耳小骨形成—適応と再建術

暁 清 文

要旨：耳小骨形成の成否は中耳病変の程度や耳小骨の可動性，耳管機能の良否など様々な因子の影響を受ける。一般にキヌタ骨に欠損があり，アブミ骨の状態が良好な場合はⅢ型の適応となる。この際のコルメラ材料には可能な限り残存耳小骨や皮質骨，軟骨などの自家材料を用いる。術式はⅢ-i型が望ましいが，形成が難しい場合はⅢ-c型とする。Ⅳ型の適応は，1) アブミ骨の上部構造が消失している場合，2) 上部構造が菲薄化し壊死傾向にある場合，3) アブミ骨脚が傾斜し骨頭にコルメラが乗せられない場合，などである。Ⅳ型には専らアパセラム耳小骨を使用している。これは形成が難しいコルメラ作成の手間がかからない，適度な硬度があり伝音特性が優れている，顔面神経稜や外耳道後壁との骨性癒着がおこらない，などの理由による。アパセラム耳小骨の排出は鼓膜との間に薄切した軟骨を挿入することで回避できる。

キーワード：耳小骨連鎖，アパセラム耳小骨，耳小骨可動性，伝音特性

Summary Ossiculoplasty-Surgical Procedures and Reconstruction Materials:

Kiyofumi Gyo. Department of Otorhinolaryngology, Ehime University

In reconstruction of the ossicular chain, an autograft material would be an ideal ossicle substitute because of its excellent biocompatibility. When the stapes superstructure remains intact, a remnant of the ossicle (usually the incus) is appropriately trimmed and placed between the stapes capitulum and the tympanic membrane. When such ossicle is not available, a piece of cortical bone or auricular cartilage is applied instead. In contrast, when the stapes superstructure is missing, we use Apaceram ossicle with a sliced auricular cartilage on the surface of its head. According to the criteria proposed by the Otological Society of Japan, successful restoration of hearing was obtained in 70%-92% in tympanoplasty type Ⅲ and 71% in tympanoplasty type Ⅳ in the study of 94 cases operated on during the last 5 years.

Key words: ossiculoplasty, Apaceram ossicle, ossicular mobility, interposition technique

1. はじめに

中耳伝音機構の要である耳小骨連鎖は，鼓膜や靱帯，筋腱などによって中空状態で支えられており，構造が繊細で血流支配が不十分なことから，感染や外傷の影響を受けやすい。実際，慢性中耳

炎や真珠腫性中耳炎では耳小骨の破壊を伴う例が多く，また肉芽増生や硬化病変などにより連鎖の可動性が障害されていることも稀ではない。このような耳小骨連鎖の障害は鼓室形成術によって治療が可能である。鼓室形成術による聴力改善の成否には，中耳病変の種類や程度，耳小骨の可動性，鼓膜穿孔のサイズ，中耳含気腔の大きさ，耳管機能の良否，再建材料とその留置法など様々な

因子が関与する。長期にわたり安定した聴力改善を図るには、的確に中耳の病態を把握し手術の範囲や術式を決定する必要がある。

本稿では実施頻度の高い術式であるⅢ型とⅣ型について、その再建材料、手術上の留意点、当科での治療成績などを中心に概説する。

2. 再建術の適応と再建材料（コルメラ材料）

Ⅲ型はアブミ骨の状態が良好な場合に適応となる。最近では Wullstein 分類のⅢ型原法を行う症例は少なく、代わりにアブミ骨上にコルメラを置き、鼓膜（Ⅲ-c 型）あるいはツチ骨（Ⅲ-i 型）に連結する術式を採用することが多くなった。これらの術式では鼓膜を本来の位置に保つことができ、鼓室腔を広く確保することができる。再建材料には主に残存耳小骨（通常はキヌタ骨）、皮質骨、軟骨などの自家材料を用いる。これらが利用し難い場合に限り人工耳小骨（アパセラム耳小骨）を用いるが、そのような機会は減少した。

Ⅳ型の適応は、1) アブミ骨上部構造が消失している場合、2) 上部構造が菲薄化し壊死傾向にある場合、3) アブミ骨脚が傾斜し骨頭にコルメラが乗せられない場合、などである。著者はⅣ型の形成材料にはアパセラム耳小骨が最適と考えている。これは、形成が難しいコルメラ作成の手間がかからない、適度な硬度があり伝音特性が優れている、顔面神経稜との癒着がおこらない、などの理由による。欠点である術後の露出・排出などの問題は鼓膜面との間に薄切した軟骨を挿入することで回避できる。

