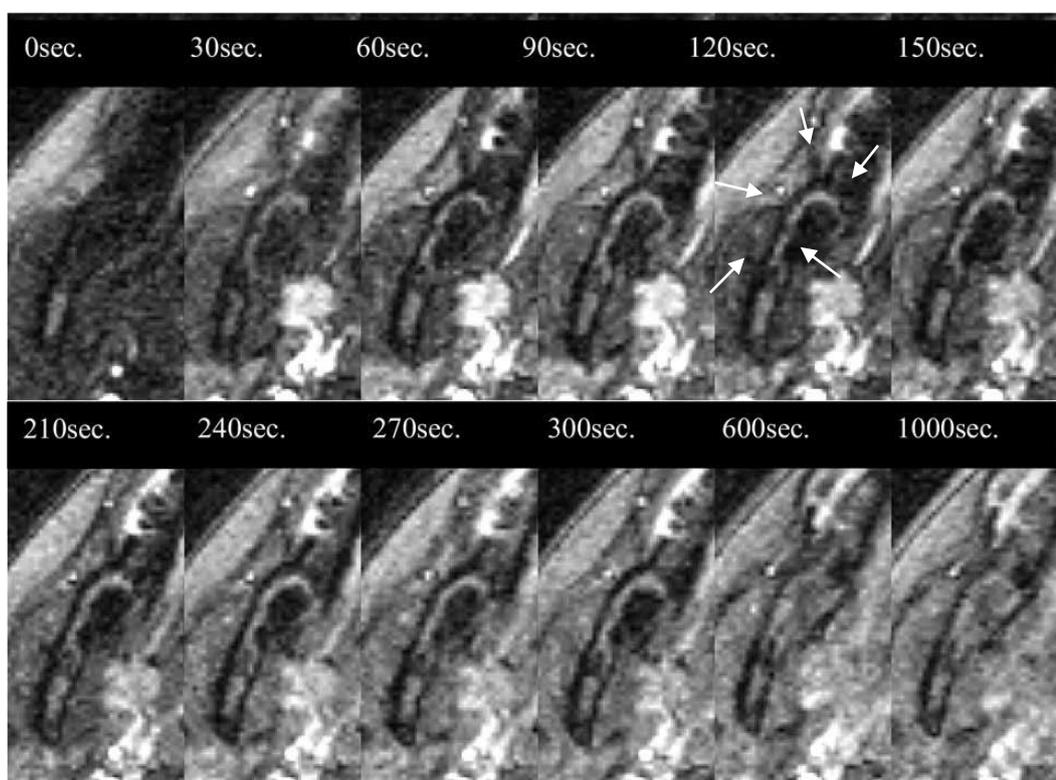


Figure 10 : KOS, image de rehaussement circonférentiel en début de perfusion puis rehaussement intra lésionnel progressive et centripète en fonction du temps.

Source : Yanagi et al., (55).

Pour les kératokystes en revanche, on observe un rehaussement pariétal marqué correspondant à la capsule périphérique du kyste (figure 11). Cependant, une absence de diffusion passive du produit de contraste au sein de la lésion est caractéristique (comme pour tous les kystes) et ce, même en séquence ultra tardive

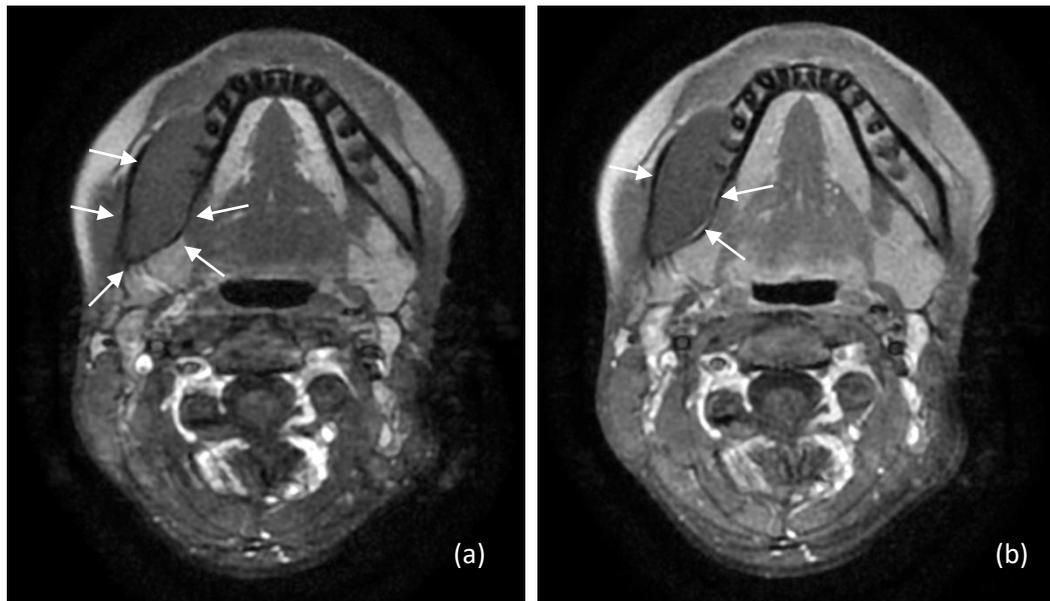


Figure 11 : KKO, image de rehaussement pariétal en début (a) et fin (b) de perfusion sans rehaussement du signal intra lésionnel.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

L'étude du comportement de la lésion après injection du produit de contraste permet alors d'établir des courbes de la dynamique de rehaussement pour chaque lésion en fonction du temps (figure 12). Celle-ci sera en plateau en ce qui concerne tous les kystes (expliqué par la présence d'une paroi épithéliale qui fait barrière à la propagation du produit de contraste au sein de la lésion), tandis qu'elle aura une croissance lente en ce qui concerne les KOS (illustrant la prise de contraste de la périphérie vers le centre dû au phénomène de diffusion passive en l'absence de réelle paroi épithéliale). Il est intéressant de noter que ce phénomène de diffusion passive avec une augmentation de l'intensité du signal est communément admis par les radiologues comme illustrant une lésion fibreuse ou comme

un lac vasculaire tel que l'angiome qui accumulerait sans réabsorption intravasculaire une grande partie du produit de contraste (58,59).

On note également sur le graphique suivant que l'améloblastome a un comportement différent des autres courbes de rehaussement des autres lésions. Cela s'explique par la nature de la lésion qui est une tumeur constituée d'un grand nombre de cellules et de vaisseaux qui capteront rapidement le produit de contraste (pic précoce) mais qui l'élimineront progressivement au cours du temps.

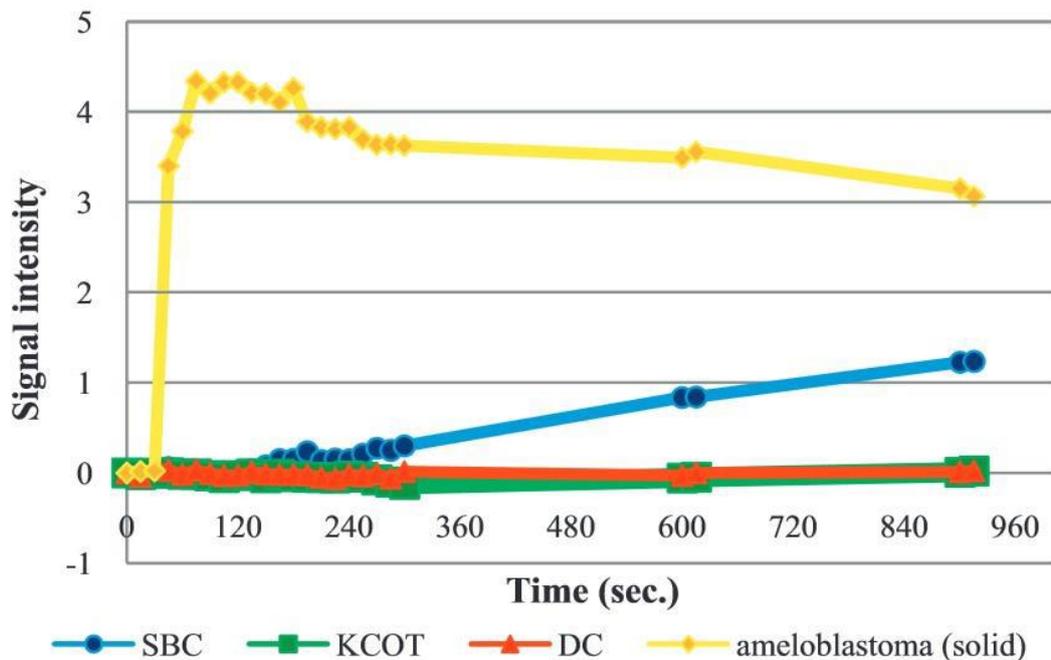


Figure 12 : Courbe d'intensité du signal en fonction du temps pour chacune des lésions courantes des maxillaires. SBC = kyste osseux solitaire, KCOT = kératokyste, DC = kyste dentigère, ameloblastoma = améloblastome.

Source : Konouchi et al., MR imaging diagnostic protocol for unilocular lesions of the jaw, 2012 (56)

Toutefois, nombreuses sont les études qui prouvent l'accumulation dans le cerveau et dans les noyaux gris centraux des produits de contrastes injectés lors des examens IRM (60,61).

e) Pondération en diffusion

La diffusion est un moyen additionnel qui permet d'étudier le contenu d'une lésion. Cela est utilisé dans d'autres domaines de la médecine comme en hépatologie où la diffusion est utilisée pour caractériser la perfusion sanguine de l'hémangiome ou pour préciser les stades de fibrose hépatique (62,63). Sur le plan technique, le degré de pondération en diffusion de la séquence est modulable au moyen du facteur b (b=0 correspond à une image T2 et b=1000 l'image est pondérée en diffusion), ce dernier étant lui-même la conjonction de différents paramètres comme l'amplitude des gradients de diffusion, le temps d'application de chacun de deux gradients de diffusion, le délai entre les deux gradients de diffusion. Elle permet également d'établir une carte de diffusion pour en extraire le coefficient de diffusion apparent (ADC). Certaines études ont déjà prouvé la puissance diagnostique de cet indicateur pour certaines lésions des maxillaires. Ainsi, par exemple, un ADC aux alentours de $1,019 \pm 0,07 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ orientera vers un kératokyste, tandis que lorsque ce dernier est élevé, aux alentours de $2,19 \pm 0,33 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ oriente plus vers l'améloblastome lorsque ce dernier dispose d'une portion kystique. Enfin, un ADC aux alentours de $1,041 \pm 0,41 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ fera référence à la partie solide de l'améloblastome. Cet indicateur permet donc une caractérisation de la lésion mais il est à manier avec prudence car fortement dépendant du site sur lequel il est calculé. Il est donc à confronter avec les autres séquences afin d'affiner son calcul et son relevé. Cependant, aucune différence significative ne ressort entre l'ADC du kératokyste et des autres kystes odontogènes (46,64–66). Le type de contenu (tumoral ou liquidien) d'une lésion des maxillaires peut être explorée par la pondération en diffusion.

