BASIC STUDIES OF THE RESTORATION OF SOUND CONDUCTING SYSTEM BY TYMPANOPLASTY

By
Y. OKUNO

*From the Department of Oto-Rhino-Laryngology Okayama University
Medical School (Director: Prof. S. Takahara)*

Part 1. On the Conduction Capacity of the Columella

After extracting the temporal bone of cats the author gave sound stimuli to this temporal bone through the external auditory canal and measured the vibration amplitude of the labyrinthine side by means of a capacitative probe and determined the conduction capacity of the sound conducting system at 250, 500, 1,000 and 2,000 cps when the lever function of the ossicular chain is obliterated. The results are as follows:

1. When the malleus and incus are removed from the normal sound conducting system, the sound conduction capacity decreases about 28 db in average.

2. After the removal of the malleus and incus from the normal sound conducting system:

a) When the portion between the capitulum of the stapes and the part of the tympanic membrane corresponding to the short process, is communicated with an artificial columella, the sound conduction capacity increases about 21 db as compared with that in the item 1, and shows a decrease in the capacity by 7 db in average as compared with the normal.

b) When the central part of the tympanic membrane and the capitulum of the stapes are communicated with an artificial columella, the sound conduction capacity increases 16 db in average as compared with that of the item 1.

c) when the part of the tympanic membrane corresponding to the umbo and the capitulum of the stapes are communicated with an artificial columella, there can be observed an increase in the sound conduction capacity by about 14 db as compared with that of the item 1, showing a decrease of about 14 db as compared with the normal.

d) When the skin graft is placed on the capitulum of the stapes as to touch each other in the case where the tympanic membrane was deliberately removed, the sound conduction capacity decreases about 10 db in average as compared with the normal.

3. The weight ratio of the artificial columellas used in the model experiments is 1:3:5, and it seems that the lighter is the weight of the columella the better the restoration of the sound conduction.

4. It has been found that in the application of artificial columella the decrease in the sound conduction capacity is more marked in the high tone range than in the low tone range.

Part 2. Sound Conduction Capacity in Various Sound Conducting Systems by Manipulation

With the temporal bone removed from human subjects, sound stimuli were given through the external auditory canal, and the vibration amplitude of the labyrinthine side was measured with a capacitative probe in order to estimate the efficacy of various sound pathways reconstructed by tympanoplasty. The following are the results:

1. When the antrum is blocked, the sound conduction capacity is raised by about 5 db in the

range below 1,000 cps, and is decreased by about 5 db in the range of 2,000 cps.

2. In the attic, when there is an adhesion between the skin graft on onehand, the head of malleus and the incus on the other, the sound conduction capacity is diminished and it is especially marked in the range above 1,000cps,

3. In order to maintain a better sound conduction capacity after tympanoplasty, it is desirable to leave a bony bridge and/or a vertical bony bridge to prevent the skin graft from adhesion.

4. When the long process of the incus and the stapes are connected with a polyethylene tube after separating the incudostapedial joint, the decrease in sound conduction capacity proves to be only about 2db in average.

鼓室成形術の伝音系修復に関する基礎的研究

第1篇 Columella の伝音能力について

岡山大学医学部耳鼻咽喉科教室（主任：高原滋夫教授）

大学院学生 奥 野 保 夫
オノ ノ ヤス オ

目 次

1. 緒 言
2. 実験方法
 - (1) 実験対象
 - (2) 実験装置
 - (3) 実験方法
3. 実験成績
4. 総括及び考按
5. 結 語

1. 緒 言

鼓室成形術は主に感音系の正常な慢性中耳炎に対し、慢性炎症の病巣を完全に清掃して炎症を消退せしめ、且つ破壊されている伝音機構を再建して聴力の改善を図るという二つの目的を有しているが、この二つの目的を遂行するためには、各々の間に利害の相反する点が多いため、鼓室成形術を成功に導びくためには種々の困難が克服されなければならない。しかし聴力改善の原理は、卵円窓にかゝる音圧をできるだけ大にし、正円窓にかゝる音圧をできるだけ小にするという点にある¹⁾。ここで卵円窓にかゝる音圧の問題をとりあげて見ると、正常伝音系の場合は鼓膜と鐙骨板の面積比及び耳小骨連鎖の槓杆比によつて卵円窓にかゝる音圧を大にする役割が果され²⁾、前者によつて Békésy によれば 17 倍に³⁾、Wever and Lawrence によれば 14 倍に²⁾、後者は Dahmann によつて 1.3 倍に増強されるとされている。