3. 手術の実際

Ⅲ型の再建材料としてキヌタ骨が利用できる場合は可及的にこれを利用する。キヌタ骨の状態やツチ骨柄の位置、アブミ骨頭の角度などを考慮してコルメラのデザインを決定する。中耳病巣を郭清後、キヌタ骨をペアン鉗子で挟み、ダイヤモンド・ドリルを用いて整形する。コルメラにアブミ骨頭を入れる小孔を開ける。これをピックや吸引管を用いてアブミ骨上に留置するが、この際、アブミ骨に直接、力がかからないよう細心の注意を払う。Ⅲ-i 型はコルメラ安定のためには好ましいが、ツチ骨とアブミ骨の位置関係から技術的に困

難な場合が多い。著者はⅢ-c 型の方が操作が容易で確実にコルメラを留置できることから頻用している。鼓索神経が残存している場合はこれを利用してコルメラ安定化に活用する。コルメラ留置後はフィブリン糊で接続部を接着し、周囲にジェルフォームをおいて転倒防止を図る。

Ⅳ型ではアパセラム耳小骨と軟骨を組み合わせて連鎖を再建する。まずコルメラの長さを決めるためメジャーなどを用いて必要な長さを計測する。ついで専用の保持用挟子でアパセラム耳小骨を把持し、ディスクバーで少しずつシャフトを短くしていく¹⁾。削り過ぎると元に戻らないので、ある程度削った段階で実際に鼓室に挿入し長さが適切か否かを確認する。軟骨の厚みも考慮し、コルメラを挿入した際にわずかに鼓膜に緊張がかかる程度とするのが理想的である。コルメラが長すぎるとアブミ骨底板を圧迫し内耳刺激を惹起することになり、短いと連結が不完全なため聴力は改善しない。理論的にはⅣ-i 型の方が好ましいがツチ骨柄との位置関係が無理なこともあり、Ⅳ-c 型の方が角度的に安定する。その後、採取しておいた薄い耳介軟骨をアパセラム耳小骨上に置き、最後に鼓索神経やジェルフォームを利用して連鎖の安定を図る。

4. 当科での聴力成績

当科で 1999 年から 2003 年までの間に実施した耳小骨形成術の成績を表 1 にまとめた。対象症例は、真珠腫や慢性中耳炎、癒着性中耳炎、コレステリン肉芽腫などである。その結果、他の術式と比べⅢ-c 型の成績が予想外に良くなかったが、これは対象例に難治とされる癒着性中耳炎や鼓室硬化症が多かったこと、術前の骨導聴力の悪い例が多かったこと、などのためと推察される。アブミ骨周囲に高度の硬化病変がある場合は術後も気骨導差が改善しない例が多く、どのように対処すべきかは今後の研究課題であろう。

5. 段階手術における自家耳小骨の保存法

段階的鼓室形成術は第一段階手術で中耳病変を郭清し、第二段階手術で連鎖再建を図る術式である。本法は一期的治療が困難な真珠腫性中耳炎や癒着性中耳炎など病変が高度な場合に適応され

表 1 耳小骨形成術の聴力成績

当科で1999年～2003年の間に手術を行い、1年以上経過を観察した症例の聴力成績を示す。評価は日本耳科学会用語委員会の聴力改善判定基準案(2000年)によった。

	Ⅲ-c (n = 61)	Ⅲ-i (n = 12)	Ⅳ-c (n = 14)	Ⅳ-i (n = 7)
気骨導差	64%	83%	62%	71%
聴力改善	44%	58%	62%	71%
聴力レベル	25%	50%	33%	71%
成功例	70%	92%	71%	71%

図 1 乳突腔に保存しておいたツチ骨。第二段階手術時の所見

9歳女児，右後上部型真珠腫。第二段階手術は初回手術から7ヶ月後に実施した。ツチ骨は薄い粘膜で覆われていた。

る。この術式の問題点の一つに耳小骨をどのように保存するかということが挙げられる。従来，第一段階手術で取り出した耳小骨は第二段階手術までの間，小瓶に入れてアルコールに浸漬し冷蔵庫内に保存してきた。しかしこの方法では耳小骨の紛失や取り違いの可能性がある，感染や異物混入の危険性，骨細胞死滅による骨脆弱化も否定できない。このため最近では，第一段階手術で創を閉鎖する直前に，採取した耳小骨を乳突腔に戻して留置することにしている。従来，この方法は真珠腫の遺残再発の原因となること，耳小骨は吸収されてしまう可能性が高いことなどの理由で不適切だとされてきた。

この方法で耳小骨を保存した20例で検討したところ，第二段階手術時，保存耳小骨は全例で固定が可能であり，周囲と軽度癒着していたもの(図1)が11耳，肉芽中に埋没が8耳，骨性癒着

が1耳であった。真珠腫の遺残再発は6耳でみられたが，いずれも鼓室洞か上鼓室であり，耳小骨を保存した乳突腔で再発した例はなかった。このように乳突腔に耳小骨を保存することは臨床的に何ら問題はなく，段階手術において導入しても良い方法と考える。

