YASUO SATO: FINE STRUCTURE AND SPLIT LINE ("SPALTLINE")
OF HUMAN AUDITORY OSSICLES
— Considerations on the Relationship between Structure and
Dynamics of Auditory Ossicles —

鼓室小骨の微細構造並びに罅隙線に関する研究

— その力学的考察 —

東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任 切替一郎教授）

佐 藤 靖 雄
サ トウ ヤス オ

目 次

1. 緒 言
2. 研究方法並びに研究材料
3. 成 績
 - 1) 皮質の厚さ
 - 2) 鼓室小骨罅隙線
4. 総括並びに考按
5. 結 論
6. 文 献

1. 緒 言

人間の鼓室小骨の骨質の微細構造については Oesterle (1935) が主として鑑骨につき、Wustrow (1954) が槌骨、砧骨について述べているが、骨格系の他の骨では胎生期にある叢状骨質 Geflechtartigen Knochen、編状骨質 Strähnen Knochen が主で、其の他に骨小球 Globuli Ossei、球間腔 Interglobularräume、ハヴァース層板 Lammellen Knochen 等がある。そして叢状骨質の厚さについての研究は甚だ少く Oesterle が鼓室小骨について観察して生後は厚さがほとんど増さないことを、又 Richany, Bast and Anson (1954) が人間の槌骨、砧骨についての研究において関節や鼓膜、靭帯等の着いているところには存在しないことを述べているにすぎない。

一方骨皮質の機能という立場からみた構造については、Gebhardt (1905) が骨皮質の微細構造について述べて以来 Benninghoff (1925) が線維束の方向を基として罅隙線をつくり人骨格骨微密質の構築を明らかにした。其の後 Bruhnke (1929) は馬、

犬に、大井 (1930) は人膝関節に、Henckel (1931) は人、犬、山羊等の大腿骨に、坂口 (1935) は下顎骨に、山本 (1950) は喉頭軟骨、気管、肺表面に、平尾 (1950) は人胎児肩甲骨に、古賀 (1952) は手根骨に、浅理 (1953) は胎児下顎骨につき夫々研究業績を発表している。しかしながら未だ人間鼓室小骨の罅隙線に関する研究は見当たらない。

私はこの問題につき研究し、なお進んで鼓室小骨の構築からそれ等の果す伝音器としての機能を力学的に推論してみたのでここに報告し御批判を得たい。

2. 研究方法並びに研究材料

1) 骨皮質の厚さの測定 鼓室小骨を10% フォルマリン水溶液で固定した後、5% 硝酸溶液で脱灰し、次いでツエロイヂン又はパラフィンに包埋し連続切片をつくり、ヘマトキシリン・エオジン複染色、アザン染色の後位相差鏡検をした。厚さはマイクロメータにて測定した。

2) 罅隙線の観察 鼓室小骨に附着する筋腱、靭帯等を注意して剝離除去して10% フォルマリン水溶液で固定した後、5% 硝酸溶液の中に24時間放置し穿刺出来る軟らかさにしてから水洗、其の後5% 硫酸リーダ液で中和し再び水洗する。穿刺針は直径0.5mmの鋼鉄針で先端は円錐形で、尖鋭角度は約20度にして円錐面を平滑に磨いたものを使用した。これに墨汁をつけ骨の表面に垂直に穿刺する。針を抜くとその跡は点でなく線状になる。この要領で小骨表面に必要な応じて0.3~0.5mm間隔に穿刺し、水洗後再びフォルマリン水溶液中に浸して墨

汁を定着する。研究に使用した鼓室小骨の年令及び数は Table 1. の如くである。

Table 1.

年令	例
6月	1
1才	4
1才6月	5
10-20才	17
21-40才	17
40才	12

3. 成績

1. 骨皮質の厚さ 鼓室小骨の叢状骨質の厚さは Table 2. Fig. 1. の如く、槌骨では頸後内側、小頭外側下角、小頭頂側が最も厚く、次に小頭前外側、小頭頂後内側、頸前外側、短突起外前上側で小頭頂外角、柄内後上方が薄い。小頭頂側が厚く、小頭頂外角と小頭外側が薄いことより、頸後内側が厚く頸前外側が薄いことは統計的に有意義の差がある。

砧骨では体上側、体後縁、長脚後側の皮質が厚いが、槌骨と違って其の他の部分の皮質の厚さとの間に統計的に有意義の差は認められない。

鐙骨では小頭、頸の側面が厚く両脚の皮質は薄い。

又関節面や靱帯、鼓膜の附着している場所には一般に叢状骨質は認められない。

Table 2. 骨皮質の厚さ

Malleus	厚さ	Incus	厚さ	Stapes	厚さ
小頭上	55.1 ± 15.3	体上縁	64.9 ± 15.7	小頭前	14.8 ± 9.2
小頭上外	16.7 ± 5.7	体下縁	49.2 ± 10.8	小頭後	12.5 ± 6.6
小頭後内	38.9 ± 10.3	体後縁	51.0 ± 15.3	脚	5 ± 0
小頭前外	38.9 ± 15.7	短突起	57.1 ± 17.8		
小頭外下	61.9 ± 12.3	長脚前	60.0 ± 15.7		
頸前外	34.5 ± 15.7	長脚後	51.0 ± 20.4		
頸後内	64.7 ± 21.7		60.7 ± 8.7		
短突起前上	32.1 ± 8.7				
柄内後上	19.0 ± 6.2				
柄内外	0				