しかし鼓室成形術を行なつて、伝音系を修復した場合鼓膜も耳小骨連鎖も術前の状態と異つてき、従つて卵円窓への音圧増強の様式も変つてくる。そこで鼓室成形術で修復された新伝音系が幾許の伝音能力を有するかについて興味を持ち、多数の伝音系修復法のうち Wullstein の基本型の Type III⁴⁾ 即ち myringostapediopexy⁵⁾ あるいは columella effect¹⁾ と呼ばれる形のものについて、その伝音能力の測定を試みた。

Myringostapediopexy は、槌骨及び砧骨を除去して鼓膜を直接鐙骨々頭にあてるもので、耳小骨連鎖による槓杆作用は失なわれているが、正常伝音系の場合の卵円窓への音圧増強作用において果す役割から見れば、耳小骨連鎖の消失による伝音能力の損失は予想以上に少ないと見られる⁷⁾ ので、この点に特に興味を抱いた。

2. 実験方法

(1) 実験対象

実験対象には中耳伝音器に異常の認められない成熟した猫の剔出側頭骨を用い、これの鼓膜から鐙骨板迄の伝音系を利用した。即ちこれは猫の側頭骨を剔出した後、これに附着する軟部組織を除去し、エンヂンバーを使用して錐体部を削つて内耳を除去し、鐙骨板周辺の骨を破損しないように注意し乍ら卵円窓を内耳側から露出せしめて鐙骨板が明視下にあるようにし、更に中耳骨胞を開放して耳小骨連鎖及び鼓膜に操作を加えうる状態にしたものである。

(2) 実験装置

実験装置は block diagram として第1図に示し、このうち自作の微小静電容量測定器の配線図を第2図に示す²⁾。

第1図 Block diagram

第2図 微小静電容量変化検出器配線図

(3) 実験方法

実験は防音室内の shield room で行ない、更に厚さ約 3cm のフェルト上に実験装置を置いて行なった。

第1図に示すように、低周波発振器で発振した音波を増幅器及び driver unit で増幅する。発振周波数は 250 cps, 500cps, 1000cps, 2000cps, 及び 4000cps である。

剔出側頭骨は上下二つの block に分離できる重さ約 2kg の粘土中に埋没し、鎧骨板だけが露出するようにする (第3図)。

第3図

1)

2)

3)

4)

この剔出側頭骨の鼓膜の部に、driver unit からの音波を太さ 5cm 長さ 30cm のゴム管で導びく。増幅器及び driver unit で増幅された音波の音圧は、指示騒音計により鼓膜前面で測定したが、各周波数共 70 乃至 120phon であつた。

このようにして、音波を与えた時の鎧骨板の振動を微小静電容量測定法で検出する³⁾のであるが、使用した微小電容量測定器の probe tip は直径約 1mm で、これの先端と鎧骨板とが約 0.5mm の距離を保つように probe tip を固定した³⁾。剔出側頭骨を上下に分離でき

る粘土塊に埋没したのは、実験中剔出側頭骨の伝音器に操作を加える場合にも probe tip と鐙骨板の間の位置関係に変化をきたす事のないようにするためであつて、上部の粘土塊をとり外せば剔出側頭骨の伝音器は明視下にあり、側頭骨を動かす事なく伝音器への操作が可能であつた。

実験に際しては、先ず正常伝音系の剔出側頭骨に、前述の各周波数について各種音圧で音刺激を与え、その時の鐙骨板の振幅を微小静電容量変化測定器で検出してブラウン管オシロスコープで観察し、又真空管電圧計が一定の電圧を示すように減衰器を調節してこれを db 単位で記録した。

次に伝音系に対し、後に述べるような鼓室成形術時の操作を加えて新伝音系を作製し、これに各種の音刺激を与えた時の鐙骨板の振幅を同様に観察、記録し、正常伝音系の場合と比較した。

伝音系の伝音能力の表現方法としては、同一の刺激音に対して鐙骨板の振幅が大きい伝音系が伝音能力が大であると仮定し、例えば、1000cps で正常伝音系の鐙骨板が振動してある一定の反応電圧を得るに要する刺激音圧が 80db で、又操作を加えた伝音系の鐙骨板が振動して同じ反応電圧を得た時の刺激音圧が 90db であつたとすると、操作を加えた伝音系は正常伝音系と比較すると、1000cps において 10db の伝音能力の損失があるものと見なした。

剔出側頭骨は、腐敗及び乾燥による変化を防ぐために、生理的食塩水 40cc に対しマーゾニン液 10cc を加えた溶液に浸して氷室に保存したが⁸⁾、2 週間保存後においても剔出直後と同様の実験成績を得た。又実験中は側頭骨周囲に上記溶液を含ませた綿を置いて乾燥を防いだ。