Le KKO possède au contraire des amas de kératine en dépôt au sein d'un liquide présentant une forte viscosité qui imposera une restriction à la diffusion (41,47,48) et donc un ADC diminué. Cela se traduira par une diminution moins importante du signal en pondération de diffusion entre b=0 et b= 1000 par exemple (figures 13 et 15).

Le KOS présentant un contenu exempt de tout tissu, ce dernier ne contient qu'un liquide séreux ou séro-hématique, lorsque celui-ci est présent au sein d'une lacune osseuse. La diffusion ne devrait donc avoir aucune restriction et donc un ADC élevé. Cela se traduira par une diminution importante du signal observé sur la séquence de diffusion entre $b=0$ et $b= 1000$ par exemple (figures 14 et 16).

Par ailleurs, on peut noter que l'hypersignal observé pour des faibles valeurs de b ($b=50 \times 10^3 \text{ s/mm}^2$) est due au phénomène de *T2 shine trough* ou « effet T2 ».

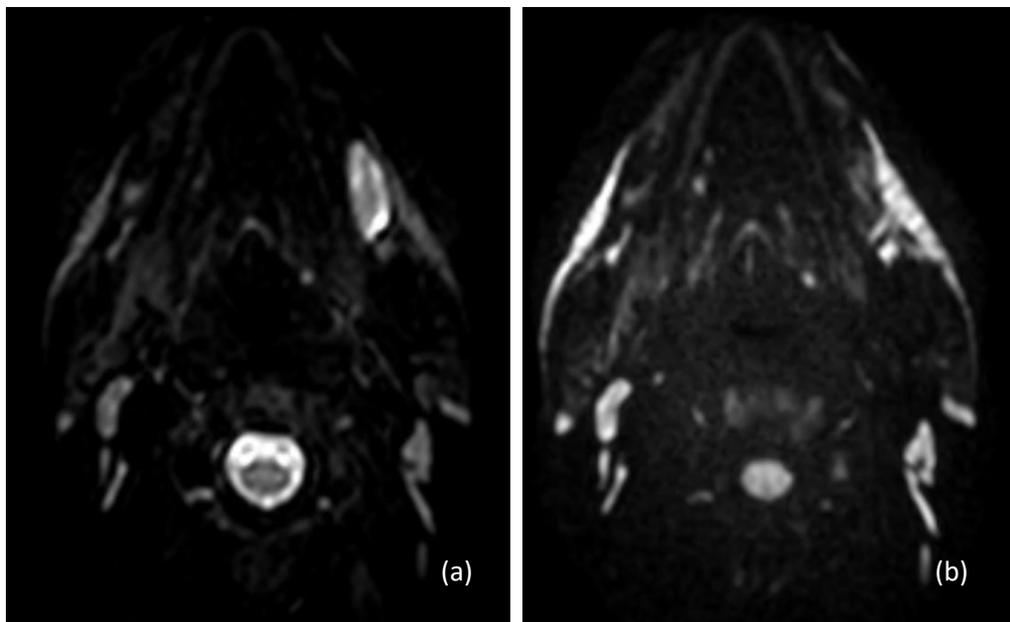


Figure 13 : KOS de la branche horizontale mandibulaire gauche à $b=0$ (a) et à $b_{max} b=1000$ (b), image en séquence de diffusion. On observe une forte diminution de l'intensité du signal qui se traduira par un ADC fort.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

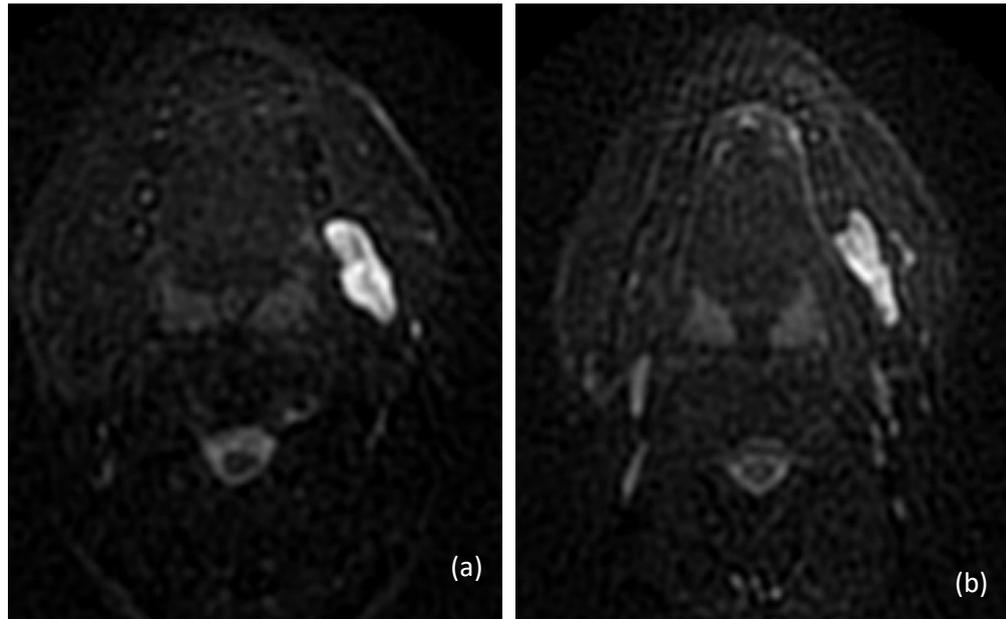


Figure 14 : KKO de la branche horizontale mandibulaire droite à $b=0$ (a) et à $b=1000$ (b), image en séquence de diffusion. On observe une faible diminution de l'intensité du signal qui se traduira par un ADC faible.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

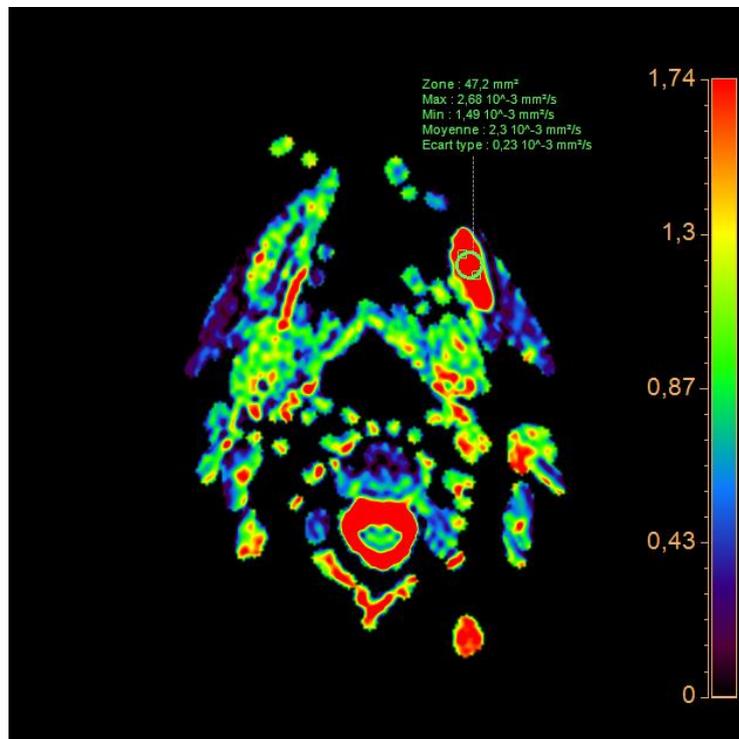


Figure 15 : Relevé d'ADC pour un kyste osseux solitaire mandibulaire secteur 30.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

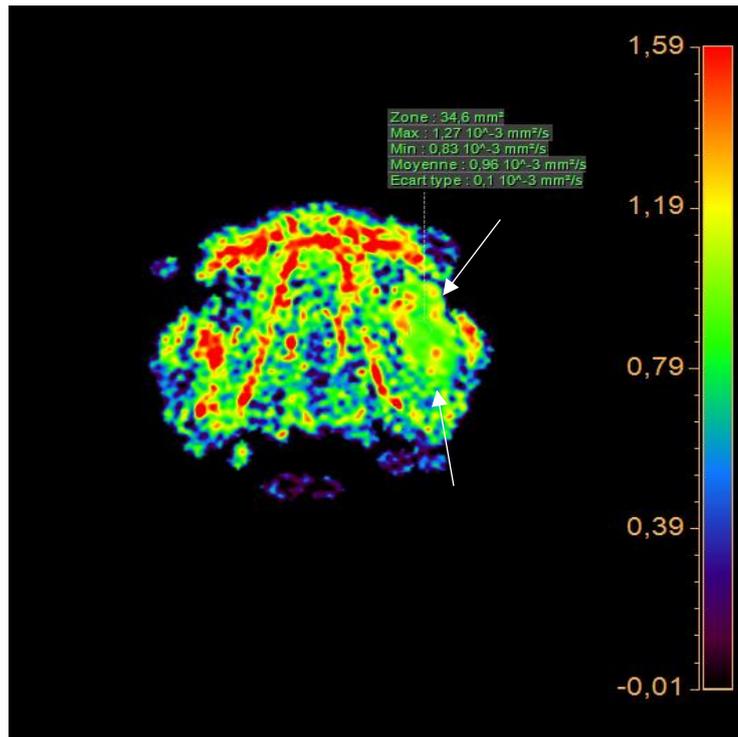


Figure 16 : Relevé d'ADC pour un kératokyste mandibulaire secteur 30.

Source : Service d'imagerie médicale des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg

On peut donc retrouver certaines similarités (*cf tableau 1*) entre les KOS et les KKO qui, avec une analyse qualitative subjective et opérateur dépendant, peut parfois s'avérer insuffisante pour différencier les 2 lésions.

L'avantage d'un relevé quantitatif de l'ADC, en plus du bilan d'imagerie standard et des autres séquences d'IRM semble pouvoir améliorer la précision et l'objectivité du diagnostic pr sumptif.

