

---

## ANKYLOSE DU MARTEAU (début)

---

Etude clinique, audiométrique, histologique et chirurgicale

A propos de 123 cas

MALLEUS ANKYLOSIS - Clinical, audiometrical, histological and surgical study Of 123 cases

CLINIQUE JEAN CAUSSE,

TRAVERSE DE BEZIERS

34440 COLOMBIERS

**R. VINCENT - A. LOPEZ**

---

**MOTS CLES :** Ankylose du marteau, otospongiose, ossiculoplastie.

### RESUME

L'ankylose du marteau est une cause possible de surdité transmissionnelle dont le diagnostic peut s'avérer parfois difficile, notamment en cas d'association avec une ankylose stapédienne otospongieuse.

Plusieurs étiologies peuvent être responsables d'une ankylose du marteau. Elle peut correspondre à une anomalie congénitale ou se développer après des antécédents otitiques ("Panosclérose, fibrose d'oreille moyenne ..."). Elle peut être également découverte sur une oreille moyenne sans antécédent patent.

Le diagnostic exact n'est généralement porté qu'en per-opératoire, lorsque la cause précise de l'ankylose ossiculaire peut être déterminée et traitée.

Les auteurs présentent 123 cas d'ankyloses incudo-malléaires. Ils en étudient les données cliniques, histopathologiques et chirurgicales en tentant de faire ressortir d'éventuels critères permettant de suspecter ce diagnostic avant l'intervention. Les résultats fonctionnels après ossiculoplasties sont également présentés.

---

**KEY WORDS :** Malleus ankylosis, otosclerosis, ossiculoplasty.

### SUMMARY

Malleus ankylosis is a possible cause of conductive hearing loss the prognosis of which can sometimes be difficult to establish, particularly in

case of association with otosclerotic stapes fixation.

Malleus fixation may either occur as a congenital anomaly or develop following otitis media (tympanosclerosis, middle ear fibrosis ...). It may also occur without any patent previous history.

The accurate diagnosis is generally not made until surgery when the type and location of the ossicular fixation can be ascertained and treated.

The authors review a series of 123 cases of malleus fixation, discussing clinical, histopathological and surgical data and try to determine the clinical and audiometrical features of this pathology before surgery. The functional results after ossiculoplasty are also analyzed.

---

## INTRODUCTION

Ankylosis of the malleus and/or more rarely of the incus can occur on ears not presenting any infectious, traumatic or surgical. The origin congenital seems to be the most commonly admitted, but it can also be found on an ear free of malformative pathology. Its search must be systematic during any middle ear surgery. It is mainly discovered during an intervention on a suspected otospongiosis and represents a non-negligible cause of surgical relapses in this pathology.

The authors present a series of 112 patients, or 123 ears operated for incus-malleus ankylosis and try to find clinical and especially audiometric elements allowing to suspect this pathology before the intervention. A surgical indication can be proposed, as shown by the analysis of functional results, after a careful examination in which audiometry takes a particular place.

## MATERIAL AND METHODS

Twelve patients were operated for incus-malleus ankylosis in the Jean Causse Clinic in Béziers from January 1990 to September 1997. The study includes:

- A clinical evaluation including the study of symptoms described by the patient, personal and family antecedents, and clinical examination data.
- A pre-operative audiometric evaluation carried out in a comparative way with a group of 112 patients operated for otospongiosis, searching for significant differences between the two groups. The pre-operative audiometric evaluation includes:

The Rinne audiometric mean calculated on frequencies 500, 1 000 and 2 000 Hz.

The average bone conduction calculated on frequencies 500, 1 000 and 2 000 Hz.

La conduction osseuse sur le 4 000 Hz.

Uétude du réflexe stapédien en controlatéral sur les deux oreilles.

Le tympanogramme.

Uankylose incudo-malléaire représentant l'un des principaux diagnostics différentiels de l'otospongiose, la même étude audiométrique pré-opératoire a été menée sur 112 patients opérés d'otospongiose, afin de rechercher d'éventuelles différences audiométriques significatives entre les deux groupes.

Ces deux premières évaluations tentent de faire apparaître des éléments cliniques ou audiométriques permettant de suspecter une ankylose du marteau avant l'intervention.

- Une évaluation chirurgicale effectuée sur 112 patients, soit 123 oreilles opérées.
- Une étude histologique de la tête du marteau et de l'enclume, effectuée sur 29 patients, qui tente de déterminer la nature de la fixation incudo-malléaire.
- Une analyse des résultats fonctionnels post-opératoires, portant sur 102 oreilles reconstruites, avec un recul minimum de 6 mois. Ils sont appréciés selon la méthode classique du Rinne post-opératoire calculé sur les fréquences 500, 1 000 et 2 000 Hz, mais également selon une nouvelle méthode comparative Inter-Aurale. Celle-ci comporte une étude, entre l'oreille opérée et l'oreille controlatérale, de la différence des seuils auditifs (Différence Inter-Aurale : DIA) et également de la différence en audiométrie vocale du seuil de 50 % d'intelligibilité (Différence Vocale : DV).

### **SEX-RATIO**

Sur les 112 patients opérés d'ankylose du marteau, il existe une prédominance féminine (63 % des cas contre 37 % des cas pour les hommes).

### **AGE**

L'âge moyen est de 50 ans avec des extrêmes de 10 et 77 ans. Dans 8 cas, il s'agit d'enfants ; un passé otitique est retrouvé pour chacun d'entre eux.

### **SYMPTOMES**

L'hypoacousie est présente dans 100 % des cas. Elle s'associe à des acouphènes dans 18 % des cas et à des manifestations vertigineuses dans 6 % des cas. 3 % des patients ont consulté principalement pour acouphènes et 4 % principalement pour vertiges.

### **ANTECEDENTS FAMILIAUX DE SURDITE**

Dans la majorité des cas, ils sont absents (68 % des cas). On retrouve des antécédents familiaux de surdité dans 32 % des cas avec des antécédents familiaux d'otospongiose dans 8 % des cas.

## ANTECEDENTS PERSONNELS

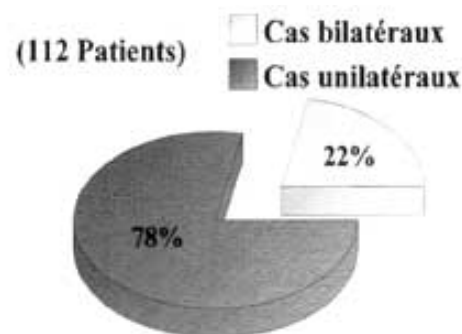
Etudiés sur 112 patients, ils sont absents dans 54 % des cas. Des antécédents otitiques sont présents dans 31 % des cas. Dans 7 % des cas, on retrouve une otospongiose controlatérale opérée et dans 6 % des cas une otospongiose ipsilatérale précédemment opérée. Des antécédents traumatiques existent dans 4 % des cas.

## OTOSCOPIE

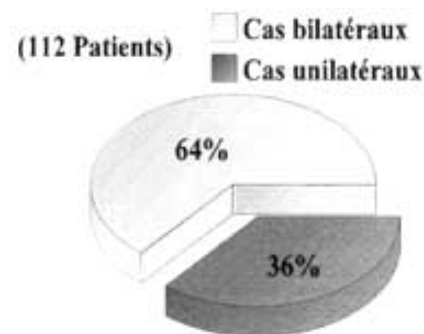
Sur les 123 oreilles examinées, la membrane tympanique apparaît strictement normale dans la grande majorité des cas (80 %). Elle est pellucide dans 8 % des cas. Plus rarement, on retrouve une poche de rétraction tympanique de stade 1 ou II selon la classification de Charachon (4 %), une perforation tympanique (2 %) et une ou plusieurs plaques de myringosclérose (6 %).