3. 実験成績

刺激音は 250cps, 500cps, 1000cps 2000cps 及び 4000cps の周波数を使用して測定を試みたが、4000cps では有意の値を得る事はできなかった。

正常伝音系について測定した所、その伝音能力は 250cps, 500cps, 1000cps 及び 2000cps については周波数特性を示さなかつた。

次に操作を加えた伝音系の測定成績を操作を加えた順に述べる。

1) 鼓膜に穿孔を生じないように注意しつつ鼓膜から槌骨柄を剥離する。次に槌骨と砧骨を除去する。鼓膜は正常の場合の円錐形の形を失ない、槌骨柄の部がやゝ薄

第 4 図

い平坦な膜となる（第 4 図 A）。

この場合の伝音能力の損失を、正常伝音系の伝音損失を 0db としてオーディオグラムに示すと第 4 図 B の如くで、平均約 28db の損失となる。

2) 竹を削つて直径約 0.5mm の細い棒を作り、これをもつて 1) の伝音系に対してその鼓膜と鐙骨々頭との間に連絡を作つた。竹製の columella の両端はセメダインを使用して接着した。

1 鐙骨々頭と鼓膜の槌骨柄先端附着部即ち umbo に相当する部分（猫の場合偏心的な位置となる）を人工 columella で連絡した場合（第 5 図 A）。

Columella の長さは 0.7cm 重量は約 5mg で、鼓膜となす角度は約 30 度であつた。

第 5 図

この伝音系の伝音能力の損失を正常伝音系の伝音損失を 0db としてオーディオグラムで示すと第 5 図 B の如くで、平均約 14db の損失となる。

2 鐙骨々頭と鼓膜中心部を人工 columella で連絡した場合（第 6 図 A）。

Columella の長さは約 0.5cm、重量は約 3.5mg で鼓膜となす角度は約 60 度であつた。

この伝音系の伝音能力の損失を、正常伝音系の伝音能

第 6 図

力の損失を 0db としてオーディオグラムで示すと、第 6 図 B の如くで平均約 12db の損失となる。

ハ 鐙骨々頭と骨膜短突起部を人工 columella で連絡した場合（第 7 図 A）。

Columella の長さは約 0.2cm、重量は約 1.5mg、鼓膜となす角度は約 80 度であつた。

この伝音系の伝音能力の損失を、正常伝音系の伝音能力の損失を 0db としてオーディオグラムで示すと、第 7 図 B の如くで平均約 7db の損失となる。

第 7 図

第 8 図

3) 更に鼓膜をも除去し、鐙骨々頭に人の大腿部から採取した中間層皮膚弁を直接あてた場合（第 8 図 A）。

使用した皮膚弁は、除去した鼓膜の面積の約 1.5 倍で、又皮膚弁に対する鐙骨々頭の位置は偏心的であつた。

この場合の伝音能力は、正常伝音系の伝音能力の損失を 0db としてオーディオグラムで示すと第 8 図 B の如くで平均約 10db の損失である。

皮膚弁は、その辺縁にビオゲラチンを使用して鼓膜輪及び上鼓室内側骨壁と糊着させ、成可く皮膚弁が平坦で、緊張を有するように試みた。

以上の実験成績を小括すると、

(1) 槌骨と砧骨を除去した伝音系では、約 28db の伝音損失がある。

(2) 槌骨と砧骨を除去した伝音系の鼓膜と鐙骨々頭を連絡するのに、直径約 0.5mm の竹を用いた。この columella があると伝音能力はかなりよくなるが、columella が鼓膜に附着する位置によつて差が見られ、鼓膜の短突起部と鐙骨々頭を連絡したものが最も伝音能力がよく、平均約 7db の伝音損失であつた。又鼓膜中心部と鐙骨を連絡したものではその伝音能力は平均約 12db の損失で、鼓膜の umbo の部分と鐙骨々頭を連絡したものでは約 14db の損失であつた。

(3) 鐙骨に、人の皮膚弁を直接張つたものでは約 10 db の伝音損失が見られた。

4. 総括及び考按

振動体の観察、測定方法には、電気的あるいは光学的な種々の方法があるが^{8) 13)}、振動による静電容量の変化を測定して振動体の振幅を測定する方法は 1941 年 Békésy⁸⁾ が耳小骨連鎖の振幅の測定に用いている。この方法は鐙骨板の場合のように測定対象が小さい場合には特に都合がよい¹⁵⁾。しかし測定器の probe tip と測定の対象との距離が変わると測定値に変化をきたすから³⁾、この実験で用いたように上下に分離できる粘土塊に埋没し固定して、側頭骨に一連の操作を加えても probe tip と鐙骨板の間の位置関係が変わらないようにすると、測定値の比較が簡単で便利である。