IV. Le travail d'étude

A. Introduction

Le travail d'étude réalisé consistait en l'évaluation de la valeur diagnostic de l'IRM et plus particulièrement de l'IRM de diffusion afin d'établir un protocole complémentaire à l'examen d'imagerie standard pour tenter de caractériser en pré-opératoire, les lésions mandibulaires à type de KKO ou de KOS sans avoir recours à la biopsie et ainsi limiter le nombre d'intervention pour le patient et la morbidité associée.

Nous avons alors comparé la puissance diagnostique du bilan d'imagerie standard (OPT et CBCT) à celui des séquences d'IRM communément admises à partir desquelles le relevé du coefficient de diffusion apparent de chaque lésion nous a permis de définir une valeur seuil de l'ADC qui, conjointement au reste du bilan radiographique permet de distinguer de manière fiable les KOS des KKO.

Cette étude a été mis en forme pour publication dans la revue *Diagnotics*. L'ébauche de l'article associé à cette étude ainsi que les conclusions que nous en avons tiré sont présentés ci-dessous.

Article

Diagnostic value of diffusion-weighted MRI between Simple bone cyst and Odontogenic Keratocyst : a retrospective monocentric comparative study.

Lucidarne Q^{1,2}, Gros C-I^{2, 3,4}, Zorn J-E^{5,6, 7}, Dillenseger J-P^{5,7}, Severac F⁸, Choquet P^{5,6, 7,9}, Riehm S¹⁰, Bornert F^{1,2,4*}

Citation: Lastname, F.; Lastname, F.;
Last-name, F. Title. *Diagnostics* **2021**,
11, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Received: date

Accepted: date

Published: date

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2020 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- 1 Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Unité de Chirurgie Orale, Pôle de Médecine et Chirurgie bucco-dentaires, Strasbourg France. 7
- 2 Université de Strasbourg, Faculté de Chirurgie Dentaire, Strasbourg, France 8
- 3 Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Unité d’Imagerie dento-maxillaire, Pôle de Médecine et Chirurgie bucco-dentaires, Strasbourg France. 9
- 4 INSERM (French National Institute of Health and Medical Research) UMR 1260, Regenerative Nanomedicine, CRBS, 1 Rue Eugène Boeckel, 67000 Strasbourg, France. 10
- 5 Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Imagerie Préclinique-UF6237, Pôle d'imagerie, 67000 Strasbourg, France. 11
- 6 Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Service de Radiologie 2, HautePierre, Pôle d'imagerie, 67000 Strasbourg, France. 12
- 7 Icube, équipe MMB, CNRS, Université de Strasbourg, 67000 Strasbourg, France. 13
- 8 Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Pôle de Santé Publique, Service de Santé Publique; Strasbourg, France. 14
- 9 Fédération de Médecine Translationnelle de Strasbourg, Faculté de Médecine, Université de Strasbourg, 67000 Strasbourg, France 15
- 10 Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Service de Radiologie 1, HautePierre, Pôle d'imagerie, 67000 Strasbourg, France. 16

* Correspondence: fabien.bornert@chru-strasbourg.fr 17

Abstract: Solitary bone cysts (SBC) and odontogenic keratocysts (OKC) are both common lesions of the jaw. They are most often discovered incidentally on panoramic X-ray revealing a similar radiolucent image. They are well delimited by a uni or multi-local osteocondensation rim, most often in the molar or retromolar mandibular region. A 3D imaging assessment is generally done through a CBCT imaging which permit to precise the extension of the lesion. Nevertheless, it is not possible to determine a precise diagnosis without a pathological analysis. Differential diagnosis between these 2 lesions must be established with caution because surgical management is very different. A curettage with a minimally invasive approach is indicated for SBC whereas a more aggressive surgical approach is necessary to prevent recurrence of OKC. The use of diffusion-weighted MRI (DWI) and the apparent diffusion coefficient (ADC) can help to specify the nature of the lesion in a non-invasive way by analysing the intralesional molecular content behavior. This approach could avoid to get a preliminary biopsy sample before to proceed to an invasive surgery. This mono-centric retrospective study done at the University Hospitals of Strasbourg determined a threshold value of $ADC = 1,23 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ which constitutes a valuable criteria orienting diagnosis towards an OKC for $ADC < 1,23 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ and SBC for $ADC > 1,23 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$. 18

Keywords: Simple Bone cyst, Odontogenic Keratocyst, Jaw, Apparent diffusion coefficient, Diffusion-weighted MRI, CBCT. 19

1. Introduction 20

Odontogenic cysts represent 13.8% of whole the lesions encountered in the jaw. They represent the most frequently encountered oral disease after mucosal lesions and before malignant diseases of the orofacial region (1,2). The standardized diagnostic approach includes an anamnesis and clinical examination completed by an X-ray imaging assessment with an orthopantomogram and a 3D imaging as multi-slices CT (MSCT) or Cone Beam CT(CBCT). CBCT presents a very good spatial resolution, less artifact distortion and a lower radiation dose but a lower precision upon soft tissues contrast in comparison to MSCT (3) (4). Diagnosis of a periapical inflammatory lesion of endodontic origin, a radicular cyst or a dentigerous cyst, is quite easy to establish as the morphological aspect and the clinical picture are strongly typical and these lesions are relatively common in daily practice through a this W-ray assesment (5,6). In fact, these examinations allow 21

the characterization of the volume and topography of the lesion with its relationship to the adjacent anatomical structures (7), thus, it helps the surgeon to anticipate the surgical procedure and avoiding potential associated anatomical injuries (8). However, X-ray imaging can be poorly helpful face to large lacunar or geodic lesions related to presumed healthy teeth, especially in children, adolescents or young adults (9). Indeed, SBC and OKC have similar appearance on conventional imaging (Figure 1). Their typical appearance describes a radiolucent lesion, well delimited, uni or multi locular, uni or multi lobular, with or without osteocondensation rim, respecting most of the time the adjacent anatomical structures and blowing bone cortices and reaching fenestration in case of advanced affectation. This description shows that both lesions, which are histologically completely different, can have very similar appearance on X-ray imaging (10–12). Their therapeutic management is nevertheless very different. The management of solitary bone cysts (SBC) consists of a minimally invasive approach, whereas that of keratocysts (OKC) consists of the full removal of cystic wall and aggressive curettage of the bony lacunae resulting from its growth and local aggressiveness (13). It is even recommended to remove the teeth related to the OKC in order to allow an appropriate and full curettage of the whole lesion in order to improve the long-term prognosis and to limit local recurrences (14,15). A pre-surgical diagnosis would allow to propose an optimal surgical strategy, the most conservative possible for the SBC, and to limit the risk of recurrence of keratocysts.

Magnetic resonance imaging (MRI) is still not widely used in dento-alveolar surgery although it can be a real asset for lesions presumed to be cystic with a non-specific morphology on X-ray routine imaging. The diffusion weighted MRI (DWI) allows, in particular, to collect information on tissues characteristics and their intra-lesion content. So DWI could be a great of interest to establish differential diagnosis between OKC and SBC.

The objective of this study is to define the remnographic characteristics of OKC and SBC to evaluate the diagnostic accuracy of MRI for these 2 both lesions and improving differential diagnosis. Studies by Han *et al.*, Apajalahti *et al.* and Wang *et al.* have defined a meaningful ADC to compare several lesions such as ameloblastoma and OKC, but they did not compare the ADC of OKC and SBC (16–18). An other objective is to determine threshold value of ADC in DWI to distinguish SBC and OKC.

A retrospective monocentric non-interventional pilot study of series of patients affected by OKC and SBC at the University Hospitals of Strasbourg was conducted in this context. Different parameters (morphological, topographical...) from all the imaging medical records (OPG, CBCT and MRI) as well as the anatomical-clinical criteria were analyzed to characterize the lesions and to determine the characteristics allowing to differentiate them. Imaging data were then compared with the intraoperative macroscopic observation of the lesion and pathological analysis as well as the long-term follow-up of the lesion to establish a positive diagnosis.

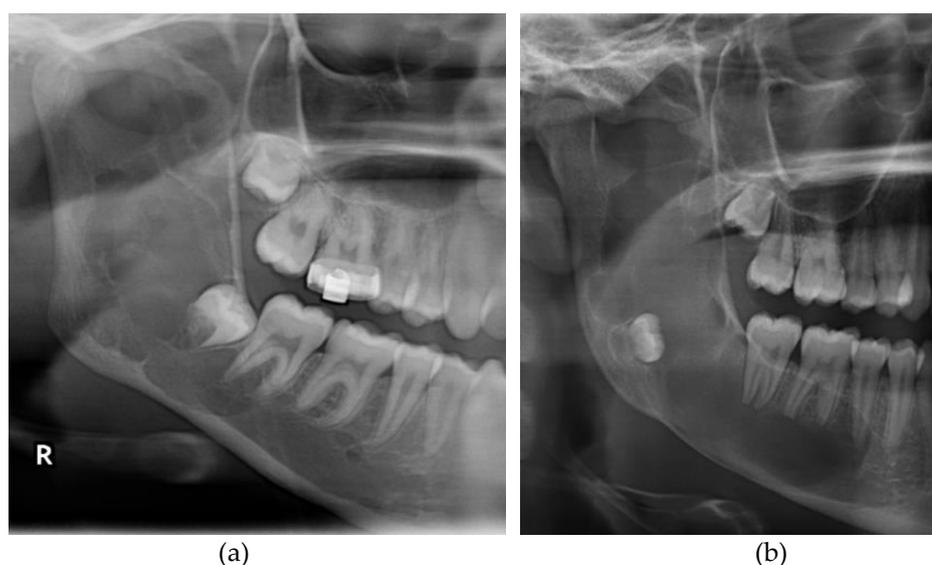


Figure 1. Orthopantomograms (OPG), Contrasting two well-defined multiloculated mandibular lesions. The lesion (a) is a SBC in young 16 years old female while the lesion (b) is a OKC in a 18 years old female.

Source: Medical imaging department of the University Hospitals of Strasbourg.