## ETUDE AUDIOMETRIQUE

Dans le groupe de patients opérés d'ankylose du marteau, l'atteinte auditive est unilatérale dans 78 % des cas et bilatérale dans 22 % des cas (fig. 1 a). Dans le groupe de patients opérés d'otospongiose, les cas unilatéraux sont minoritaires (36%) ; dans la majorité des cas, il s'agit d'une atteinte bilatérale (64%) (fig. 1 b). L'ankylose incudo-malléaire semble correspondre à une pathologie principalement unilatérale, contrairement à l'otospongiose.



*Fig. 1 a. Groupe de patients opérés d'ankylose du marteau. L'atteinte auditive est majoritairement unilatérale (80 %).*

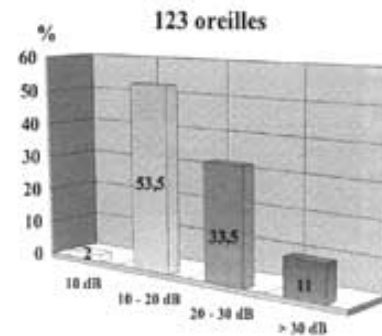


**Fig. 1b. Groupe de patients opérés d'otospongiose. L'atteinte auditive est majoritairement bilatérale (63%).**

**RINNE AUDIOMETRIQUE MOYEN PRE-OPERATOIRE (500, 1000 ET 2000 HZ)** (fig. 2 a et 2 b)

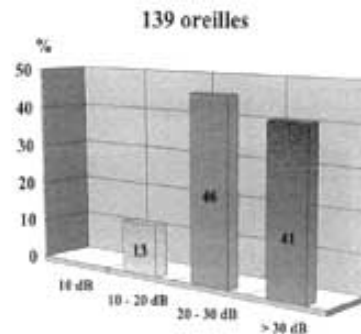
L'étude du Rinne audiométrique pré-opératoire laisse apparaître une différence nette entre les deux groupes de patients:

Dans le groupe 'ankylose du marteau', le Rinne apparaît généralement faible ; il est inférieur ou égal à 20 dB dans 55,5 % des cas, avec une majorité de patients présentant un Rinne entre 18 et 20 cIB. Un Rinne plus important, supérieur à 30 cIB, est retrouvé seulement dans 11 % des cas (fig. 2a).



**Fig. 2a. Groupe de patients opérés d'ankylose du marteau. L'atteinte auditive est majoritairement unilatérale (80 %).**

Dans le groupe 'otospongiose', la répartition est inversée dans 87 % des cas, le Rinne est supérieur à 20 cIB. Un Rinne >? supérieur à 30 dB est présent dans 41 % des cas (fig. 2b).

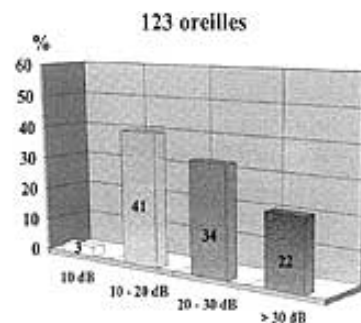


**Fig. 2b. Groupe de patients opérés d'otospongiose. Etude du rinne audiométrique pré-opératoire (500, 1000 et 2 000 Hz).**

**ETUDE DE LA CONDUCTION OSSEUSE MOYENNE (500, 1000 ET 2000 HZ)** (fig. 3a et 3b)

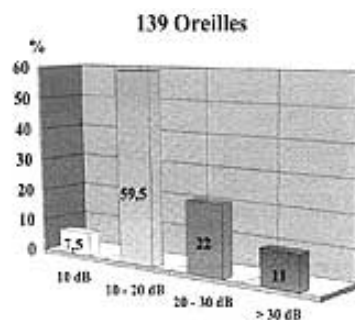
L'étude de la conduction osseuse calculée sur ces trois fréquences permet d'apprécier le degré de labyrinthisation préopératoire. Une nouvelle différence assez nette apparaît : Dans le groupe 'ankylose du marteau', on retrouve une majorité de cas où la conduction osseuse sur ces trois fréquences présente une

perte supérieure ou égale à 20 dB (56 %) avec 22 % de labyrinthisations importantes (pertes supérieures à 30 dB) (fig. 3a).



**Fig. 3a. Groupe de patients opérés d'ankylose du marteau. Etude de la conduction osseuse pré-opératoire (500, Y 000 et 2 000 Hz).**

Dans le groupe "otospongieuse", la répartition est inversée, avec un taux de labyrinthisation préopératoire plus faible : une baisse de la conduction osseuse supérieure ou égale à 20 dB est retrouvée dans 33 % des cas, avec une perte supérieure à 30 dB dans 11 % des cas. Dans la majorité des cas, la conduction osseuse pré-opératoire est conservée (elle est inférieure ou égale à 20 dB de perte dans 67 % des cas) (fig. 3b).

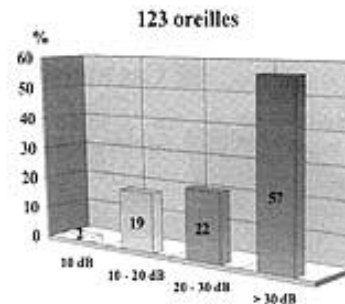


**Fig. 3b. Groupe de patients opérés d'otospongieuse. Etude de la conduction osseuse pré-opératoire (500, Y 000 et 2 000 Hz).**

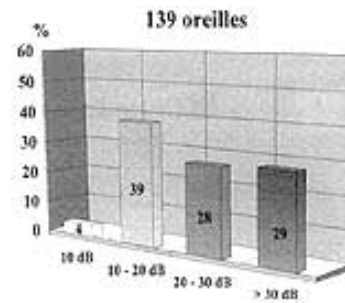
**NIVEAU DE LA CONDUCTION OSSEUSE PRE-OPERATOIRE SUR LE 4000 HZ** (fig. 4a et 4b)

L'étude de la baisse de la conduction osseuse sur le 4 000 Hz parait particulièrement intéressante pour étudier plus précisément le degré de labyrinthisation pré-opératoire dans les deux groupes.

Une différence plus nette encore apparaît après l'étude de ce critère puisque, dans le groupe "ankylose du marteau", on retrouve une labyrinthisation marquée sur cette fréquence avec une perte supérieure ou égale à 30 dB dans 57 % des cas (fig. 4a). Dans le groupe "otospongieuse", la conduction osseuse sur le 4 000 Hz reste inférieure à 20 dB de perte dans 43 % des cas ; une perte supérieure ou égale à 30 dB est retrouvée dans 29 % des cas (fig. 4b).



*Fig. 4a. Groupe de patients opérés d'ankylose du marteau. Etude de la conduction osseuse pré-opératoire sur le 4 000 Hz.*



*Fig. 4b. Groupe de patients opérés d'otospongiose. Etude de la conduction osseuse pré-opératoire sur le 4 000 Hz.*

#### **ETUDE DU REFLEXE STAPEDIEN (fig. 5a et 5b)**

L'étude du réflexe stapédien est effectuée en controlatéral sur les deux oreilles.

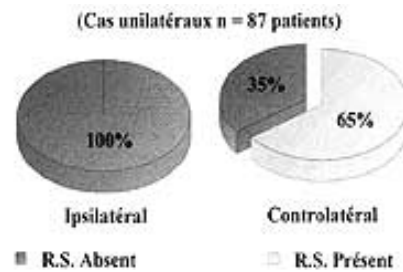
Du côté atteint, le réflexe stapédien est aboli dans 100 % des cas pour les deux groupes.

Une différence nette entre les deux groupes apparaît dans les cas où l'atteinte auditive est unilatérale, c'est-à-dire pour les patients qui présentent une atteinte audiométrique d'un côté avec une oreille controlatérale ne présentant aucun rinne. Cette situation est retrouvée chez 87 patients dans le groupe "ankylose du marteau" et 40 patients dans le groupe "otospongiose".

Dans ces deux sous-groupes, le réflexe stapédien est absent dans tous les cas du côté atteint.