又この実験では各伝音系で鐙骨板が同一振幅を示すに要する刺激音圧を求めて伝音系の伝音能力を求める方法をとつたので、鐙骨板の振幅の絶対量は測定しなかつた。

又剔出側頭骨が乾燥すると伝音能力の低下をきたすが、Békésy は剔出を速やかに行ない、低温で湿度の高い所で実験を行なつている³⁾。著者は側頭骨周囲に生理的食塩水を含ませた綿を置いて側頭骨をその綿と共に粘

土内に埋没する事により、実験中の側頭骨の乾燥を防ぐ事ができた。

実験対象として選んだ猫の剔出側頭骨では鼓室小筋の作用がないが、この点について切替は⁹⁾音響性鼓室小筋収縮に関する実験において、猫の鼓室小筋即ち鼓膜張筋及び鐮骨筋は、音響に対し反射性に収縮し、夫々鼓膜及び鐮骨頭に作用して伝音を抑制する作用があり、特に鐮骨筋で著明であるが刺激音が 65phon 以下の場合にはこのような鼓室小筋の作用はあらわれない事を報告している。従つて鼓室小筋は 65phon 以上の刺激音の場合に作用するものと考え、実用聴力の範囲の音圧では鼓室小筋は作用していないと考えてよいから、剔出側頭骨に鼓室小筋の作用がないという問題は考慮しなくてもよいと仮定した。

一般に中耳の音圧変換作用は、鼓膜と鐮骨板の面積比、耳小骨連鎖の槓杆作用及び鼓膜による正円窓への音圧の遮蔽効果から成立つていてと考えられている²⁾。これから推定すると前述した実験において、操作を加えた伝音系は鼓膜の形状及び弾力性、耳小骨連鎖の槓杆比が正常伝音系と異なるが、もし操作を加えた伝音系における鼓膜の形状及び弾力性の変化が無視できるものとすれば、操作を加えた伝音系と正常伝音系の間の伝音能力の差は、耳小骨連鎖の槓杆作用によつて生じた差と見なす事ができる。

Wever and Lawrence によれば²⁾、1000cps における猫の耳小骨連鎖の槓杆作用は約 2.5 倍である。従つて

$$\alpha = 20 \log 2.5 \approx 8 \text{db}$$

これは実験 2) のハ、即ち鼓膜短突起部と鐮骨々頭を連絡した場合の 1000cps における伝音能力の損失の平均値 6db、及び実験 3) で鐮骨々頭に、固有鼓膜約 1.5 倍大の人の皮膚弁を張つた時の 1000cps における伝音能力の損失の平均値 8db を見る時、前者は理論値に非常に近く、後者では一致している。

しかし恩地は¹⁰⁾、中耳の音圧変換比は鼓膜と鐮骨板の面積比及び耳小骨連鎖の他に、鼓膜と槌骨柄間の弾力、砧鐮関節靱帯の弾力、鼓膜及び槌砧体を一塊としてのインピーダンス、蝸牛殻のインピーダンス等の要因によるとしているから、これらの実験における正常伝音系との伝音能力の差が直ちに耳小骨連鎖の槓杆比の欠除に原因するものとする事はできないが、槌骨及び砧骨を除去した後、鼓膜と鐮骨を人工 columella で連絡した伝音系では最も能率のよいもので平均約 7db、鐮骨に直接皮膚弁を張つたもので平均約 10db の伝音損失に止まっ

ている事から、鼓室成形術後にその新生鼓膜が正常の鼓膜と同様の有効振動面積を有する場合を考えると、myringostapedioplasty においてもかなりよい術後聴力を得る事が期待できる。

もし仮に新生鼓膜が正常伝音系の鼓膜と等しい有効振動面積を有するならば、myringo-stapedioplasty の如く槓杆比が 1 倍でもその聴力損失は、Schmitt¹¹⁾の理論式

$$\alpha = 20 \log \frac{22}{22F-d}$$

あるいは丸山、土田¹²⁾の理論式

$$\alpha = 20 \log \frac{43}{43 \times F - di + k}$$

のいずれによつて計算しても、3db 以内の聴力損失に止まる筈であるが、myringostapedioplasty の聴力が成功例においても殆んど 10 乃至 15db 程度の聴力損失に止まるのは¹³⁾、この手術型における新生鼓膜に問題があるのであらうと考えられる。