2. Materials and Methods

A total of 18 patients aged 11 to 59 years were included in the study. The inclusion criteria were, first of all, to have had a standard X-ray assessment including orthopantomogram and a CBCT as well as a complementary MRI workup with T1 Ax 2mm, T2 Trans 2mm, T2 FS Trans 2,5mm, MRI-Diffusion (DWI), T1 Ax Dynamic 4mm, sequences. In addition, all patients had to have undergone surgery, which allowed to establish a proper diagnosis, either per-operatively in cases of SBC, or following histological analysis in cases of OKC. All images were processed on the same hospital console. MRI examinations were performed on a SIGNA HDxt 3T machine (GE Healthcare, New-York, USA) with Dotarem(*) 0,2mL/kg as the contrast agent, $b_1=50$ s/mm² $b_{max}=800$ s/mm².

Two values of ADC and their standard deviation for each lesion were recorded using two imaging analysis software: Phillips Intelli Portal (*) and Radiant DICOM Viewer (*) to test the reproducibility of the results (Figure 2). The region of interest (ROI) was defined elliptic, with a size based on the volume of each lesion studied and plotted in an Excel spreadsheet. The results between the different softwares were consistent with the same order of magnitude.

The statistical analysis began with a numerical description of the data. Categorical variables were described by giving the numbers and frequencies of each modality. For ordinal categorical variables, cumulative counts and frequencies were added. The quantitative variables were described using the usual positional parameters (mean, median, minimum, maximum, percentiles 1, 2.5, 5, 10, 25 (Q1), 75 (Q3), 90, 95, 97.5 and 99) as well as the classical dispersion parameters (standard deviation, variance, range, interquartile range). All variables were described for the whole population and for each group (OKC and SBC). The statistical analysis also included a graphical description of the data.

The determination of the threshold of ADC allowing the differential diagnosis between OKC and SBC was carried out with the help of a ROC curve (receiver operating characteristic). The threshold chosen is the one maximizing the Youden index. The "gold standard" for the diagnosis of the lesions was achieved by anatomopathological analysis.

To meet the secondary objectives, a single-blind evaluation was performed with 2 raters independent to the study: a radiologist and a dental surgeon both specialized in dento-maxillary imaging. All examinations (OPG, CBCT and MRI) were anonymized and presented independently (OPG and CBCT on the one hand, and MRI on the other). The different reviewers were evaluated independently using dedicated tables to guide their presumptive diagnosis towards a diagnosis of OKC or SBC. The evaluation criteria for OPG and CBCT were: the volume of the lesion, its location, its relationship with the anatomical structures, preservation of the opposing bony cortices (blown, eroded ?), presence of root resorption, deformation and respect of the integrity of the inferior alveolar nerve canal, presence of a peripheral condensation border or on the contrary blurred contours, presence of intralesional septa or lobules (19). The evaluation criteria for MRI were : the signal aspect in T1, T1 fat sat, T2, T2 fat sat ponderations, the homogeneity or heterogeneity of the signal, contour aspect, presence of intralesional septa or lobules, aspect after gadolinium injection and then about 400 sec after infusion.

The comparison between the diagnosis power of the OPG/CBCT and the MRI has been evaluated with central Fischer's exact test for each raters. The diagnosis coherence between both raters has been evaluated by Cohen's Kappa test.

All the data collected by the evaluation were then summarized in a summary Excel table to facilitate statistical analysis.

Comparisons of intrinsic performance indicators (sensitivities and specificities) between ADC and preoperative diagnosis by standard imaging were performed using an exact binomial test for paired samples.

Comparisons of intrinsic performance indicators (sensitivities and specificities) between ADC and preoperative diagnosis determined on other MRI sequences (T1,T2,...) were performed using an exact binomial test for matched samples.

This retrospective study was submitted and approved by the local ethical committee.

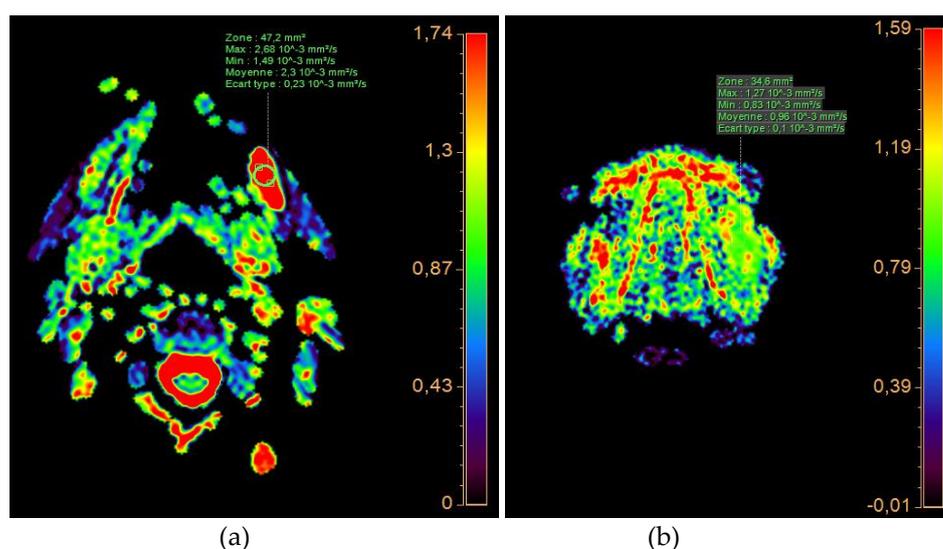


Figure 2. ADC value for SBC (a), for OKC (b), recorded on Phillips Intelli Portal software

3. Results

11 patients (mean age 14.8 years) had mandibular SBC and 7 patients had mandibular OKC (mean age 31.6 years).

The comparison of the diagnosis power between the standard examination (OPG/CBCT) and MRI sequences shows the same ratio for both raters with a better rate for right diagnosis based on MRI informations (88,89%) (Table 1).

Table 1. Comparison of the rate of correct diagnoses between X-ray imaging and MRI for each rater.

	R1		R2	
	IRM	OPG/CBCT	IRM	OPG/CBCT
Wrong Diagnosis	11.11	22.22	11.11	22.22
Right Diagnosis	88.89	77.78	88.89	77.78
Summup	100%	100%	100%	100%

Moreover the raters had the same evaluations concerning the MRI sequences (100.0% [81.5 – 100.0] 95%CI, Kappa =1) whereas the OPG/CBCT showed variations between both raters (88.9% [65.3 – 98.6] 95%CI, kappa = 0,778).

Mean ADC was 0,6066 x10⁻³mm²/s for OKC and 2,0956 x10⁻³mm²/s for SBC. This allow us to determine a threshold for the ADC = 1,2333 x10⁻³mm²/s for which AUC = 100 [100 – 100], p<0,001 with 100% specificity and 100% sensitivity (Table 2). The analysis of the ADC value shows a significant difference between the SBC and the OKC (Figure 2-3).

Table 2. ADC related to each SBC and OKC

Age	ADC1 x10 ⁻³ mm ² /s	ROI1 mm ²	Standard Deviation 1	ADC2 x10 ⁻³ mm ² /s	ROI2 mm ²	Standard Deviation 2	Mean ADC/patients	Mean ADC/lesion	
16	2,261	47,71	0,1527	2,1406	53,32	0,1994	2,201		
13	2,0086	28,23	0,1995	2,1041	39,87	0,4463	2,056		
12	2,0261	23,12	0,2429	1,7163	15,03	0,2246	1,871		
14	1,9014	39,62	0,3797	1,82	31,37	0,3593	1,861		
S	11	2,2117	25,93	0,3616	2,22276	24,56	0,4714	2,217	
B	18	1,7419	19,32	0,2732	1,8446	22,45	0,4471	1,793	2,0956
C	18	2,0352	49,36	0,172	2,0673	60,17	0,2896	2,051	
	19	2,1181	41,77	0,4411	2,0233	51,51	0,2097	2,071	
	16	2,0527	76,27	0,098	2,1402	71,81	0,1333	2,096	
	11	2,593	47,14	0,2043	2,569	34,31	0,1673	2,581	
	15	2,378	53,09	0,1748	2,127	52,01	0,2289	2,253	
	19	0,656	31,86	0,0842	0,55669	41,55	0,12593	0,606	
	31	0,6364	60,09	0,1319	0,6491	50,52	0,0576	0,643	
O	15	0,6066	51,26	0,1328	0,5573	81,72	0,1561	0,582	
K	42	0,6017	28,07	0,1735	0,619	27,74	0,2881	0,610	0,6066
C	55	0,5773	39,87	0,084	0,5628	29,06	0,0796	0,570	
	13	0,6544	40,63	0,11444	0,627596	39,84	0,17717	0,641	
	19	0,5683	41,78	0,0958	0,6198	53,97	0,1184	0,594	

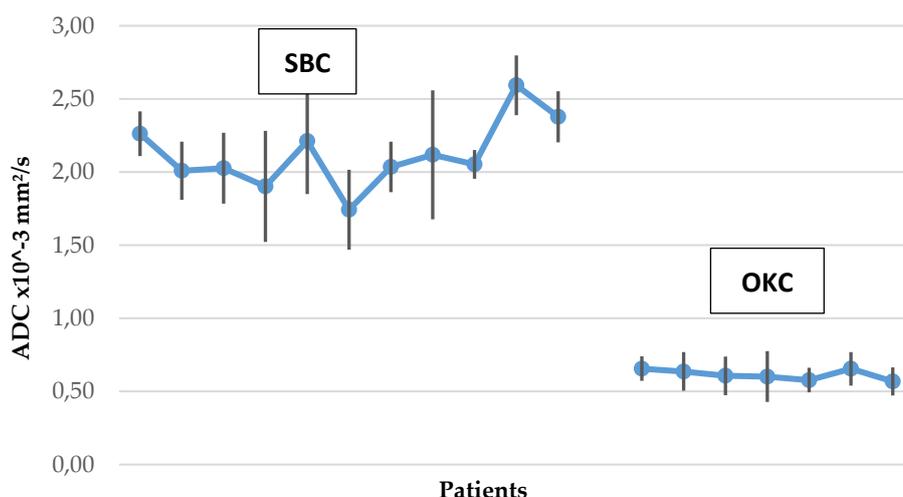


Figure 3. Measurements of ADC for SBC and OKC groups

4. Discussion

The two cohorts of this pilot study are not equal in number of patients, but we noted that the lesions' distribution follows the usual incidence of the distribution of this type of lesion with younger patients 14.8 years old for SBC (standard deviation = 2.7) and a wider distribution around the 3rd decade: 31.6 years old for OKC (standard deviation = 14.6). Nevertheless, there was no significant difference in the ADC values within the same cohort.