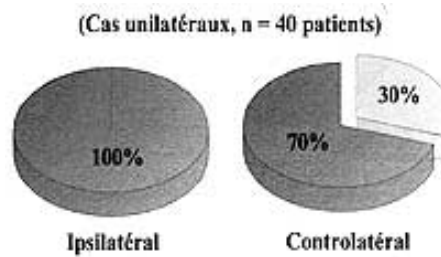
Par contre, du côté de l'oreille normale, une différence importante apparaît :

Dans le groupe "ankylose du marteau", le réflexe stapédien est la plupart du temps présent : 65 % des cas (fig. 5a).



**Fig. 5a. Groupe de patients opérés d'ankylose du marteau. Etude du réflexe stapédien pré-opératoire.**

Dans le groupe "otospongiose", le réflexe stapédien est la plupart du temps aboli malgré l'absence d'atteinte auditive : 70% des cas (fig. 5b).



**Fig. 5b. Groupe de patients opérés d'otospongiose. Etude du réflexe stapédien pré-opératoire.** L'étude du tympanogramme ne montre aucune différence entre les deux groupes. Dans la plupart des cas, il est de type 1 ou lb.

## CONCLUSIONS

Cette étude audiométrique pré-opératoire menée de manière comparative entre ces deux groupes de patients laisse apparaître un certain nombre de différences entre les deux pathologies :

Dans les ankyloses incudo-malléaires, l'atteinte auditive est plutôt unilatérale et se caractérise par des Rinne faibles, associés à une labyrinthisation assez marquée sur les fréquences 500, 1 000 et 2 000 Hz et particulièrement nette sur la fréquence 4 000 Hz. Dans l'otospongiose, l'atteinte est le plus souvent bilatérale avec un Rinne pré-opératoire plus important et une labyrinthisation moins fréquente et moins importante.

L'étude du réflexe stapédien en controlatéral dans les atteintes unilatérales montre une différence intéressante, puisqu'en cas d'ankylose incudo-malléaire unilatérale (qui représente le cas le plus fréquent) le réflexe stapédien est présent du côté opposé (oreille normale) dans la majorité des cas, alors que dans l'otospongiose, même en l'absence d'atteinte controlatérale, le réflexe stapédien apparaît pourtant aboli.

## ETUDE CHIRURGICALE

112 patients présentant une ankylose incudo-malléaire, soit 123 oreilles, ont été opérés de janvier **1990** à septembre **1997**. Dans 86 % des cas, il s'agit d'une chirurgie primaire et dans 14% des cas d'une reprise chirurgicale. Dans 6 % des cas, l'ankylose incudo-malléaire a été découverte lors d'une reprise pour



otospongiose.

## **TECHNIQUES CHIRURGICALES**

Différentes techniques chirurgicales ont été utilisées.

L'ossiculoplastie a été effectuée par prothèse partielle dans 50 % des cas et par autogreffe d'enclume dans 28 % des cas. Une prothèse totale a été utilisée dans 12 % des cas lorsqu'il existait une fixation associée de l'étrier (6 %) ou en cas de reprise pour otospongiose (6 %). Enfin, dans 10 % des cas seulement, a été effectuée une mobilisation de l'articulation incudo-malléaire. Cette technique est maintenant pratiquement abandonnée compte-tenu du risque de récurrence secondaire de l'ankylose.

La vérification de la mobilité de l'articulation incudo-malléaire doit être systématique lors de l'intervention primaire. Elle est effectuée après désarticulation incudo-stapédienne. En cas d'ankylose incudo-malléaire objectivée, l'enclume est déposée, puis le col du marteau est sectionné à la pince de Dieter. La tête du marteau est systématiquement déposée afin d'éviter toute récurrence d'ankylose. On retrouve ensuite un manche du marteau mobile. En cas d'étrier présent et mobile, une autogreffe d'enclume ou une prothèse partielle est utilisée. En présence d'une lyse des superstructures stapédiennes avec platine mobile, l'ossiculoplastie est effectuée par une prothèse totale. En cas d'ankylose associée de l'étrier, une stapédotomie postérieure de 0,8 mm avec interposition veineuse est réalisée, suivie de l'utilisation d'une prothèse totale constituée d'une tête en Hydroxylapatite pure et dense et d'un fût en Téflon d'un diamètre de 0,4 mm.

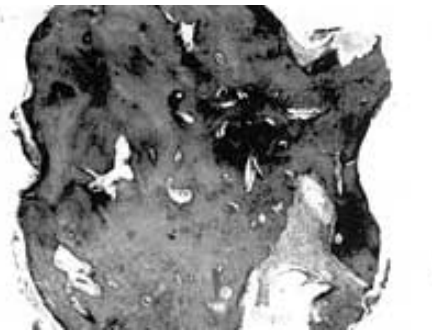
## **TYPE DE L'ANKYLOSE**

Il est étudié pour les chirurgies primaires, soit sur 106 oreilles opérées.

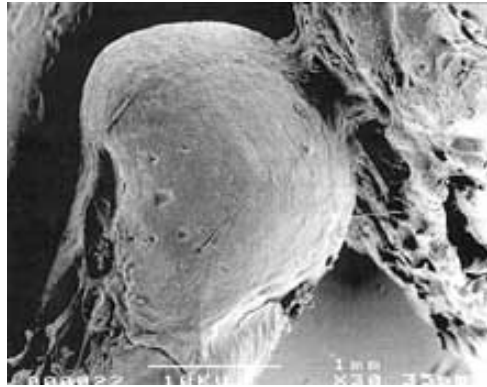
Dans la majorité des cas, on retrouve une ankylose isolée du marteau (78 %). Une ankylose associée du marteau et de l'enclume est retrouvée dans 15 % des cas. Une ankylose isolée de l'enclume apparaît plus rare (7 %). L'association à une ankylose stapédienne otospongieuse est retrouvée dans 6 % des cas.

## **ETUDE HISTOLOGIQUE**

Cette étude histologique a été réalisée sur 29 oreilles présentant une ankylose incudo-malléaire. L'examen a porté à la fois sur l'enclume et sur la tête du marteau, afin de tenter de déterminer la nature histologique de l'ankylose. Une explication histologique a été retrouvée dans 15 cas seulement (14 marteaux et 1 enclume). Nous avons retrouvé, dans la majorité des cas, une fixation liée à une excroissance de nature exostotique (12 cas) (fig. 6 et 7). Une tympanosclérose a été retrouvée dans 1 cas (fig. 8). Deux cas d'otospongiose histologiquement confirmée ont été mis en évidence : dans 1 cas l'ankylose était due à un pont otospongieux entre la tête du marteau et l'attique et était directement responsable de l'ankylose ; dans le second cas, le foyer otospongieux était présent seulement à l'intérieur du manche du marteau. L'examen de ces lésions en lumière polarisée souligne l'aspect caractéristique du collagène dans leurs coupes.



**Fig. 6. Coupe histologique montrant une exostose développée au niveau de la tête du marteau.**



**Fig. 7. Examen en microscopie électronique à balayage montrant une volumineuse excroissance de nature exostosique, fixant la tête du marteau au tegment.**



**Fig. 8. Coupe histologique montrant une tympanot-sclérose en partie ossifiée de la tête du marteau.**

**A : osselet (os normal) -  
B : tissu tymponosciéreux.**

## C : os néoformé dans la tymponosciérose.

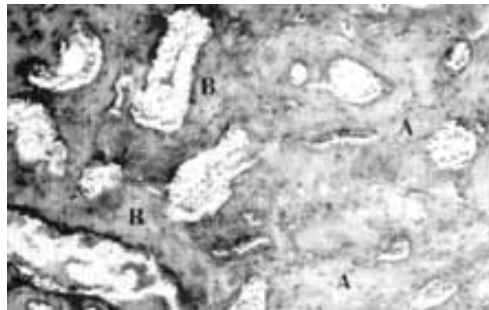
### Début de l'article ...

## OTOSPONGIOSE DU MARTEAU: 2 CAS

### Cas n° 1

Jeune femme de 18 ans présentant une hypoacousie mixte unilatérale de 40 A Mère opérée d'otospongiose. Découverte opératoire d'un blocage de l'ensemble de la chaîne ossiculaire, aussi bien au niveau de l'étrier par un foyer otospongieux antérieur qu'au niveau du marteau.