従つて myringostapedioplasty を行なうに当つては、いかにして伝音に有利な新生鼓膜を作製するかという問題の解決が望まれる。

次に鼓膜と鐮骨々頭の間を、直径約 0.5mm に削つた竹で連絡した時、この columella を鼓膜に附着せしめた位置により伝音能力に差が見られたが、この差が何の要素によつてくるものかを知るために、次のような簡単な模型実験を行なつた。

先ず鼓膜に相当するものとして直径 4cm の浅い筒型の金属枠に、薄いゴム膜を張り成可く一様な緊張を持たせる様にした。鐮骨には実物の約 5 倍大の鐮骨模型をレジンで作製して用いた。

膜面が上下及び前後に移動できるようにした支持台に金属枠を固定し、鐮骨は鐮骨板の前端及び後端をゴム紐

第 9 図

で牽引し、更に鐙骨々頭の部もゴム紐で軽く牽引して支持した（第9図）。

そして種々の重さ及び長さの棒をレジンで作製しこれを columella とした。

これ等の模型を使用して、columella の重量、長さ及び鼓膜面となす角度による伝音能力の差を検討した。

膜面と columella との角度は分度器によつて測定し、鐙骨板の振動に前述の微小静電容量測定器を用いて測定した。使用周波数は 500cps のみである。

測定成績第1表に示す。

第1表 重量、膜面となす角度及び長さの異なつた columella による伝音能力の模型実験による測定値

No.	重量の比	膜面となす角度	長さの比	鐙骨板と膜の間の距離の比	伝音能力の損失	
					膜に対する col-um. の位置	
					中心	偏心
1	1	90°	1	1	0db	0db
2	1	60°	1.7	1	1	1
3	1	30°	2	1	2	2
4	3	90°	1	1	4	4
5	3	60°	1.7	1	4	5
6	3	30°	2	1	6	6
7	3	90°	2	2	10	10
8	5	90°	1	1	6	6
9	5	60°	1.7	1	6	6
10	5	30°	2	1	8	8
11	5	90°	2	2	14	15

この成績から推定すると、columella の鼓膜との附着位置を変えた際に夫々伝音能力に差を生じた原因は、主として columella の重量及び鼓膜面となす角度の差にあるのであらうと考えられ、columella の長さ及び columella の鼓膜への附着位置そのもの（中心かあるいは偏心か）にはあまり関係がないのではないかと考えられる。

鼓室成形術は、慢性中耳炎が手術対象であり、その病変の程度が千差万別であるため、その伝音系修復に当つては、術者によつて夫々の工夫がこらされる^{7) 14)}。そのうちの一つの方法として、槌骨及び砧骨が消失しており、鐙骨々頭も破壊されているような場合、鐙骨に

polyethylene tube あるいは tantarum wire 等を附着して columella を作る方法⁷⁾があるが、以上の結果をあてはめて見ると、使用する columella は成可く軽いものが伝音能力を良好にする点からは有利であらうと推定される。

又操作を加えた伝音系では 2000cps において他の周波数よりもかなり著明な伝音能力の低下が見られ、mass curve¹⁶⁾に似た形を示すが、これは耳小骨連鎖を支持していた靱帯及び鼓室小筋の作用をするものが^{3) 17)}、columella には欠除し鐙骨にかかる質量が増加したために mass curve をとつたものではないかと推定される。

5. 結 語

猫の剔出側頭骨に対し、音刺戟を与えた時の鐙骨板の振幅を微小静電容量測定器で測定する事によつて、種々の伝音系の伝音能力を測定し次の結論を得た。

1) 正常伝音系から槌骨と砧骨を除去すると、平均約 28db の伝音能力の損失があつた。

2) 1) の伝音系において鼓膜短突起部と鐙骨々頭の間に竹（直径 0.5mm, 重量 1.5mg, 長さ 2mm）で連絡を作ると、平均約 7db の伝音能力の損失があつた。

3) 鼓膜、槌骨及び砧骨を除去して、人の大腿皮膚弁（鼓膜面積の約 1.5 倍の面積の中間層皮弁）で鐙骨を覆うと、平均約 10db の伝音能力損失があつた。

4) 2) 及び 3) の成績から、猫の耳小骨連鎖の槓杆作用のみによる伝音能力の利得は約 6db 前後に止まると推定される。

5) 1) の伝音系に対し、鼓膜中心部と鐙骨々頭を竹（直径 0.5mm, 重量 3.5mg, 長さ 5mm）で連絡すると、平均約 12db の伝音損失があつた。

6) 1) の伝音系に対し、鼓膜の umbo の部と鐙骨々頭とを竹（直径 0.5mm, 重量 5mg, 長さ 7mm）で連絡すると、平均約 14db の伝音能力の損失があつた。