As expected, the diagnostic power of OPG and CBCT allows a characterization of the volumetric data of the lesion without being able to bring us exact information on its content and thus on precise nature of the lesion. Radiological interpretations then seem to be based more on a feeling and clinical experience than on strict individualizable data. MRI then provides complementary information with the characterization of the intralesional content. The diagnostic power of MRI is superior to OPG/CBCT examinations (88.89% versus 77.22% in our case), which would already justify its use in the preoperative assesment. In addition, we find a uniformity of the results described with MRI and thus a decreased subjectivity.

Nevertheless, it is well accepted that usual MRI sequences have a great diagnosis value concerning specification of benign and malign lesions of the jaw. Fujita showed the usefulness of MRI studying each sequences including diffusion study (20). Comparing odontogenic cyst, he concludes that one of the differentiating criteria to distinguish OKC from ameloblastomas was cyst content uniformity. This postulate is taken up by Sumi who compares the ADC of ameloblastomas with that of keratocysts with a ADC_{threshold}= 2,0 x10⁻³mm²/s (21). Other sequences are also used to orientate the differentiation of several lesions. Probst studies the parietal enhancement after injection of contrast medium to differentiate the keratocyst from other mandibular cysts showing a higher enhancement with a thick wall for odontogenic cysts (22). However, we were unable to draw a parallel with our study which did not show any difference in wall enhancement between SBC and OKC with the protocol used. We thus observe that for both SBC and OKC, a hyposignal in T1, iso or hypersignal in T2, with a heterogeneous signal in T2 and sometimes T1 for OKC and pure homogeneity for SBC, and a weak parietal enhancement below 400s. The objective was therefore to compare these two lesions on the behavior of their content by DWI-MRI study in order to determine a quantifiable ADC threshold.

196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230

The threshold value of the ADC thus determined ($ADC = 1.2333 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$) completes the remnographic analysis with a quantitative value which orientates the surgeon towards an SBC when the ADC is high and towards a OKC when it is low.

The work on the diffusion sequence would also make it possible to avoid the injection of contrast medium, which ultimately provides little information when the examination is performed with injection times of less than 400s. Indeed, the phenomenon of passive diffusion and accumulation of contrast medium within the lesion as described by Konouchi et al. (23,24) is only observable during late sequences beyond 360s/400s. As the protocol used by our imaging department does not exceed 400s, it was not possible for us to treat this data as such. However, it is always preferable to limit the injection of contrast medium if possible in order to limit its possible accumulation in the central gray nucleus as described by McDonald and Montagne's studies (25,26).

Regarding SBCs, the analysis of the MRI sequences is intriguing because it shows that the content of this lesion is fluid which is consistent with surgical observation. The absence of a diffusion barrier explains the high value of the ADC. Dynamically, contrast enhancement related to passive diffusion seems to be observed only during late (>400s) or ultra-late sequences. This late progressive intralesional enhancement behavior is commonly described by radiologists as either a fibrous lesion or a vascular lake that limits the vascular reabsorption of the contrast medium. This contributes to the misunderstanding that surrounds this lesion and to the parallel often wrongly established with the aneurysmal cyst, which is filled with blood at the time of its invasion.

As far as the OKCs are concerned, the heterogeneous character often observed in T2 and sometimes in T1 is directly related to the presence of intralesional keratin crystals. These crystals are also responsible for the diffusion restriction and therefore explain the low ADC value. In dynamics, the presence of the cystic wall imposes a standard cystic behavior with an exclusive parietal enhancement which in our study cannot be distinguished from the behavior of SBC.

It is important to note that the ADC alone does not provide absolute diagnostic certainty of the lesion. Indeed, even if the values found are significantly different between the two lesions, the calculated threshold value may also correspond to other types of mandibular lesions, whether benign or malignant. It is therefore the entire imaging assessment that will be decisive for the preoperative characterization of the lesion. We extrapolated this protocol to a patient not included in the study because he had a maxillary keratocyst and for whom the ADC value recorded on the preoperative MRI was consistent with the anatomopathological analysis ($ADC = 0.5732 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$).

The results of this study are fully consistent with previous research on DWI-RMI comparing the MRI and particularly the diffusion behavior of several maxillary lesions with each other or with healthy anatomical structures (27,28). If we compare our data, the value found by T. Oda and I. Ogura for the OKC were respectively $0.85 \pm 0.20 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ and $1,03 \pm 0.31 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ and for SBC $2,79 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ according to I. Ogura. This slightly higher values can be explained by the b_1 employed for DWI-RMI. Indeed, for too low values of b , the calculation of the ADC is slightly modified by the phenomenon of early perfusion to the diffusion, which has the effect of accentuating the curve obtained and therefore increase the value of ADC.

The high diagnostic power of MRI and ADC in addition to the standard examination therefore allows us based on Konouchi's protocol (23) to propose a flowchart for the preoperative imaging workup for suspected OKC or SBC (Figure 4). However, it is important not to exclude all aggressive benign or malignant lesions.

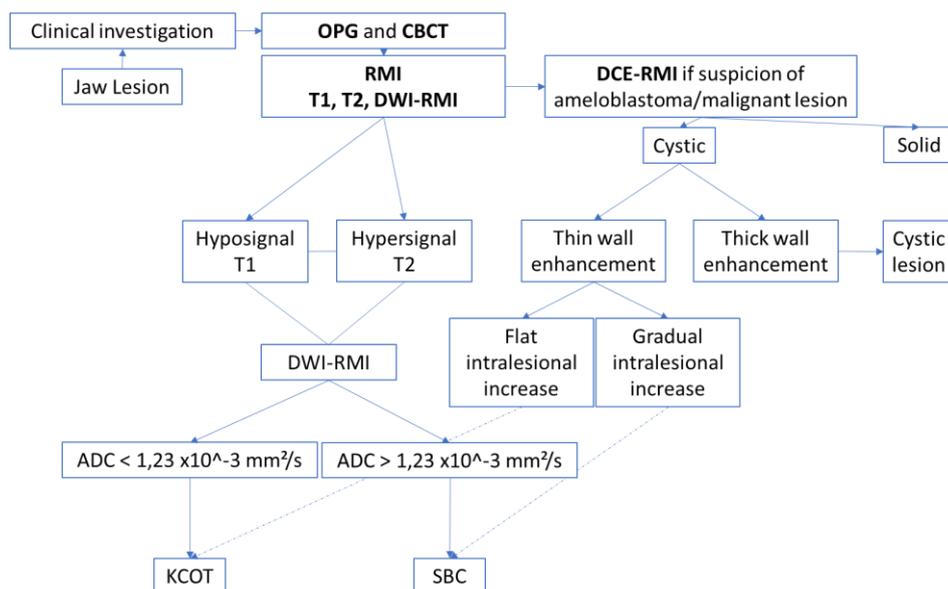


Figure 4. Flowchart protocol when suspecting a OKC or a SBC

The small number of patients included is a result of the limited use of MRI for the characterization of benign maxillary lesions. A more extensive study including more patients will have to be conducted to evaluate whether our results are applicable to maxillary lesions.

5. Conclusions

A single study leaded by Oda treated intralesional texture aspect powered by CT to differentiate cysts and cystic-appearing odontogenic lesions. They propose a possible non-invasif way to specify the intralesional content by using CT texture but this appears to them and us like highly reliable to the protocol used for acquisition (29).

MRI is a very good additional examination that contributes to the preoperative diagnosis of benign mandibular lesions. Its use, which is still not well known for this indication, is justified by the information it provides on the intralesional content. The injection of contrast agent for the differentiation of SBCs and OKCs does not seem in our opinion to be necessary, even though it may provide important information concerning other lesions such as ameloblastoma and its histological subtypes.

The democratization and the increasingly easy access to MRI make this examination reliable and relevant in the characterization of lesions to be able to adapt upstream the communication with the patient and the planned surgical procedure while not having recourse to biopsy sampling which is often a source of anguish for the patient. Some authors recommend the use of MRI as a reference examination for the follow-up of recurrences of keratocysts (30). A larger study would be interesting to confirm the results of this pilot study and why not extend them to maxillary lesions.

6. Patents

Author Contributions: Conceptualization, FB; methodology, FB and SR; software, QL and PEZ; validation, FB and SR; formal analysis: FS and QL; investigation: QL, SR, FB, CIG; resources: CIG, SR, FB, QL; data curation, QL and FB; writing—original draft preparation, QL; writing—review and editing, FB, PC, JPD; visualization, QL; supervision, FB; project administration: FB; All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.”

Funding: not concerned.

Institutional Review Board Statement: this study was approved by local Ethical committee.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

284

285
286
287
288
289
290
291

292

293
294
295
296

297
298
299
300
301
302

303
304
305
306
307
308
309

310

311
312
313
314
315

316

317

318

Data Availability Statement: Please refer to suggested Data Availability Statements in section “MDPI Research Data Policies” at <https://www.mdpi.com/ethics>.

319
320

Acknowledgments: Authors kindly thank Pr Veillon Francis, Head of Head and Neck Imaging, for his helpful contribution.