La reconstruction est effectuée dans le même temps par une prothèse totale après dépose de l'enclume et de la tête du marteau. L'étude histologique montre un foyer otospongieux limité au seul manche du marteau, sans responsabilité évidente dans la fixation de la tête (fig. 9). L'enclume ne renferme pas de foyer otospongieux et sa surface articulaire est remaniée par des lésions d'ordre dégénératif.



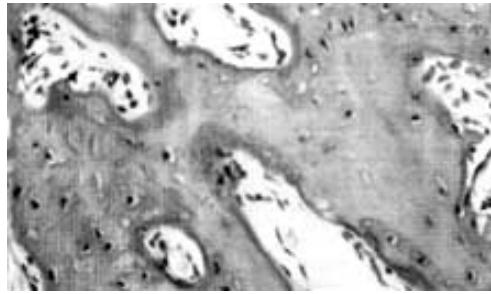
*Fig. 9. Coupe histologique montrant un foyer otospongieux du manche du marteau.*

*A : os normal - 8 : foyer otospongieux (hypercellularité, basophilie et hypervascularisation).*

### Cas n° 2

Femme de 45 ans opérée d'une otospongiose 2 ans auparavant avec un échec immédiat.

Persistance d'une hypoacousie mixte bilatérale de,45 dB sur l'oreille opérée et de 35 dB sur l'oreille controlatérale. Découverte opératoire d'une ankylose de la tête du marteau. La reconstruction est effectuée par prothèse totale après reprise de la stapédotomie. .? La tête du marteau présente sur son versant antérieur, juste au dessus du col et en regard de la facette articulaire, une excroissance s'évasant largement du côté de l'attique dont elle a été isolée par section en per-opératoire et se rétrécissant au niveau de l'osselet jusqu'à ne plus avoir qu'un tiers de son diamètre. Le tissu osseux qui la constitue est recouvert par de la muqueuse de caisse normale mais a un aspect différent de celui des exostoses "non spécifiques" déjà décrites par d'autres auteurs (1 , 2) et visibles aussi dans notre matériel. Uétude histologique de ce même tissu par coupes sériées permet d'évoquer un processus otospongieux évoluant vers la quiescence et l'otosclérose (fig. 10). Uenclume présente un aspect normal.



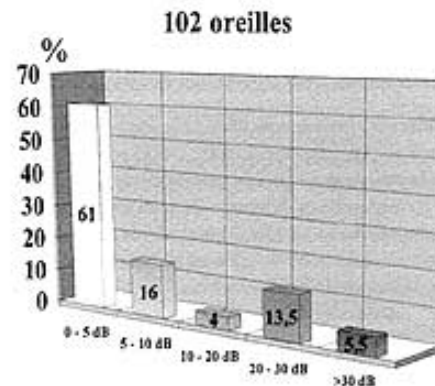
**Fig. 10. Coupe histologique montrant une excroissance otospongieuse de la tête du marteau. Evolution vers l'otosciérose : diminution de la vascularisation de la cellulorité et de la basophilie.**

## RESULTATS FONCTIONNELS POST-OPERATOIRES

Les résultats fonctionnels post-opératoires après chirurgie pour ankylose du marteau sont présentés selon la méthode du Rinne audiométrique post-opératoire moyen calculé sur les fréquences 500, 1 000 et 2 000 Hz, associée à l'étude de la conduction osseuse post-opératoire moyenne sur les fréquences 500, 1 000 et 2 000 Hz et également de la conduction osseuse sur le 4 000 Hz. Uaudiométrie vocale a été également prise en considération avec l'étude de la discrimination vocale en tenant compte de la valeur correspondant à 50 % d'intelligibilité. Nous proposons également une nouvelle méthode de présentation des résultats fonctionnels, comparative entre l'oreille opérée et l'oreille controlotérale non opérée. Cette méthode représente le début d'une recherche plus poussée de l'appréciation du résultat auditif global. Afin de faciliter une première analyse, cette étude a été effectuée dans les cas unilatéraux uniquement, permettant d'apprécier la Différence Inter-Aurale (DIA) et également la Différence Vocale (DV) pré et post-opératoires.

### RINNE AUDIOMETRIQUE POST-OPERATOIRE (500, 1 000 ET 2 000 HZ) (fig. 11)

Les résultats fonctionnels ont été appréciés sur 102 oreilles reconstrôlées avec un recul minimum de 6 mois. Le Rinne moyen est de 10 dB en post-opératoire contre 20 dB en préopératoire. Un Rinne résiduel post-opératoire inférieur ou égal à 10 dB est obtenu dans 77 % des cas.



**Fig. 11. Résultats fonctionnels post-opératoires (134 oreilles reconstrôlées).**

## **CONDUCTION OSSEUSE (500, 1 000 ET 2 000 HZ)**

*102 oreilles ont également bénéficié de l'étude de la conduction osseuse post-opératoire. Cette étude montre qu'il y a très peu d'amélioration de la conduction osseuse comme on le retrouve classiquement dans l'otospongiose, puisque la moyenne du déficit en conduction osseuse post-opératoire est de 20 dB sur ces trois fréquences, alors qu'elle était de 25 dB en pré-opératoire. Aucun cas de régression neurosensorielle n'est à déplorer dans cette série.*

## **ETUDE DE LA CONDUCTION OSSEUSE SUR LA FREQUENCE 4 000 HZ**

Là encore, la conduction osseuse sur le 4 000 Hz ne bénéficie d'aucune remontée post-opératoire puisque le déficit est en moyenne de 40 dB en post-opératoire comme en préopératoire.

## **AUDIOMETRIE VOCALE**

On observe une nette amélioration de la discrimination, parallèlement à l'amélioration du Rinne post-opératoire, puisque la valeur moyenne des 50 % d'intelligibilité, qui était de 40 dB en pré-opératoire, est de 25 dB en post-opératoire.

## **APPRECIATION COMPARATIVE DES RESULTATS FONCTIONNELS PROPOSITION DE METHODE**

Nous proposons une nouvelle méthode d'appréciation des résultats fonctionnels en tenant compte de l'oreille controlatérale non opérée. Deux critères sont étudiés :

? La différence inter-aurale (DIA) - Elle étudie le seuil auditif calculé sur les fréquences 500, 1 000 et 2 000 Hz sur l'oreille opérée et sur l'oreille controlatérale non opérée. La DIA correspond à la différence de seuil en décibels, entre l'oreille opérée et l'oreille controlatérale non opérée. La restauration de la binauralité est d'autant meilleure que cette différence est faible.

? La différence vocale (DV) : Elle étudie le seuil obtenu pour 50 % d'intelligibilité en décibels, sur l'oreille opérée et sur l'oreille controlatérale non opérée. La DV correspond à la différence de seuil de ces 50 % d'intelligibilité en décibels entre l'oreille opérée et l'oreille controlatérale non opérée.

## **Expression des résultats**

### **Différence inter-ourale (DIA)**

Les patients sont divisés en quatre groupes selon la valeur de la DIA: le groupe A correspond aux patients pour lesquels la DIA est inférieure ou égale à 10 dB. Le groupe B correspond aux patients pour lesquels la DIA est supérieure à 10 dB, mais inférieure ou égale à 20 dB. Le groupe C correspond aux patients pour lesquels la DIA est supérieure à 20 dB, mais inférieure ou égale à 30 dB. Le groupe D correspond aux patients pour lesquels la DIA est supérieure à 30 dB.