7) 2), 5) 及び 6) の伝音系の間に伝音能力の差を生じた原因は模型実験の成績から推定すると、主に columella の重量及び鼓膜面となす角度によつてきたのであらうと考えられた。

8) 2), 3), 5) 及び 6) の伝音系では 2000cps において他の低音部周波数におけるよりも著明な伝音能力の低下が見られたが、これは mass curve をとつたものと考えられた。

第2篇 諸種伝音系の伝音能力について

目 次

1. 緒 言
2. 実験方法並びに実験成績
 - (1) 実験対象
 - (2) 実験装置
 - (3) 実験方法並びに実験成績
3. 総括及び考按
4. 結 語

1. 緒 言

鼓室成形術を行なつてその目的を達し、術後聴力改善を見ても、時日の経過と共に教室内に癒着性の変化をきたして、一旦上昇した聴力が次第に悪化してくる例がある¹⁸⁾。これの対策の一つとして、Zöllner¹⁾は所謂 Brücke を保存する事が得策であるとし、この Brücke を保存する目的は、この部の粘膜を保存して、癒着形成による所の砧骨の運動障害を最少限に止める点にあるとされている¹⁹⁾。

この考えを一步進め、積極的に Brücke を作製し、その機能を高度にしたものとして、諸家⁷⁾ 20) の述べている control hole, 更に大内等²¹⁾ の meatoplastische Methode と呼んでいる方法がある。これは vertikale Brücke と仮称するものを、外耳道後壁及びアヂツス側壁を幅広く残して作り、これをもつて植皮弁を支持するものである。

こゝにおいて、Brücke の有無の鼓室成形術後の伝音系の伝音能力に及ぼす影響について検討を加える目的で、主に meatoplastische Methode によつて vertikale Brücke を作製して鼓室成形術を行つた場合と、Brücke を除去して槌骨、砧骨と植皮弁との間に実験的に癒着性変化を生ぜしめた場合の伝音系の伝音能力を比較し、更に伝音能力に関する2,3の問題についても検討を加えて見た。

2. 実験方法並びに実験成績

(1) 実験対象

既往に耳疾患がなく、中耳伝音器に病変を認めない人の剔出側頭骨を使用した。

(2) 実験装置

第1篇に述べた実験装置を使用した。

(3) 実験方法並びに実験成績

人の剔出側頭骨に対し、第1篇で実験に使用した猫の側頭骨の場合と同様にして、錐体部の尖端から蝸牛殻及

び三半規管を削つて行き、内耳側から卵円窓を露出して鑑骨板を明視下に置く。

次に鼓室成形術の形式で、外耳道皮膚を充分に剝離し、乳様洞を開放しアヂツス側壁を幅広く且つ薄く残置し、vertikale Brücke の作製を行ない乍ら上鼓室を開放する。この際手術操作により鼓膜に対して全く影響の加わらないように留意しつゝ Brücke を残した。

更に耳管開口部から下鼓室にかけて鼓室を開放した。vertikale Brücke の上端及び下端は特に細く薄くして、すぐにこれを除去できるようにしておく。

外耳道の皮膚は、高原(滋)の sliding down method¹⁴⁾に従つて剝離、切開を行ない²²⁾、外耳道皮膚の前部、上部及び後部が上方に翻転できるようにしておく。

この皮膚弁を上方に翻転し、Brücke 及び vertikale Brück を支持枠とするようにして皮弁をセメダインで張りつけ、又上端は上鼓室天蓋と同様にして接着し、しかも鑑骨頭及び砧骨には触れないようにする(第3図1)。

以上の如く操作したものについて実験を行なつたが、この点以外は、第1篇の場合と全く同様の実験方法を用いた。

次に実験成績を、操作を加えた順に従つて述べる。

1) 以上操作を加えた側頭骨に、更に外耳道皮膚弁を vertikale Brücke を越えて乳様洞腔を保つように乳様洞骨壁に接着したものに対し、250, 500, 1000 及び 2000 cps の周波数を使用して音刺激を与え、その際の鑑骨板の振幅を測定し、これを基準とした。

次に乳様洞を粘土によつて閉塞し、同様に測定を行ない、前者を基準として 0db にとり後者の伝音能力の損

第1図

失をオーディオグラムにあらわすと、第1図の如くで、乳様洞を閉塞した場合、1000cps 以下の低音部では伝音能力が低下したが、2000cps では上昇を見た。

2) 次に回転して接着してある外耳道弁を剝離し、vertikale Brücke を除去した上、寒天を2～3%に溶解して上鼓室腔に注入し、これによつて槌骨頭部及び砧骨に軽度の運動制限をきたすようにして、この上に外耳道弁を置いた場合の伝音能力を測定した。実験1において基準にとつた測定値を0db としてオーディオグラムで示すと、第2図の如くであつた。