321
322

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

323
324

References

1. Jones AV, Franklin CD. An analysis of oral and maxillofacial pathology found in adults over a 30-year period. *J Oral Pathol Med.* août 2006;35(7):392-401. 325 326 327
2. Wright JM, Vered M. Update from the 4th Edition of the World Health Organization Classification of Head and Neck Tumours: Odontogenic and Maxillofacial Bone Tumors. *Head Neck Pathol.* 2017;11(1):68-77. 328 329
3. De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* juin 2009;38(6):609-25. 330 331
4. Boeddinghaus R, Whyte A. Current concepts in maxillofacial imaging. *Eur J Radiol.* 2008;66(3):396-418. 332
5. Scholl RJ, Kellett HM, Neumann DP, Lurie AG. Cysts and Cystic Lesions of the Mandible: Clinical and Radiologic-Histopathologic Review. *RadioGraphics.* sept 1999;19(5):1107-24. 333 334
6. Tamiolakis P, Thermos G, Tosios KI, Sklavounou-Andrikopoulou A. Demographic and Clinical Characteristics of 5294 Jaw Cysts: A Retrospective Study of 38 Years. *Head Neck Pathol.* 2019;13(4):587-96. 335 336
7. Kauke M, Safi A-F, Grandoch A, Nickenig H-J, Zöller J, Kreppel M. Volumetric analysis of keratocystic odontogenic tumors and non-neoplastic jaw cysts – Comparison and its clinical relevance. *J Cranio-Maxillofac Surg.* févr 2018;46(2):257-63. 337 338
8. Santos AA, Yamamoto-Silva FP, Torres EM, Valladares-Neto J, Figueiredo PTS, Leite AF, et al. Contribution of cone-beam computed tomography in the decision of surgical management for bone lesions of the maxillofacial region. *J Cranio-Maxillofac Surg.* janv 2019;47(1):87-92. 339 340 341
9. Mosier KM. Lesions of the Jaw. *Semin Ultrasound CT MRI.* 2015;36(5):444-50. 342
10. Emerich K, Tomczak M, Kozakiewicz M. Radiological Evaluation Key to Diagnosis of Idiopathic Solitary Cyst. *J Clin Pediatr Dent.* 2019;43(4):281-7. 343 344
11. Milin C. Kystes osseux solitaires de la mandibule. Diagnostic, évolution et traitement. *Actual Odonto-Stomatol.* déc 2012;(260):373-85. 345
12. Borghesi A, Nardi C, Giannitto C, Tironi A, Maroldi R, Di Bartolomeo F, et al. Odontogenic keratocyst: imaging features of a benign lesion with an aggressive behaviour. *Insights Imaging.* 2018;9(5):883-97. 346 347
13. Chirapathomsakul D, Sastravaha P, Jansisyanont P. A review of odontogenic keratocysts and the behavior of recurrences. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2006;101(1):5-9. 348 349
14. Dashow JE, McHugh JB, Braun TM, Edwards SP, Helman JI, Ward BB. Significantly Decreased Recurrence Rates in Keratocystic Odontogenic Tumor With Simple Enucleation and Curettage Using Carnoy's Versus Modified Carnoy's Solution. *J Oral Maxillofac Surg.* nov 2015;73(11):2132-5. 350 351 352
15. Chrcanovic BR. Recurrence probability for keratocystic odontogenic tumors: An analysis of 6427 cases. *Facial Surg.* 2017;8. 353
16. Wang P, Yang J, Yu Q, Ai S, Zhu W. Evaluation of solid lesions affecting masticator space with diffusion-weighted MR imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2010;109(6):900-7. 354 355

-
17. Han Y, Fan X, Su L, Wang Z. Diffusion-Weighted MR Imaging of Unicystic Odontogenic Tumors for Differentiation of Unicystic Ameloblastomas from Keratocystic Odontogenic Tumors. *Korean J Radiol.* 2018;19(1):79. 356
357
 18. Apajalahti S, Kelppe J, Kontio R, Hagström J. Imaging characteristics of ameloblastomas and diagnostic value of computed tomography and magnetic resonance imaging in a series of 26 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015;120(2):e118-30. 358
359
 19. MacDonald D. Lesions of the jaws presenting as radiolucencies on cone-beam CT. *Clin Radiol.* oct 2016;71(10):972-85. 360
 20. Fujita M, Matsuzaki H, Yanagi Y, Hara M, Katase N, Hisatomi M, et al. Diagnostic value of MRI for odontogenic tumours. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2013;42(5):20120265. 361
362
 21. Sumi M, Ichikawa Y, Katayama I, Tashiro S, Nakamura T. Diffusion-Weighted MR Imaging of Ameloblastomas and Keratocystic Odontogenic Tumors: Differentiation by Apparent Diffusion Coefficients of Cystic Lesions. *Am J Neuroradiol.* nov 2008;29(10):1897-901. 363
364
 22. Probst FA, Probst M, Pautke Ch, Kaltzi E, Otto S, Schiel S, et al. Magnetic resonance imaging: a useful tool to distinguish between keratocystic odontogenic tumours and odontogenic cysts. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2015;53(3):217-22. 365
366
 23. Konouchi H, Yanagi Y, Hisatomi M, Matsuzaki H, Takenobu T, Unetsubo T, et al. MR imaging diagnostic protocol for unilocular lesions of the jaw. *Jpn Dent Sci Rev.* août 2012;48(2):81-91. 367
368
 24. Yanagi Y, Asaumi J, Unetsubo T, Ashida M, Takenobu T, Hisatomi M, et al. Usefulness of MRI and dynamic contrast-enhanced MRI for differential diagnosis of simple bone cysts from true cysts in the jaw. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2010;110(3):364-9. 369
370
371
 25. McDonald RJ, McDonald JS, Kallmes DF, Jentoft ME, Murray DL, Thielen KR, et al. Intracranial Gadolinium Deposition after Contrast-enhanced MR Imaging. *Radiology.* juin 2015;275(3):772-82. 372
373
 26. Montagne A, Toga AW, Zlokovic BV. Blood-Brain Barrier Permeability and Gadolinium: Benefits and Potential Pitfalls in Research. *JAMA Neurol.* 1 janv 2016;73(1):13. 374
375
 27. Oda T, Sue M, Sasaki Y, Ogura I. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in oral and maxillofacial lesions: preliminary study on diagnostic ability of apparent diffusion coefficient maps. *Oral Radiol.* 2018;34(3):224-8. 376
377
 28. Ichiro OGURA KN, Yoshihiko SASAKI, Mikiko SUE TO. Diffusion-weighted Magnetic Resonance Imaging in Odontogenic Keratocysts: Preliminary Study on Usefulness of Apparent Diffusion Coefficient Maps for Characterization of Normal Structures and Lesions. *Chin J Dent Res.* 2019;22(1):51-6. 378
379
380
 29. Oda M, Staziaki PV, Qureshi MM, Andreu-Arasa VC, Li B, Takumi K, et al. Using CT texture analysis to differentiate cystic and cystic-appearing odontogenic lesions. *Eur J Radiol.* nov 2019;120:108654. 381
382
 30. Swingler A, Williams R, Monaghan A. Recurrent Odontogenic Keratocysts - should we be following up with MRI scans. *Br J Oral Maxillofac Surg.* déc 2019;57(10):e60. 383
384

CONCLUSION

L'utilisation de l'IRM et en particulier de l'IRM de diffusion prouve son efficacité à travers cette étude. Malgré le faible nombre de patient inclus, on retrouve une puissance diagnostique significative de l'IRM pour différencier, en pré-opératoire, le kyste osseux solitaire et le kératokyste.

En effet, l'efficacité accrue du coefficient de diffusion avec l'établissement d'une valeur seuil qui, surajoutée aux autres pondérations standards de l'IRM, permet une valeur prédictive positive de 100% dans cette étude. Un prélèvement biopsique qui peut être traumatisant pour le patient et qui comporte lui aussi certains risques pourrait ainsi devenir accessoire. De plus, l'étude montre, qu'en fonction des protocoles employés, la séquence dynamique ne soit pas toujours contributive pour le diagnostic et la supprimer permettrait de s'affranchir des produits de contraste. L'IRM apparaît ainsi comme un atout majeur pour la discrimination de deux lésions étudiées par la caractérisation de leurs paramètres remnographiques intra-lésionnelles. Il conviendrait cependant d'étayer ces données par des études prospectives pluri-centriques de plus grandes envergures pour confirmer nos résultats.

En ce qui concerne les bilans pré-opératoires, nous préconisons aujourd'hui pour tous les patients chez qui un kératokyste, un kyste osseux solitaire ou un améloblastome sont suspectés, la réalisation d'un OPT de débrouillage, d'un CBCT afin de préciser le volume et les rapports anatomiques de la lésion ainsi qu'une IRM avec les séquences T1, T2 (Fat Sat ou non), diffusion, et le calcul d'un ADC centro-lésionnel.

Par ailleurs, la réalisation d'une IRM au début de la prise en charge ouvre la perspective de réaliser un suivi post-opératoire par une nouvelle IRM à distance avec comme conséquence une épargne en radiations ionisantes.

Les récents travaux montrant la possibilité de réaliser des chirurgies implantaires guidées à partir d'une imagerie IRM montrent un réel

engouement pour cette technologie et encouragent à poursuivre les recherches sur le développement des applications de l'IRM dans le domaine dento-maxillaire.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : COUPE HISTOLOGIQUE DE KERATOKYSTE D'ALLURE PARAKERATOSIQUE, ORDONNE AVEC UNE DIZAINNE DE COUCHE D'UN EPITHELIUM PAVIMENTEUX KERATINISE.....	8
FIGURE 2 : ORTHOPANTOMOGRAMME ILLUSTRANT UN CAS DE KERATOKYSTE ODONTOGENE MANDIBULAIRE (FLECHES BLANCHES CHEZ UNE JEUNE FEMME DE 17 ANS.	9
FIGURE 3 : COUPE SAGITTALE (A) ET CORONALE (B) CBCT ILLUSTRANT UN CAS DE KERATOKYSTE ODONTOGENE	9
FIGURE 4 : COUPE HISTOLOGIQUE D'UNE PAROI OSSEUSE ADJACENTE A UN KYSTE OSSEUX SOLITAIRE. ON OBSERVE UNE FINE TRAME CONJONCTIVE AU CONTACT DE L'OS.	13
FIGURE 5 : OPT ILLUSTRANT UN CAS DE KYSTE OSSEUX SOLITAIRE CHEZ UNE JEUNE FEMME DE 18 ANS.	14
FIGURE 6 : COUPE SAGITTALE (A) ET COUPE CORONALE (B) D'UN CBCT ILLUSTRANT UN CAS DE KYSTE OSSEUX SOLITAIRE.	14
FIGURE 7: MISE EN OPPOSITION DE DEUX LESIONS MANDIBULAIRES RADIOCLAIRES PLURILOBEEES, BIEN DEFINIES. LA LESION DE GAUCHE (A) EST UN KOS (JEUNE FEMME DE 16 ANS) TANDIS QUE LA LESION DE DROITE (B) EST UN KKO (JEUNE FEMME DE 18 ANS).	17
FIGURE 8 : (A) : KOS, IMAGE PONDEREE EN T1 TRANS : HYPOSIGNAL HOMOGENE (B) : KKO, IMAGE PONDEREE EN T1 : ISOSIGNAL HOMOGENE.....	23
FIGURE 9 : (A) : KOS, IMAGE PONDEREE EN T2 TRANS : HYPERSIGNAL HOMOGENE (B) : KKO, IMAGE PONDEREE EN T2 FAT SAT : HYPERSIGNAL HETEROGENE	24
FIGURE 10 : KOS, IMAGE DE REHAUSSEMENT CIRCONFERENCEMENTIEL EN DEBUT DE PERFUSION PUIS REHAUSSEMENT INTRA LESIONNEL PROGRESSIVE ET CENTRIPETE EN FONCTION DU TEMPS.	25
FIGURE 11 : KKO, IMAGE DE REHAUSSEMENT PARIETAL EN DEBUT (A) ET FIN (B) DE PERFUSION SANS REHAUSSEMENT DU SIGNAL INTRA LESIONNEL.	26
FIGURE 12 : COURBE D'INTENSITE DU SIGNAL EN FONCTION DU TEMPS POUR CHACUNE DES LESIONS COURANTES DES MAXILLAIRES. SBC = KYSTE OSSEUX SOLITAIRE, KCOT = KERATOKYSTE, DC = KYSTE DENTIGERE, AMELOBLASTOMA = AMELOBLASTOME.	27
FIGURE 13 : KOS DE LA BRANCHE HORIZONTALE MANDIBULAIRE GAUCHE A B=0 (A) ET A BMAX B=1000 (B), IMAGE EN SEQUENCE DE DIFFUSION. ON OBSERVE UNE FORTE DIMINUTION DE L'INTENSITE DU SIGNAL QUI SE TRADUIRA PAR UN ADC FORT.	29
FIGURE 14 : KKO DE LA BRANCHE HORIZONTALE MANDIBULAIRE DROITE A B=0 (A) ET A B=1000 (B), IMAGE EN SEQUENCE DE DIFFUSION. ON OBSERVE UNE FAIBLE DIMINUTION DE L'INTENSITE DU SIGNAL QUI SE TRADUIRA PAR UN ADC FAIBLE.	30
FIGURE 15 : RELEVÉ D'ADC POUR UN KYSTE OSSEUX SOLITAIRE MANDIBULAIRE SECTEUR 30.	30
FIGURE 16 : RELEVÉ D'ADC POUR UN KERATOKYSTE MANDIBULAIRE SECTEUR 30.....	31



SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : LUCIDARME Quentin

Titre de la thèse : Etude rétrospective sur l'intérêt de l'IRM de diffusion dans le diagnostic différentiel entre kératokyste odontogène et kyste osseux solitaire des maxillaires

Directeurs de thèse : Docteurs Fabien BORNERT et Catherine-Isabelle GROS et Sophie RIEHM

VU

Strasbourg, le : 13.09.21

Le Président du Jury,

Pr François CLAUSS
HOPITAUX UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG
Or Rares
Maladies Rares Orales et Dentaires
CBMR Coordonnateur

Professeur F. CLAUSS

VU

Strasbourg, le : 16 SEP. 2021

Le Doyen de la Faculté
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur C. TADDEI-GROSS

BIBLIOGRAPHIE

1. Jones AV, Franklin CD. An analysis of oral and maxillofacial pathology found in adults over a 30-year period. *J Oral Pathol Med.* août 2006;35(7):392-401.
2. Scholl RJ, Kellett HM, Neumann DP, Lurie AG. Cysts and Cystic Lesions of the Mandible: Clinical and Radiologic-Histopathologic Review. *RadioGraphics.* sept 1999;19(5):1107-24.
3. Tamiolakis P, Thermos G, Tosios KI, Sklavounou-Andrikopoulou A. Demographic and Clinical Characteristics of 5294 Jaw Cysts: A Retrospective Study of 38 Years. *Head Neck Pathol.* 2019;13(4):587-96.
4. Mosier KM. Lesions of the Jaw. *Semin Ultrasound CT MRI.* 2015;36(5):444-50.
5. Wang P, Yang J, Yu Q, Ai S, Zhu W. Evaluation of solid lesions affecting masticator space with diffusion-weighted MR imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2010;109(6):900-7.
6. Han Y, Fan X, Su L, Wang Z. Diffusion-Weighted MR Imaging of Unicystic Odontogenic Tumors for Differentiation of Unicystic Ameloblastomas from Keratocystic Odontogenic Tumors. *Korean J Radiol.* 2018;19(1):79.
7. Apajalahti S, Kelppe J, Kontio R, Hagström J. Imaging characteristics of ameloblastomas and diagnostic value of computed tomography and magnetic resonance imaging in a series of 26 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2015;120(2):e118-30.
8. Wright JM, Vered M. Update from the 4th Edition of the World Health Organization Classification of Head and Neck Tumours: Odontogenic and Maxillofacial Bone Tumors. *Head Neck Pathol.* 2017;11(1):68-77.
9. Bianco BCF, Sperandio FF, Hanemann JAC, Pereira AAC. New WHO odontogenic tumor classification: impact on prevalence in a population. *J Appl Oral Sci.* 2020;28:e20190067.
10. Soluk-tekkesin M, Wright JM. The world health organization classification of odontogenic lesions: a summary of the changes of the 2017 (4th) edition. *Turk J Pathol [Internet].* 2013 [cité 8 nov 2020]; Disponible sur: <http://www.turkjpath.org/doi.php?doi=10.5146/tjpath.2017.01410>
11. Crowley TE, Kaugars GE, Gunsolley JC. Odontogenic keratocysts: A clinical and histologic comparison of the parakeratin and orthokeratin variants. *J Oral Maxillofac Surg.* janv 1992;50(1):22-6.
12. MacDonald-Jankowski DS. Keratocystic odontogenic tumour: systematic review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2011;40(1):1-23.
13. Slusarenko da Silva Y, Stoelinga PJW, Naclério-Homem M da G. The presentation of odontogenic keratocysts in the jaws with an emphasis on the tooth-bearing area: a systematic review and meta-analysis. *Oral Maxillofac Surg [Internet].* 2019 [cité 4 avr 2020]; Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/s10006-019-00754-5>

14. Mello FW, Melo G, Kammer PV, Speight PM, Rivero ERC. Prevalence of odontogenic cysts and tumors associated with impacted third molars: A systematic review and meta-analysis. *J Cranio-Maxillofac Surg.* 2019;47(6):996-1002.
15. Swingler A, Williams R, Monaghan A. Recurrent Odontogenic Keratocysts - should we be following up with MRI scans. *Br J Oral Maxillofac Surg.* déc 2019;57(10):e60.
16. Akbari M, Chen H, Guo G, Legan Z, Ghali G. Basal cell nevus syndrome (Gorlin syndrome): genetic insights, diagnostic challenges, and unmet milestones. *Pathophysiology.* juin 2018;25(2):77-82.
17. Muzio LL. Nevoid basal cell carcinoma syndrome (Gorlin syndrome). *Orphanet J Rare Dis.* 2008;16.
18. G. Sauveur, L. Ferkdadji, E. Gilbert, M. Mesbah. Kystes des maxillaires. 2008; Disponible sur: <https://www-em-premium-com.scd-rproxy.u-strasbg.fr/showarticlefile/1097958/28-53312.pdf>
19. Chirapathomsakul D, Sastravaha P, Jansisyanont P. A review of odontogenic keratocysts and the behavior of recurrences. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2006;101(1):5-9.
20. Kauke M, Safi A-F, Grandoch A, Nickenig H-J, Zöllner J, Kreppel M. Volumetric analysis of keratocystic odontogenic tumors and non-neoplastic jaw cysts – Comparison and its clinical relevance. *J Cranio-Maxillofac Surg.* févr 2018;46(2):257-63.
21. Boeddinghaus R, Whyte A. Current concepts in maxillofacial imaging. *Eur J Radiol.* 2008;66(3):396-418.
22. Degraeve A. Les kératekystes odontogéniques: présentation de 6 cas et mise au point. [Marseille]: Faculté d'odontologie de Marseille; 2017.
23. Dashow JE, McHugh JB, Braun TM, Edwards SP, Helman JI, Ward BB. Significantly Decreased Recurrence Rates in Keratocystic Odontogenic Tumor With Simple Enucleation and Curettage Using Carnoy's Versus Modified Carnoy's Solution. *J Oral Maxillofac Surg.* nov 2015;73(11):2132-5.
24. Chrcanovic BR. Recurrence probability for keratocystic odontogenic tumors: An analysis of 6427 cases. *Facial Surg.* 2017;8.
25. Tonietto L, Borges HOI, Martins CAM, Silva DN, Sant'Ana Filho M. Enucleation and Liquid Nitrogen Cryotherapy in the Treatment of Keratocystic Odontogenic Tumors: A Case Series. *J Oral Maxillofac Surg.* juin 2011;69(6):e112-7.
26. Borghesi A, Nardi C, Giannitto C, Tironi A, Maroldi R, Di Bartolomeo F, et al. Odontogenic keratocyst: imaging features of a benign lesion with an aggressive behaviour. *Insights Imaging.* 2018;9(5):883-97.
27. Harnet J-C, Lombardi T, Klewansky P, Rieger J, Tempe M-H, Clavert J-M. Solitary Bone Cyst of the Jaws: A Review of the Etiopathogenic Hypotheses. *J Oral Maxillofac Surg.* nov 2008;66(11):2345-8.

28. Bindra S, Jadaun G, Jois HS, Sen P. Traumatic Bone Cyst of Mandible: A Case Report of Rare Entity and Review of Literature. *Contemp Clin Dent*. 2019;10(1):3-8.
29. Emerich K, Tomczak M, Kozakiewicz M. Radiological Evaluation Key to Diagnosis of Idiopathic Solitary Cyst. *J Clin Pediatr Dent*. 2019;43(4):281-7.
30. Milin C. Kystes osseux solitaires de la mandibule. Diagnostic, évolution et traitement. *Actual Odonto-Stomatol*. déc 2012;(260):373-85.
31. P.L. Docquier TS. Kyste osseux solitaire. *EMC-Radiol-Musculosquelettique-Neuro-Maxillofac*. 2015;10(3).
32. De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*. juin 2009;38(6):609-25.
33. Shweel M, Amer MI, El-shamanhory AF. A comparative study of cone-beam CT and multidetector CT in the preoperative assessment of odontogenic cysts and tumors. *Egypt J Radiol Nucl Med*. mars 2013;44(1):23-32.
34. Oda M, Staziaki PV, Qureshi MM, Andreu-Arasa VC, Li B, Takumi K, et al. Using CT texture analysis to differentiate cystic and cystic-appearing odontogenic lesions. *Eur J Radiol*. nov 2019;120:108654.
35. MacDonald D. Lesions of the jaws presenting as radiolucencies on cone-beam CT. *Clin Radiol*. oct 2016;71(10):972-85.
36. Santos AA, Yamamoto-Silva FP, Torres EM, Valladares-Neto J, Figueiredo PTS, Leite AF, et al. Contribution of cone-beam computed tomography in the decision of surgical management for bone lesions of the maxillofacial region. *J Cranio-Maxillofac Surg*. janv 2019;47(1):87-92.
37. Schmittbuhl M, Turgeon D, Matern J-F. Principales indications du Cone Beam CT en radiologie dento-maxillo-faciale. *J Imag Diagn Interv*. oct 2019;2(5):241-7.
38. Fujita M, Matsuzaki H, Yanagi Y, Hara M, Katase N, Hisatomi M, et al. Diagnostic value of MRI for odontogenic tumours. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(5):20120265.
39. Mumtaz S, Girgis S, Stephens N, Cheng L. CBCT and cystic lesions - Accuracy & reliability: a 5 year retrospective study. *Br J Oral Maxillofac Surg*. déc 2018;56(10):e40.
40. Chindasombatjaroen J, Uchiyama Y, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S, Kishino M. Postoperative maxillary cysts: Magnetic resonance imaging compared with computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2009;107(5):e38-44.
41. Probst FA, Probst M, Pautke Ch, Kaltsi E, Otto S, Schiel S, et al. Magnetic resonance imaging: a useful tool to distinguish between keratocystic odontogenic tumours and odontogenic cysts. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2015;53(3):217-22.