### **Différence vocale (DV)**

Les patients sont également divisés en quatre groupes : le groupe VI correspond aux patients pour lesquels la DV est inférieure ou égale à 10 dB. Le groupe V2 correspond aux patients pour lesquels la DV est supérieure à 10 dB, mais inférieure ou égale à 20 dB. Le groupe V3 correspond aux patients pour

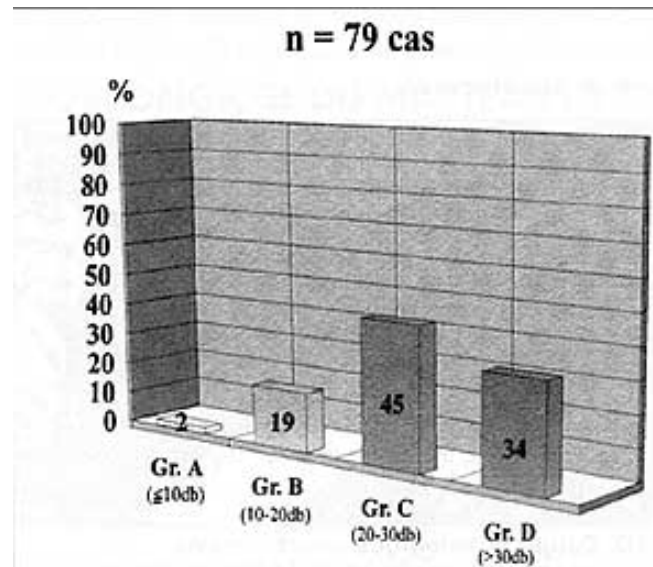
lesquels la DV est supérieure à 20 dB, mais inférieure ou égale à 30 dB. Le groupe V,4 correspond aux patients pour lesquels la DV est supérieure à 30 dB.

## Résultats

Cette étude est effectuée en post-opératoire, uniquement pour les cas unilatéraux, c'est à dire les patients reconstruits, chez lesquels l'oreille controlatérale ne présente aucune atteinte transmissionnelle associée (pas de Rinne). Ceci correspond à 79 cas.

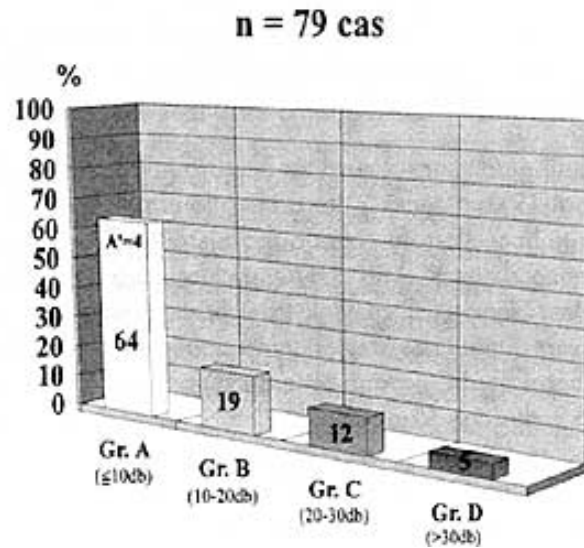
### Différence inter-aurale (DIA) (fig. 12a et 12b)

La fig. 12a permet d'apprécier la répartition au sein des 4 groupes (A, B, C et D) des 79 patients concernés avant intervention. Dans la majorité des cas (79 %), la DIA préopératoire est supérieure à 20 dB.



**Fig. 12a. Etude de la Différence Inter-Aurale pré-opératoire (DIA).**

La fig. 12b montre la nouvelle répartition au sein des quatre groupes en post-opératoire pour ces mêmes 79 patients. On note une diminution très nette du groupe C et du groupe D (17 %). Dans la très grande majorité des cas, la DIA postopératoire est inférieure à 20 dB (83 %) avec une symétrie parfaite (groupe A) dans 64 % des cas. A noter qu'un groupe A' apparaît, groupe dans lequel l'oreille opérée devient meilleure que l'oreille controlatérale non opérée (A' = 4 %). Cette étude de la DIA montre bien l'amélioration fonctionnelle obtenue par l'intervention, avec une différence inter-aurale très faible dans la grande majorité des cas en postopératoire. Cette méthode apparaît particulièrement intéressante dans l'ankylose incudo-malléaire pour juger de l'opportunité et de l'efficacité d'une intervention chirurgicale, compte tenu de l'existence de Rinne pré-opératoires peu importants.

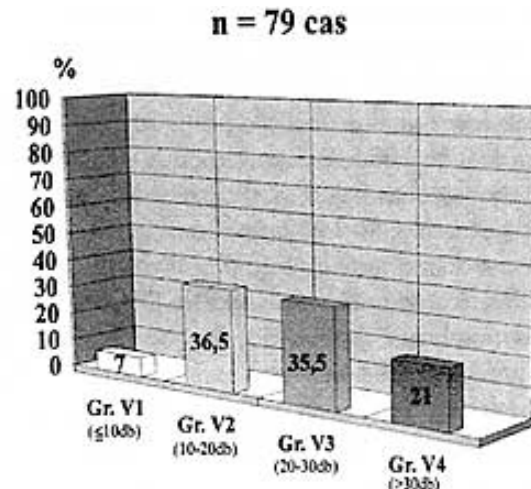


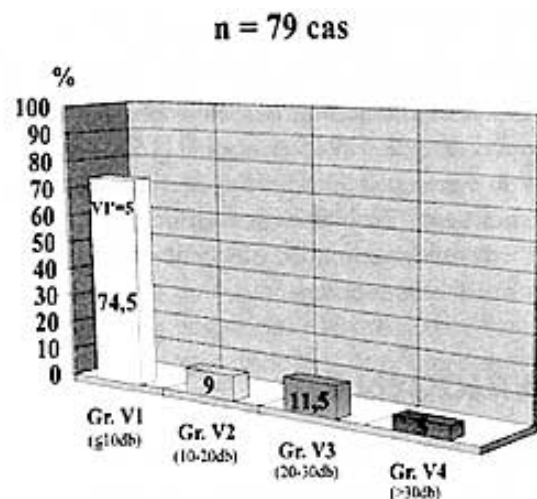
*Fig. 12b. Etude de la Différence Inter-Aurale post-opératoire (DIA).*

#### **Différence vocale (DV) (fig. 13a et 13b)**

La fig. 13a montre la répartition des patients avant l'intervention au sein des quatre groupes (V1, V2, V3 et t V4). Dans la majorité des cas, la DV est supérieure à 20 dB (56,5 %). En post-opératoire (fig. 1 3b), l'étude de la DV montre un changement très net dans la répartition des patients puisqu'une DV post-opératoire supérieure ou égale à 20 dB persiste seulement dans 16,5% des cas.

Dans 83,5% des cas, la DV post-opératoire est inférieure à 20 dB avec une symétrie parfaite définie par une DV inférieure à 10 dB (groupe V1) obtenue dans 74,5 % des cas. Le groupe V1', défini par une valeur des 50 % d'intelligibilité meilleure sur l'oreille opérée que sur l'oreille controlatérale non opérée, est retrouvé dans 5 % des cas.



*Fig. 13a. Etude de la Différence Vocale pré-opératoire.**Fig. 13b. Etude de la Différence Vocale post-opératoire.*

## DISCUSSION

L'ankylose incudo-malléaire reste une pathologie peu fréquente, de découverte la plupart du temps fortuite lors d'une intervention pratiquée pour surdité mixte à tympan normal. Son incidence lors d'une chirurgie primaire pour otospongiose est de 0,4 % pour Sleecks (3), 1 % pour Guilford (4), 1,6 % pour Powers (5) et de 1 % pour Lippy (6). Elle augmente lors des reprises chirurgicales pour otospongiose : 13,5 % pour Sleecks (3) et 4,5 % pour Feldman (7). Dans notre expérience, elle représente 0,6 % de nos chirurgies primaires et 3 % de nos reprises pour otospongiose.