6. 軟骨を利用したアパセラム耳小骨の排出防止策

アパセラム耳小骨は開発当時，熱狂的に支持されたが，その後，露出・排出の頻度が高いことが分かり，最近では使用する施設も限られてきた。しかし著者は現在でもⅣ型の材料としてアパセラム耳小骨が最適と考え頻用している。これは当時と比べ感染した状態で手術する例が減少したこと，鼓膜との接触面に薄切した軟骨を介在させると露出・排出が起りにくいことが分かったからである。ただしMRSA感染など条件の悪い場合は一期的に使用せず，段階手術で中耳の状態が改善した後に使用している。

表2は薄切軟骨によるアパセラム耳小骨の排出防御効果を検討したものである²⁾。鼓膜との間に軟骨を挿入するとアパセラム耳小骨の欠点である排出の問題は回避できる。

7. インターポジション型がコルメラ型よりも望ましい理由

耳小骨形成の方法には，鼓膜とアブミ骨(骨頭あるいは底板)との間に再建材を挿入するコルメラ型(Ⅲ-c, Ⅳ-c)と，ツチ骨とアブミ骨(骨頭あるいは底板)との間に挿入するインターポジション型(Ⅲ-i, Ⅲ-r, Ⅳ-i)とがある。一般にインターポジション型の方がコルメラ型よりも望ま

表 2 軟骨挿入とアパセラム耳小骨の排出率

当科で1990年—1997年の間にアパセラム耳小骨を用いて連鎖を再建した症例のうち、3年以上経過を観察した例の治療成績を示す。軟骨挿入はアパセラム耳小骨の排出を防御するが、術後の聴力には影響しない。(Kobayashi T, et al⁴⁾より引用)

術式	連鎖再建材料	症例数	排出率	A-B gap < 15 dB
Ⅲ	アパセラムのみ	32	3.1%	84.4%
Ⅲ	アパセラム+軟骨	22	0.0%	81.8%
Ⅳ	アパセラムのみ	21	28.6%	61.9%
Ⅳ	アパセラム+軟骨	30	3.1%	70.0%

図 2 再建材の連結部位と中耳伝音特性

(A) のように鼓膜に再建材を当てコルメラ型とするよりは、(B) のようにツチ骨に連結してインターポジション型とする方が中高音域での伝音特性は良い。(Elbrond O, et al⁴⁾より改図)

しいとされる。これは挿入状態が安定化するとともに伝音特性が優れているからである。インターポジション型は本来の伝音形態に近く再建材の安定性が良いので転倒しにくく、術後のベッド安静も不要ことが多い。しかし再建材の長さを厳密に形成する手間が必要であり、ツチ骨柄とアブミ骨との位置関係によっては挿入が困難な場合もある。また無理に挿入しようとしてアブミ骨底板を骨折させたとの報告もあり、技術的に難易度が高い。

インターポジション型は聴力の点からもコルメラ型より有利である。Elbrond らはヒト側頭骨を用いて両者の違いを検討している³⁾。図2に示すように、A のコルメラ型は低音域では伝音特性は良いが中高音域では低下する。一方、B のインターポジション型では A と比べ伝音特性は比較的良好に保たれている。これは鼓膜が中高音域で部分振動をおこすからで、コルメラ型では鼓膜との接触部付近の振動しか伝えないのに対し、インターポジション型はツチ骨に集約された振動をそ

のまま伝えるので中高音域においても伝音効率が良い。

8. 耳小骨形成における工学的視点

鼓室形成術で良好な聴力を回復するには、病巣除去や粘膜再生、乳突蜂巣含気化など生物学的側面だけでなく、中耳伝音機構の工学的側面にも配慮を払う必要がある。これまでの研究から、①再建術式としてはコルメラ型よりもインターポジション型の方が連鎖も安定し伝音特性がよい(前述)、②コルメラと鼓膜との接触面積は広い方がよい、③アブミ骨と再建材のなす角度は小さい方がよい、④わずかに長めの再建材を使用し、伝音連鎖に緊張を持たせると中高音域の伝音特性がよくなる、⑤再建材料は密度が高く軽量のものが性能はよい、などが明らかとされている⁴⁾。手術の際に心得おくべき事項であろう。

参考文献

- Shinohara T, Gyo K, Yanagihara N: Ossiculoplasty using hydroxyapatite prostheses: long-term re-

- sults. Clin Otolaryngol 25 : 287-292, 2000.
- 2) Kobayashi T, Gyo K, Shinohara T, Yanagihara N: Ossicular reconstruction using hydroxyapatite prostheses with interposed cartilage. Am J Otolaryngol 23 : 222-227, 2002.
 - 3) Elbrond O, Elpern BS: Reconstruction of the ossicular chain. Arch Otolaryngol 84 : 490-494, 1966.
 - 4) Nishihara S, Goode RL: Experimental study of the acoustic properties of incus replacement prostheses in human temporal bone model. Am J Otol 15 : 485-494, 1994.