第2図

第3図

3) 次に寒天を除去し、外耳道弁にジオゲラチンを塗布してこの皮弁が槌骨頭及び砧骨と強く癒着するようにした場合（第3図2）は同様にしてオーディオグラムで示すと、第4図の様な伝音損失を示した。

上鼓室に寒天を注入した場合も、この場合もいずれも mass curve¹⁰⁾ に似た傾斜を示した。

第4図

第5図

4) 次に外耳道弁を再び遊離の状態にした後、槌骨頭及び砧骨に影響のないように上鼓室を覆い、この際は人屍体側頭骨を裏面から操作しているので、耳管開口部の辺りから小剪刀を挿入して砧鉸関節を離せしめ、更に砧骨の長脚先端を約1mm 切断し、この断端と鉸骨頭をポリエチレンチューブで接続した（第5図A）。

砧鉸関節離断時の伝音能力の損失は第5図Bのオーディオグラムの太線で示し、ポリエチレンチューブでこの離断を修復した時の伝音能力を第5図Bの細線で示す。離断修復時の伝音能力は著しく快復した。

3. 総括及び考按

実験1) では第1図に示したように、乳様洞を粘土充填で閉塞した場合1000, 500及び250cpsにおいて伝音能力が約5db 低下した。恩地¹⁰⁾は正常耳の状態では乳様洞の空気容積の存在によつて1000cps以下の周波数において約5db 内外耳の感度が増加し、1000cps以上では感度が低下してくる事も認めており、この原因を乳様洞及び蜂巣が与える鼓膜インピーダンスの増加に帰している。著者の実験1は恩地の説く所と正反対の実験条件であるが、乳様洞を閉塞して約5dbの1000cps以下の低音部における伝音能力の低下、並びに約5dbの2000cpsにおける伝音能力の増加を認めており、この

5db の値は大体恩地の所説と一致している。

普通の鼓室成形術においては、乳様洞及び蜂巣は外耳道と一つの腔を作り、鼓室とのつながりは消失するから、乳様洞が伝音能力に關与すると云う因子が失われる。この事によつて 1000cps 以上では約 5db 程度の聴力の利得があり、1000cps 以下では約 5db 程度の聴力の損失が術後に見られるのではないかと推定される。

実験 2) ではアヂッス側壁を垂直位置に、又 Brücke を残して植皮弁の支持棒とする大内の meatoplastische Methode の伝音能力に及ぼす影響を検討した。即ち Brücke を除去して槌骨及び砧骨を覆うように植皮を行った場合は、術後槌骨及び砧骨と植皮弁の間に癒着をきたして伝音障害を惹起する場合があると考えられるので、その場合の程度の軽いものとして上鼓室に寒天を注入し、又その程度の強い場合として外耳道皮膚弁にピオゲラチンを塗布して槌砧骨と強く接着した。これらの伝音障害時には会話音域において平均 2 乃至 7db 程度の伝音損失が見られ、著者の実験によれば、2000cps において 10 乃至 15db の低下が見られた事から 1000cps 以上では低音域におけるよりも更に高度の伝音能力の低下が見られる事が想定される。従つて鼓室成形術においては Brücke あるいは vertikale Brücke 将又更になんらかの良法によつて上鼓室における耳小骨連鎖の可動性に障害を及ぼさないような注意を払う必要があると考えられる。

次に多くの慢性中耳炎において砧鐮関節の離断例が見られ、この場合の伝音系修復方法には種々の考案が行なわれている⁷⁾。ポリエチレンチューブあるいは tantarum wire を使用して離断部断端間を連結する方法は簡単であるのでしばしば用はられる方法であるが⁷⁾、実験 4) によつてこの修復方法によつて修復され伝音系は非常に良好な、殆んど正常に近い伝音能力を有している事を知つた。

砧鐮関節離断時の伝音能力の損失は 30db 以内に止つたが、この実験では音刺激に対する鐮骨板の振動を測定する方法によつたので、中耳伝音系としての正円窓の要素を顧慮していない。この値は鼓膜及び耳小骨連鎖の槓杆作用による卵円窓への音圧増強作用のない場合の聴力損失の計算⁷⁾よりもやや大きい、これは鼓膜及び槓杆作用のない耳小骨によつて卵円窓に達する音圧が減弱された事によるものであろう。