Comme le rappelle Moon (8), les premières découvertes d'ankylose du marteau datent de la fin du 19<sup>e</sup> siècle : Toynbee est le premier en 1860 à décrire, sur 1 013 os temporaux, la possibilité de surdité par ankylose du marteau qu'il différencie des fixations stapédiennes. Il retrouve 2 cas d'ankylose osseuse du marteau à l'épitympanum, 3 cas d'ankylose de l'enclume et 3 oreilles où le marteau est fixé par une ankylose ligamentaire à la partie supérieure du mur épitympanique. En 1885, Schwartze parle également de la possibilité d'ankylose incudo-malléaire isolée, sans fixation stapédienne associée. En 1909, Politzer rapporte la possibilité d'ankylose du marteau au tegmen et l'attribue à un "processus adhésif catarrhal" au niveau de l'oreille moyenne. Depuis, de nombreux auteurs (4, 9, 10, 11, 12, 28) ont insisté sur la nécessité de rechercher systématiquement l'existence d'une fixation du marteau, aussi bien lors de tympanoplasties que d'interventions pour otospongiose.

En 1956, H. House (13) rapporte 2 cas de fixation congénitale de l'enclume et 1 cas de fixation du marteau associés à une ankylose stapédienne. En 1962, Andersen (14) décrit 3 cas de fixation du marteau par un pont osseux au mur postérieur du conduit auditif externe. En 1963, Guilford (4) mentionne 16 ankyloses malléaires associées dans 13 cas à une fixation stapédienne. En 1965, Goodhill (15) présente 4 cas d'ankylose du marteau et introduit la notion de "syndrome de fixation du marteau". En 1986, Ch. Martin et al. (28) en rapportent 62 cas et font une mise au point détaillée sur cette pathologie et sa thérapeutique.



## ETIOPATHOGENIE

De nombreuses hypothèses étiopathogéniques ont été avancées dans la littérature. Ces fixations épitympaniques des osselets peuvent survenir en dehors de tout antécédent otitique et apparaissent plus fréquentes chez des patients présentant une ankylose stapédienne par otospongiose que dans la population générale. Elles peuvent survenir à la suite de traumatisme crânien mais également sans cause apparente.

Les anomalies congénitales prennent une part importante des hypothèses étiopathogéniques par défaut de développement de l'espace épitympanique. Altmann (16) observe, chez certains patients, que la tête du marteau peut être très proche du tegmen tympani, occasionnant des irritations mécaniques chroniques susceptibles d'être à l'origine de la création de ponts osseux responsables d'une fixation secondaire. Pour Sleecks (3), une pneumatisation incomplète de l'oreille moyenne chez le fœtus peut être un facteur de prédisposition à la fixation épitympanique des osselets. Pour lui, la cause principale de ces fixations du marteau semble correspondre à une anomalie de développement de l'espace épitympanique laissant la tête du marteau ou le corps de l'enclume en contact avec le tegmen. Cette anomalie, associée à un défaut de résorption du cartilage de Meckel, peut créer des situations similaires à celle décrite par Altmann (16) sur une série de 45 os temporaux où une lamelle osseuse s'étend de l'épitympanum à la tête du marteau. Pour Ritter également (17), un défaut de résorption du mésenchyme embryonnaire au septième mois de la vie intra-utérine, pourrait provoquer la persistance d'un pont mésenchymateux susceptible d'expliquer la persistance de ces ossifications. Dans une étude portant sur une collection d'os temporaux, Davies (18) découvre fréquemment des projections osseuses, parfois épaisses, en provenance de la partie latérale du mur antéro-supérieur de l'attique, en direction du marteau. Ces projections pourraient, dans certains cas, rentrer en contact avec la tête du marteau.

Pour Moon (8), l'ankylose primaire du marteau apparaît résulter d'une ossification du ligament tympano-malléaire supérieur ou antérieur. Cette condition apparaît chez des patients plus âgés et s'accompagne d'un certain degré de presbycusie. L'association à une fixation de l'enclume, rarement rencontrée, s'expliquerait par le développement concomitant d'arthrite au niveau de l'articulation incudo-malléaire. Pour lui, ces situations sont totalement indépendantes de modifications inflammatoires ou de lésions otospongieuses et correspondent plutôt à des modifications liées à l'âge.

Dans leur étude sur les surdités post-traumatiques, Does et Bottema (19) ont décrit 2 cas de fixation du marteau ayant nécessité la section du col et apparaissant comme étant la conséquence directe d'un trait de fracture passant par le tegmen. Pour Sleecks (3), ces ankyloses post-traumatiques ne se conçoivent que sur des oreilles anatomiquement prédisposées. Dans notre étude, un antécédent traumatique est retrouvé dans 5 % des cas. L'ankylose malléaire peut également survenir après des antécédents d'otite moyenne chronique. Oiala (20) et Hilding (12) ont rapporté des fixations du marteau post-inflammatoires en attribuant la fixation à la formation d'os à partir du marteau vers le tegmen et plus rarement à partir de l'enclume. Pour Davies (18), la tympanosclérose peut infiltrer le tendon du muscle du marteau. Il recommande sa section systématique en cas d'ankylose du marteau persistante malgré l'ablation des plaques de tympanosclérose. Durant les processus infectieux d'oreille moyenne, les structures osseuses sont particulièrement affectées et peuvent être remaniées. Dans notre étude, l'examen histologique montre clairement une ankylose du marteau par tympanosclérose développée à partir de la tête, en respectant les ligaments (fig. 8). Des antécédents otitiques sont retrouvés dans 31 % des cas et la membrane tympanique est pathologique dans 21 % des cas.

## ANKYLOSE INCUDO-MALLEAIRE ET OTOSPONGIOSE

En 1961, Guilford (4) décrit sur 414 stapéctomies 5 ankyloses du marteau, soit 1 %, et en 1963 (4) 16 cas de fixation du marteau associés pour 13 d'entre eux à une otospongiose stapédienne.

En 1967 (1), sur une série de 3 991 stapéctomies, il rapporte 30 patients présentant une ankylose du marteau, soit également une incidence proche de 1 %. Powers (5) décrit 35 cas d'ankylose du marteau ; dans 27 d'entre eux, il retrouve une association à une otospongiose stapédienne. Pour Goodhill (15),

l'ankylose du marteau peut être associée à une otospongiose, mais il n'y aurait pas de pathogénie commune à ces deux lésions.

Altmann (16) signale qu'en cas d'otospongiose stapédienne, il n'est pas rare de retrouver une subluxation de la platine avec rotation des superstructures, entraînant un effet de torsion au niveau de l'articulation incudo-stapédienne et incudo-malléaire, pouvant être à l'origine de dégénérescence arthritique. En 1960, Dietzel (21) rapporte, sur 55 os temporaux présentant une otospongiose stapédienne, 10 cas où la tête du marteau se trouve en position anormalement haute, au contact du tegmen. Cette notion ne semble pas partagée par Davies (18) qui ne retrouve, sur 27 os temporaux présentant une otospongiose stapédienne, qu'un seul cas de désorganisation de l'articulation incudo-malléaire et observe une luxation de la platine vers le haut dans 8 cas. Pour Sleecks (3), une position anormalement haute de la tête du marteau est rarement rencontrée dans les oreilles non otospongieuses ; il partage également l'idée d'Altmann (16) selon laquelle la forte incidence des ankyloses du marteau dans les fixations stopédiennes otospongieuses serait due à un déplacement de la chaîne ossiculaire vers le haut, secondaire au déplacement de la platine. Pour Sleecks (3), l'apparition de fixations incudo-malléaires, avec ossifications des ligaments tympano-malléaires chez certains patients otospongieux, peut être rapprochée de la forte tendance aux exostoses, hyperostoses frontales internes et calcifications des ligaments intracrâniens rapportée après une étude radiologique effectuée sur des patients présentant une otospongiose évoluée. D'après lui, on peut s'attendre à de possibles manifestations extra-labyrinthiques de l'otospongiose et en particulier aux niveaux des osselets, puisqu'il a été démontré que ceux-ci, bien plus que tous les autres os du corps, sont biochimiquement et histologiquement proches de la capsule otique du fait de la persistance de restes cartilagineux et d'os enchondral (22, 23). Nous avons d'ailleurs pu constater dans notre propre série, que les globuli interossei sont d'observation courante, surtout au niveau du marteau.