42. Cassetta M, Carlo SD, Pranno N, Stagnitti A, Pompa V, Pompa G. The use of high resolution magnetic resonance on 3.0-T system in the diagnosis and surgical planning of intraosseous lesions of the jaws: preliminary results of a retrospective study. 2012;8.
43. Srinivasan K, Seith A, Gadodia A, Sharma R, Kumar A, Roychoudhury A, et al. Evaluation of the Inferior Alveolar Canal for Cysts and Tumors of the Mandible— Comparison of Multidetector Computed Tomography and 3-Dimensional Volume Interpolated Breath-Hold Examination Magnetic Resonance Sequence With Curved Multiplanar Reformatted Reconstructions. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(10):2327-32.
44. Eley KA, Watt-Smith SR, Golding SJ. “Black bone” MRI: a potential alternative to CT when imaging the head and neck: report of eight clinical cases and review of the Oxford experience. *Br J Radiol.* 2012;85(1019):1457-64.
45. Grandoch A, Nestmann F, Kreppel M, Buller J, Borggrefe J, Zirk M, et al. Comparison of MRI with dedicated head and neck signal amplification coil and cone beam computed tomography: MRI is a useful tool in diagnostics of cranio-facial growth disorders. *J Cranio-Maxillofac Surg.* nov 2019;47(11):1827-33.
46. Oda T, Sue M, Sasaki Y, Ogura I. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in oral and maxillofacial lesions: preliminary study on diagnostic ability of apparent diffusion coefficient maps. *Oral Radiol.* 2018;34(3):224-8.
47. Hisatomi M, Asaumi J, Konouchi H, Shigehara H, Yanagi Y, Kishi K. MR imaging of epithelial cysts of the oral and maxillofacial region. *Eur J Radiol.* 2003;48(2):178-82.
48. Yilmaz U, Yaman F, Atilgan S. MR T_1 and T_2 relaxations in cysts and abscesses measured by 1.5 T MRI. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2012;41(5):385-91.
49. Verstraete KL, Lang P. Bone and soft tissue tumors: the role of contrast agents for MR imaging. *Eur J Radiol.* juin 2000;34(3):229-46.
50. Wang J, Takashima S, Takayama F, Kawakami S, Saito A, Matsushita T, et al. Head and Neck Lesions: Characterization with Diffusion-weighted Echo-planar MR Imaging. *Radiology.* sept 2001;220(3):621-30.
51. Iima M, Honda M, Sigmund EE, Ohno Kishimoto A, Kataoka M, Togashi K. Diffusion MRI of the breast: Current status and future directions. *J Magn Reson Imaging.* juill 2020;52(1):70-90.
52. Yabuuchi H, Kamitani T, Sagiya K, Yamasaki Y, Hida T, Matsuura Y, et al. Characterization of parotid gland tumors: added value of permeability MR imaging to DWI and DCE-MRI. *Eur Radiol.* déc 2020;30(12):6402-12.
53. Yuan Y, Tang W, Tao X. Parotid gland lesions: separate and combined diagnostic value of conventional MRI, diffusion-weighted imaging and dynamic contrast-enhanced MRI. *Br J Radiol.* avr 2016;89(1060):20150912.
54. Vanagundi R, Kumar J, Manchanda A, Mohanty S, Meher R. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the characterization of odontogenic cysts and tumors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* oct 2020;130(4):447-54.

55. Yanagi Y, Asaumi J, Unetsubo T, Ashida M, Takenobu T, Hisatomi M, et al. Usefulness of MRI and dynamic contrast-enhanced MRI for differential diagnosis of simple bone cysts from true cysts in the jaw. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2010;110(3):364-9.
56. Konouchi H, Yanagi Y, Hisatomi M, Matsuzaki H, Takenobu T, Unetsubo T, et al. MR imaging diagnostic protocol for unilocular lesions of the jaw. *Jpn Dent Sci Rev*. août 2012;48(2):81-91.
57. Matsuzaki H, Asaumi J, Yanagi Y, Konouchi H, Honda Y, Hisatomi M, et al. MR imaging in the assessment of a solitary bone cyst. *Eur J Radiol Extra*. janv 2003;45(1):37-42.
58. Sujlana P, Skrok J, Fayad LM. Review of dynamic contrast-enhanced MRI: Technical aspects and applications in the musculoskeletal system. *J Magn Reson Imaging*. avr 2018;47(4):875-90.
59. Petralia G, Summers PE, Agostini A, Ambrosini R, Cianci R, Cristel G, et al. Dynamic contrast-enhanced MRI in oncology: how we do it. *Radiol Med (Torino)*. déc 2020;125(12):1288-300.
60. McDonald RJ, McDonald JS, Kallmes DF, Jentoft ME, Murray DL, Thielen KR, et al. Intracranial Gadolinium Deposition after Contrast-enhanced MR Imaging. *Radiology*. juin 2015;275(3):772-82.
61. Montagne A, Toga AW, Zlokovic BV. Blood-Brain Barrier Permeability and Gadolinium: Benefits and Potential Pitfalls in Research. *JAMA Neurol*. 1 janv 2016;73(1):13.
62. Nam SJ, Park KY, Yu J-S, Chung J-J, Kim JH, Kim KW. Hepatic Cavernous Hemangiomas: Relationship between Speed of Intratumoral Enhancement during Dynamic MRI and Apparent Diffusion Coefficient on Diffusion-Weighted Imaging. *Korean J Radiol*. 2012;13(6):728.
63. Keller S, Sedlacik J, Schuler T, Buchert R, Avanesov M, Zenouzi R, et al. Prospective comparison of diffusion-weighted MRI and dynamic Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI for detection and staging of hepatic fibrosis in primary sclerosing cholangitis. *Eur Radiol*. févr 2019;29(2):818-28.
64. Srinivasan K, Seith Bhalla A, Sharma R, Kumar A, Roychoudhury A, Bhutia O. Diffusion-weighted imaging in the evaluation of odontogenic cysts and tumours. *Br J Radiol*. 2012;85(1018):e864-70.
65. Sakamoto J, Kuribayashi A, Kotaki S, Fujikura M, Nakamura S, Kurabayashi T. Application of diffusion kurtosis imaging to odontogenic lesions: Analysis of the cystic component: Application of DKI to Odontogenic Lesions. *J Magn Reson Imaging*. 2016;44(6):1565-71.
66. Ichiro OGURA KN, Yoshihiko SASAKI, Mikiko SUE TO. Diffusion-weighted Magnetic Resonance Imaging in Odontogenic Keratocysts: Preliminary Study on Usefulness of Apparent Diffusion Coefficient Maps for Characterization of Normal Structures and Lesions. *Chin J Dent Res*. 2019;22(1):51-6.

67. Sumi M, Ichikawa Y, Katayama I, Tashiro S, Nakamura T. Diffusion-Weighted MR Imaging of Ameloblastomas and Keratocystic Odontogenic Tumors: Differentiation by Apparent Diffusion Coefficients of Cystic Lesions. *Am J Neuroradiol.* nov 2008;29(10):1897-901.

LUCIDARME Quentin - Etude rétrospective sur l'intérêt de l'IRM de diffusion dans le diagnostic différentiel entre kératokyste odontogène et kyste osseux solitaire des maxillaires.

(Thèse : 3^{ème} cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2021 ; N°57)

N°43.22.21.57

Résumé :

Les kystes osseux solitaires et les kératokystes sont le plus souvent découverts fortuitement par un bilan d'imagerie standard comprenant un panoramique dentaire et un bilan 3D par CBCT. Ils permettent de préciser la taille et les rapports anatomiques révélant une image radioclaire, bien délimitée par un liseré d'ostéocondensation uni ou multi-lobée, le plus souvent au niveau de la région molaire ou rétromolaire de la mandibule. Mais il n'est pas possible de préciser la nature de la lésion avec ces examens. L'importance du diagnostic différentiel réside dans la différence de prise en charge chirurgicale spécifique à ces 2 lésions. La prise en charge par curetage mini-invasif est indiquée pour les kystes osseux solitaires (KOS) alors qu'une approche plus invasive est nécessaire pour prévenir la récurrence des kératokystes (KKO). L'utilisation de l'IRM de diffusion et du coefficient de diffusion apparent (ADC) permet de préciser la nature de la lésion de manière non invasive en analysant le comportement du contenu intralésionnel sans avoir à procéder à un prélèvement biopsique. Cette étude rétrospective mono-centrique aux Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, a déterminé une valeur seuil d'ADC = $1,2333 \times 10^{-3}$ mm²/s permettant d'orienter le diagnostic positif présomptif vers un kératokyste ou un kyste osseux solitaire et ainsi pouvoir adapter la prise en charge du patient.

Rubrique de classement :

Mots clés :

Kératokyste, Kyste osseux solitaire, IRM, ADC, Diffusion, CBCT, Mandibule

Me SH :

Keratocyst, Solitary bone cyst, RMI, ADC, Diffusion weighted, CBCT, Jaw, Mandibular

Jury :

Président :

Professeur CLAUSS François, PU-PH

Assesseurs :

Docteur BORNERT Fabien, MCU-P

Docteur GROS Catherine-Isabelle, MCU-PH

Docteur RIEHM Sophie, PH

Coordonnées de l'auteur :

Adresse postale :

Lucidarme Quentin

24 rue du lac Léman, Villebon sur Yvette, 91140

Adresse de messagerie :

co.lucidarme@gmail.com