鼓室成形術において、耳小骨連鎖の機能そのまゝの、あるいはこれに代る優秀な修復伝音器を作る事ができる

としても、正常鼓膜と同様の能力をもつ新生鼓膜を得る事ができるか否かについては疑わしく、今後の研究に俟つ所が多いが、もしポリエチレンチューブが生体に対し長期にわたつて異物として作用をあらわす事がないとするならば、ポリエチレンチューブ法は砧鐮関節離断時の一伝音系修復方法として試みるべき良法であると考えられる。

4. 結 語

人の剔出側頭骨について、鼓室成形術における種々の伝音系を実験的に作り、夫々の伝音能力を測定し、次の結果を得た。

- 1) 乳様洞の空気容積の存在は 1000cps 以下で約 5 db, 2000cps で約 -5db の聴力増進をきたす機能を有する。
- 2) 上鼓室において、皮弁と槌骨頭及び槌骨との間に癒着があると、1000cps 以上で特に著しい伝音損失がある (2000cps では 10 乃至 15db)。
- 3) Brücke あるいは vertikale Brücke によつて植皮弁の支持棒を作るような方法をとる事が伝音能力を良好に保つ上に望ましい。
- 4) 砧鐮関節の離断時には鐮骨板の振動は正常伝音系の場合に比して約 30db 伝音能力の低下があつた。
- 5) 砧鐮関節の離断時に、ポリエチレンチューブで離断を修復した場合、極く僅かの伝音損失が見られたに止まつた。

文 献

- 1) Zöllner, F.: The principles of plastic surgery of the sound conducting apparatus. J. Laryng. & Otol., 69: 637, 1955.
- 2) Wever, E.G. & Lawrence, M.: Physiological Acoustics, 1954.
- 3) Békésy, G.V.: Experiments in hearing, 1960.
- 4) Dahmann, H.: Zur Physiologie des Hörens; Experimentelle Untersuchungen über die Mechanik der Gehörknöchelkette, sowie über deren Verhalten auf Ton und Luftdruck. Arch. Ohren- usw. Heilk., 24: 462, 1929.
- 5) Wullstein, H.: Theory and Practice of Tympanoplasty. Laryngoscope, 66: 1076, 1956.
- 6) Juers, M.: Preservation of hearing in surgery for chronic ear diseases. Laryngoscope, 68: 825, 1958.
- 7) Shambaugh, Jr., G.E.: Surgery of the Ear, 1960.
- 8) Perlman, H.B.: Some physical properties of the conduction apparatus. Ann. of Oto-Rhino. & Laryng., 56: 334, 1947.
- 9) 切替一郎: 伝音機構と骨導に關

- する基礎的研究，日耳鼻 58 回宿題報告，昭 32. 10) urierung des Gehörganges bei Tympanoptatiken. Zschr. Laryng. usw., 93: 1, 1959. 21) 大内仁：我が教室における鼓室成形術（2）“meatoplastische Methode” について，耳鼻喉科，32 巻；975，昭 35. 22) 高原滋夫：耳鼻咽喉科最近の進歩，394，1950. 23) 操坦道，他：医学エレクトロニクス.
- 12) 土田登：鼓室成形術の実験的研究，日耳鼻 62 巻，2199，昭 34. 13) *Kobrak, H.G.*: The Middle Ear. 1959. 14) 高原滋夫：Sliding down method と罹患耳小骨の利用，61 回日耳鼻講演集，昭 35. 15) *Beranek, L.L.*: Acoustics, 1954. 16) *Johanson, H.*: Relation of audiograms to the impedance formula. Acta Oto-Laryng., Supp. 74: 65, 1948. 17) *Hjorth, S., Lundborg, T. & Rösler, G.*: Zum Schalleitungsmechanismus des Mittelohrs, Acta Oto-Laryng., 50: 423, 1959. 18) *Wullstein, H.*: Prognose und Resultat der Tympanoplastik, Acta Oto-Laryng., 45: 460, 1955. 19) *Shuknecht, H.F. & Oleksiuk, S.*: Tympanoplasty. Laryngoscope, 69: 614, 1959. 20) *Bruner, M.*: Erhaltung u. Resta-

稿を終るに当り，終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師高原滋夫教授に深甚なる謝意を表すると共に，終始御協力，御鞭撻を頂いた黒住助教授，頼実講師，瀬崎技士ならびに教室員諸兄に衷心より感謝致します

本論文の要旨は，昭和 35 年日本耳鼻咽喉科学会第 81 回中国地方会，第 5 回 オーディオロギー学会及び第 493 回岡山医学会例会において演述した。

（原稿到着＝昭和 36. 3. 27 日）