Compte-tenu de la grande fréquence des otospongies stapédiennes associées dans les ankyloses du marteau, on aurait pu penser que l'otospongiose elle-même puisse être la cause de la fixation du marteau ; ceci n'a jusqu'à présent pu être démontré malgré plusieurs études histologiques. En 1940, Covell (23) examine 46 os temporaux de patient ayant présenté une otospongiose stapédienne et découvre des lésions typiques d'otospongiose localisées à l'intérieur de la tête du marteau dans une paire d'os temporaux, mais sans fixation objective du marteau. En 1967, Powers (5) effectue une étude chez 35 patients opérés d'ankylose du marteau associée dans 27 cas à une otospongiose stapédienne. Les fixations sont liées à des exostoses développées à partir de la tête du marteau, en direction du mur antérieur de l'épitympanum. Histologiquement, il s'agit de structures osseuses normales, sans lésions inflammatoires ou otospongieuses évidentes. Cet aspect histologique correspond à la majorité des cas retrouvés dans notre étude (fig. 7) : 15 cas. En 1974, Belal (24) décrit un foyer otospongieux à l'intérieur de l'enclume (branche descendante) et, plus récemment, Schuknecht (2) un foyer également à l'intérieur de l'enclume et un autre dans la tête du marteau. Ces 3 cas ont été retrouvés sur pièce anatomique et ne s'accompagnent d'aucune fixation de l'enclume ou du marteau.

Dans notre étude, le fait essentiel est la présence d'une otospongiose indiscutable du marteau dans 1 cas et de l'enclume dans 1 cas, objectivement responsable de la fixation de l'osselet pour le cas n° 2. A notre connaissance, une otospongiose ankylosante du marteau ou de l'enclume n'a jamais été signalée (fig. 9). Notre étude histologique démontre que l'otospongiose elle-même peut être la cause directe d'une fixation du marteau ou de l'enclume, même si cette localisation de foyer otospongieux demeure extrêmement rare. Par ailleurs, l'enclume du cas n° 1 présente une surface articulaire remaniée par des lésions d'ordre dégénératif, liées aux contraintes mécaniques imposées par l'otospongiose signalées par Covell (23), Altmann (16) et Davies (18).

## DIAGNOSTIC PRE-OPERATOIRE

En 1896, Dench est le premier à observer les mouvements du manche du marteau sous spéculum de Siegle et à décrire une diminution de sa mobilité. Beaucoup d'auteurs (3, 8, 15) rappellent l'intérêt de cette technique, précisément dans cette pathologie qui doit être également suspectée en présence de plaques de tympanosclérose tympaniques, d'anomalies congénitales associées et surtout s'il s'agit d'un patient ayant plusieurs antécédents chirurgicaux pour otospongiose. Un examen tomodynamométrique pourra confirmer le diagnostic, mais celui-ci est en général porté en per-opératoire par la palpation de l'articulation incudo-malléaire effectuée systématiquement après désarticulation incudo-stapédienne.

De nombreux auteurs (3, 8, 25, 28) ont effectué des études audiométriques, sans pouvoir jusqu'à présent retrouver d'anomalie spécifique. Les tests

évoquent tantôt une otospongiose, tantôt une surdité à forte prédominance perceptionnelle. Dans l'étude de Moon (8), la vocale est variable tout comme l'impédance qui peut montrer aussi bien une compliance diminuée que normale. Dans 15% des cas, elle est augmentée, ce qu'il attribue à l'atrophie de la membrane tympanique devenant plus flaccide à force de fonctionner contre un manche du marteau fixé. Il retrouve également un réflexe stapédien habituellement aboli, mais pas de manière constante. Pour lui, le test de Weber est très important, permettant de retrouver une latéralisation constante des vibrations osseuses du côté atteint. Il retrouve des Rinne faibles, excédant rarement 30 clB, avec une moyenne de 10 à 15 dB, associés pour la plupart à une atteinte neurosensorielle marquée. Goodhill (15) retrouve également un Rinne habituellement faible prédominant sur les graves, associé à une atteinte neurosensorielle mais avec un Weber nettement latéralisé du côté atteint. Pour Davies (18), la perte est habituellement inférieure à Z4 dB en moyenne. Ritter (17) souligne également l'importance de l'acoumétrie pour objectiver l'atteinte transmissionnelle dans ce type de pathologie caractérisée par une baisse de la conduction osseuse au niveau des fréquences aiguës responsable de l'étroitesse du Rinne audiométrique. Pour Powers également (5), la fixation isolée du marteau entraînerait rarement un Rinne supérieur à 30 dB et Sleecks (3) retient, comme élément audiométrique constant dans les fixations épitympaniques primaires, l'élévation du seuil de la conduction osseuse dans les fréquences médiums et aiguës.

De nombreuses études de transmission des sons sous différentes conditions artificielles (25, 26) ont bien démontré que des points de fixation de la chaîne ossiculaire à d'autres endroits que la platine de l'étrier pouvaient produire un tableau clinique proche de celui de l'otospongiose ("pseudotospongiose") de Goodhill (15) et peuvent avoir des traductions audiométriques variées, d'un large Rinne prédominant sur les graves associé ou non à un certain degré de surdité de perception sur les aigus, une courbe neurosensorielle pure, ou un petit Rinne. Elpern (25) a étudié expérimentalement sur os temporaux l'influence des fixations ossiculaires non otospongieuses, notamment sur la conduction osseuse, en créant artificiellement des fixations en 5 sites différents : marteau, articulation incudo-malléaire, enclume, articulation incudo-stapédienne et tendon stapédien. Les ankyloses du marteau et de l'enclume provoquent une perte auditive nettement supérieure aux autres sites de fixation et rejoignent celle retrouvée par Andersen (26), après fixation expérimentale de la branche antérieure de l'étrier. Pour ces auteurs, il ne semble pas exister, expérimentalement, de différence significative entre une ankylose du marteau et une ankylose de l'étrier.

Notre étude comparative entre le groupe de patients présentant une ankylose du marteau et celui présentant une otospongiose laisse cependant apparaître des différences importantes. Il nous semble possible de suspecter une fixation incudo-malléaire sur l'audiogramme lorsque celui-ci montre les éléments suivants :

- Une hypoacousie mixte unilatérale en général peu évolutive.
- Un Rinne étroit, prédominant sur les fréquences graves.
- Associé à une atteinte neurosensorielle souvent marquée sur les aigus.
- Et surtout lorsque le réflexe stopédien est aboli du côté atteint mais demeure présent sur l'oreille controlatérale. Dans notre expérience, ce dernier critère apparaît particulièrement important.

Le test acoumétrie de Weber est systématiquement réalisé pour confirmer la participation transmissionnelle et permettre de poser l'indication opératoire.

## **TECHNIQUES CHIRURGICALES**

La simple mobilisation de l'articulation incudo-malléaire préconisée pendant un temps est maintenant abandonnée par la majorité des auteurs, compte-tenu du risque de refixation souvent rapide comme l'ont bien montré Powers (5) et Ch.Martin et al. (28). L'enclume et la tête du marteau sont déposées après section du col à la pince de Dieters. La reconstruction est effectuée à l'aide d'une autogreffe d'enclume ou de tête du marteau ou d'une prothèse partielle.

En cas d'otospongiose stapédienne associée, nous utilisons dans le même temps une prothèse totale comme Sleecks (3), Sheehy (27) et Feldman (7), avec stapédotomie et interposition veineuse. Certains auteurs (6, 8) préfèrent réaliser l'intervention en 2 temps : stapéctomie seule lors du premier temps puis traitement de la fixation du marteau lors d'un deuxième temps seulement. Dans notre expérience, le traitement en un seul temps des deux fixations permet d'obtenir de bons résultats fonctionnels sans risque particulier de labyrinthisation post-opératoire.

## RESULTATS

Tous les auteurs insistent sur l'amélioration apportée par l'intervention chirurgicale, malgré l'étroitesse du Rinne (3, 5, 8, 15, 28). Goodhill (15) signale bien le gain net obtenu sur la vocale comme nous le retrouvons dans notre étude. Powers (5), sur une série de 35 cas, obtient 87 % de fermeture du Rinne < à 10 clB, sans labyrinthisation pour les cas où une prothèse totale a été utilisée dans le même temps. Sheehy (27) rapporte ses résultats après utilisation d'une prothèse totale sur 82 oreilles otospongieuses dont 26 présentaient une ankylose du marteau ou de l'enclume. Il obtient une fermeture du Rinne < à 10 dB dans 60% des cas et < à 20 dB dans 84 % des cas et signale 3 labyrinthisations post-opératoires de 20 dB ou plus. Des résultats sensiblement identiques sont rapportés par Lippy (6) qui n'utilise pas de prothèse totale.

Dans notre série, un Rinne post-opératoire < à 10 dB est obtenu dans 77 % des cas.

Une prothèse totale a été utilisée dans 15 cas (12 %) avec stapédotomie et interposition veineuse dans les situations suivantes :

- Chirurgie primaire : association ankylose du marteau et otospongiose de l'étrier, 6 cas.
- Reprise pour otospongiose : ankylose du marteau, 8 cas.
- Reprise tympanoplastie : fixation de l'étrier par tympanosclérose, 1 cas.

Les résultats post-opératoires sont satisfaisants avec un Rinne inférieur à 10 dB obtenu dans 12 cas, entre 10 et 20 dB dans 2 cas et entre 20 et 30 dB dans 1 cas. Aucune labyrinthisation post-opératoire n'est à déplorer. Ces résultats nous confortent dans la possibilité de traiter en un seul temps une ankylose associée du marteau et de l'étrier avec reconstruction de l'effet columellaire par prothèse totale.

L'intervention chirurgicale trouve surtout sa justification à la lumière des résultats obtenus par notre méthode d'appréciation comparative des résultats fonctionnels ' aussi bien en Différence Inter-Aurale (DIA), qu'en Différence Vocale (DV). Une audition symétrique, rétablissant la stéréophonie, est obtenue dans 64 % des cas selon la DIA (fig. 12b) et dans 74,5 % des cas d'après la DV (fig. 1 3b). Cette méthode nous paraît intéressante pour l'appréciation des résultats, particulièrement dans cette pathologie où les Rinne sont faibles mais où la gêne auditive décrite par le patient est nette, contrairement à l'otospongiose pour laquelle un Rinne inférieur à 25 dB entraîne rarement une gêne subjective. La simple fermeture du Rinne, même totale, ne signifie pas pour autant une amélioration fonctionnelle pour le patient. Tout dépend de l'oreille controlatérale dont cette méthode comparative tient compte.

## CONCLUSION

L'ankylose incudo-malléaire demeure une pathologie peu fréquente, mais dont l'existence doit être systématiquement recherchée en per-opératoire et préférentiellement après désarticulation incudo-stapédienne. Le diagnostic pré-opératoire reste difficile à établir, mais certains éléments audiométriques

peuvent la faire suspecter. Les résultats fonctionnels postopératoires présentés dans cette série apparaissent satisfaisants et les confortent dans l'intérêt de la chirurgie, même si le Rinne pré-opératoire apparaît souvent relativement faible. La technique chirurgicale dépend du type de pathologie rencontrée mais, en cas de fixation stapédienne associée, elle consiste dans le même temps en une stapédotomie, interposition veineuse et reconstruction par prothèse totale. Plusieurs étiologies peuvent être à l'origine d'une ankylose du marteau et ont été précédemment décrites dans la littérature. L'otospongiose peut être responsable de l'ankylose comme semblent le démontrer les deux cas rapportés dans cette étude.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. GUILFORD FR, ANSON BJ. Osseous fixation of the malleus. *Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol.*, 1967;71:398-407.
2. SCHUKNECHT HF. *Pathology of the ear*, 2nd Ed. 1993 Lea and Febiger, Philadelphia-Tokyo.
3. SLEECKS JP, SHEA JJ, PITZER FJ. Epitympanic ossicular fixation. *Arch. Otolaryngol.*, 1967;85:63-75.
4. GUILFORD FR. Panel on footplate pathology. Technique and prognosis. *Arch. Otolaryng.*, 1963;78:520-538.
- 5 ' POWERS WH, SHEEHY JL, HOUSE H. The fixed malleus head. *Arch. Otolaryng.*, 1967;85:73-77.
6. LIPPY WH, SCHURING AG, ZIV M. Stapedectomy for otosclerosis with malleus fixation. *Arch. Otolaryng.*, 1978; 104:388-389.
7. FELDMAN BA, SCHUKNECHT HF. Experiences with revision stapedectomy procedures. *Laryngoscope*, 1970;80(8):1281-1291.
8. MOON CN, HAHN MJ. Primary malleus fixation : diagnosis and treatment. *Laryngoscope*, 1981;91:1298-1307.
9. GOODHILL V. Pseudo-Otosclerosis. *Laryngoscope*, 1960;70:722-728.
10. HOUSE H. Early and late complications of stapes surgery. *Arch. Otolaryng.*, 1963; 78:606-613.
11. PROCTOR B. The development of the middle ear spaces and their surgical significance. *J. Laryng.*, 1964;78:631-648.
12. HILDING DA. Postinflammatory fixation of the malleus. *Arch. Otolaryng.*, 1965; 81:17-19.
13. HOUSE H. Diagnostic aspects of congenital ossicular fixation. *Trans. Amer. Acad. Ophthalmol. Otolaryng.*, 1956;60:787-790.
14. ANDERSEN HA, JEPSEN O, RATJEN E. Ossicular chain defects. *Acta Otolaryng.*, 1962;54:393-402.
15. GOODHILL V. The fixed malleus syndrome. *Trans. Amer. Acad. Ophthalmol. Otolaryng.*, 1966;70:370-380.
16. ALTMANN F. The finer structure of the auditory ossicles in otosclerosis. *Arch. Otolaryng.*, 1965;82:569-574.
17. RITTER FN. The histopathology of the congenital fixed malleus syndrome. *Laryngoscope*, 1971;81:1304-1313.
18. DAVIES DG. Malleus fixation. *J. Laryngol. Otol.*, 1969;82:331 - 351.

19. DOES IES, BOTTEMA T. Post-traumatic conductive hearing loss. Arch. Otolaryng., 1965;82:331-339.
20. OJALA L. Pathogenesis and histopathology of chronic adhesive otitis. Arch. Otolaryng., 1953;57:378-401.
21. DIETZEL K. Befunde an den Gehbrknâchelchen und den Mittelohrmuskeln. Bei Otosklerotischer Steigbügelfixation. Arch. Ohr., Nase, Kehlkopfheilk, 1960; 176:655-659,
22. MAURER H. Vergleichende biochemische Knochenuntersuchungen bei der Otosklerose. Ann. Univ. Saarav, 1962;9:87-95.
23. COVELL WP. The ossicles in otosclerosis. Acta Otoloryngol., 1940;28(3):263-276.
24. BELAL A, STEWART TJ. Pathological changes in the middle ear joints. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol., 1974;83:159-167.
25. ELPERN BS, GREISEN O, ANDERSEN HC. Experimental studies on sound transmission in the humon ear. Acta Otolaryng. (Stockh.), 1965;60:223-229.
26. ANDERSEN HC, HANSEN CC, NEERGAARD EB. Experimental studies on sound transmission in the human ear. Acta Otolaryng. (Stockh.), 1963;56:307-317.
27. SHEEHY JL, POWERS WH. Incus replacement prosthesis in otosclerosis surgery. Arch. Otolaryngol., 1969;89:393-398.
28. MARTIN Ch, MARTIN H, PRADES JM, GARBAN Th, MARCOPOULOS C. Ankylose de la tête du marteau. Etiologie. Indications thérapeutiques et résultats. Ann. Otol. Laryngol. (Paris), 1986; 105:19-25.