2. 鼓室小骨における縫隙線 線系走行の様様は一般に年令による著明な差異はみられない。

槌骨 (Fig. 2. A.) まづ後面では柄の尖端からその長軸に沿って頸内面を径て小頭に走るほぼ平行な線系がある。つぎに前外面では柄と頸の内側に一部乱れがある以外は、前者と同様に頸を経て小頭に走り、小頭に至つてその線系が乱れている。関節面では小頭頂側と頸側の二個処に向つて集る線系の流れがみられる。関節縁にはそれを囲む線系がある。

砧骨 (Fig. 2. B.) まづその内面には関節上半部から短脚へ、下半部から長脚に向つて並んで走る線系があるほかに、長短両脚の間を連ねるものが認められる。つぎに外面では体上半部に線系の一部乱れたところがあるが、体下半部では関節縁から短脚

に向つているものと体後方から長脚に向つて走っているものと二つの流れがある。関節縁には槌骨の関節縁に見られたようにそれを輪状に囲む線系があるが、特に内側上半部にはその線系が広い範囲にみられる。関節面においてはその上半部ではほぼ内外の方向に平行して走るが、下半部では外面から内方に向つて集合するように走っている。また豆状突起関節面では中央に集る傾向もあるが主として上下の方向に走っている。

鐙骨 (Fig. 2. C.) 小頭の関節縁にはそれを輪状に囲む線系がある。また頸からそれぞれ両脚に分れて鐙骨底板に向つて走るものと、両脚間縁に沿つて走る線系とがある。鐙骨底にみられる線系は底板の周縁ではそれに沿つて輪状に走っているが、内耳側の底面では主として前後方向に走っている。しかし底の前端附近には一部これを縦断する線系もある。

4. 総括並に考按

鼓室小骨の骨化について

Oesterle (1935) によれば鼓室小骨が骨化した後はその成長が止るから骨皮質の厚さは年令と共に増すことはない云う。そして生後9週の乳児において、槌骨の骨膜性骨化層は結合組織骨である叢状骨質であつたと述べている。

Wustrow (1954) の鐙骨、砧骨骨質の微細構造に関する研究では、槌骨、砧骨の軟骨外骨化層は叢状骨質であるが、骨格骨ではこれが基礎層板におきかえられる。そして靱帯の附帯している場所では叢状骨質は一定の方向に列んでいと述べている。

また Richany, Bast and Anson (1954) による鼓室小骨の発生に関する研究では、原始鼓室小骨は初めから成人の形を考えさせる形で、一度軟骨外骨化が出来あがると成長が止ることが特徴で骨格系の長骨に見るとき骨端成長はないという。そして槌骨柄には軟骨外骨化層はないのに反し、小頭、頸では軟骨外骨化骨が外側をつくつており、砧骨では関節面と靱帯の附着している場所とを除いて軟骨外骨化層で包まれていると述べている。

著者の検査例でも上記の所見と同様に、鼓室小骨

の表面は関節面、靱帯、筋腱、鼓膜等の附着している場所を除いて Anson and Bast の軟骨外化骨層、即ち Oesterle, Wustrow のいう叢状骨質に包まれていた。これは骨格骨においては胎生期に見られるもので、おそくとも生後 2~3 年で外基礎層板におきかえられるが、鼓室小骨の場合には叢状骨質がそのまま一生見られ、年令的に厚さの変化はほとんど認められないものである。

骨皮質の厚さとその力学的意味づけ

三鼓室小骨の各々につき、種々なる部位によつて叢状骨質の厚さがどのようになつているかを詳しく詳細に観察すると (Table 2, Fig. 1.), まず槌骨においては頸後内側、小頭頂が最も厚く、頸外面、小頭外面がこれに次いで、短突起内面、柄内面上方の順に薄くなつていく。そして柄には該骨質はほとんどみとめられない。

つぎに砧骨では体上側、後側が厚いがそれ以外の場所もほとんど同じ程度の厚さである。このように小骨の部位によつて骨皮質の厚さに差があるという事実は如何なる意味をもつものであろうか。

この問題につき参考の資料として骨格骨における外基礎層板の厚さについて観察すると腓骨では骨皮質は最も厚く、大腿骨、上膊骨、橈骨の順に薄くなつており、しかも骨の鞏固度は大凡それと一致するという。この骨の鞏固度という問題に関連して山田(1950)は骨皮質の材料力学的研究を Amsler 式抗張抗圧試験機を用いて行つたが、骨層板に垂直な方向の圧縮強さは平行方向の強さより人骨においてはかけた重量で 20% だけ小さく、又骨層板に垂直な方向の破壊強さは平行な方向の強さより人骨で 5% だけ大きいと云う。

いまこゝで骨格骨において胎生時の叢状骨質が後に外基礎層板に置きかわることより考えて、直ちに鼓室小骨の叢状骨質に対して外基礎層板の性状を転用してその鞏固度を云々することは飛躍であるかも知れないが、鼓室小骨各部位の叢状骨質の厚さに差があることは如何なる力学的の意味をもつものかについて考察してみることにする。

槌骨小頭、砧骨体の関節縁及び短脚附近、槌骨小頭下外角から頸外側附近、槌骨小頭頂、砧骨体上縁

において小範圍ではあるが皮質が厚いのは、その近傍に附着している靱帯によつて鼓室小骨が支えられてこの部分に力が凡そ垂直に作用しているものと考えられる。

次に槌骨全体として頸の後内側と前外側とを比較すると、鼓膜に密着した柄と短突起外側から頸を経て小頭方向に力が作用するさいに頸後内側の方が前外側より強い力が働いてもよい構造をもつものと考えられる。

砧骨では皮質の厚さは部位によつて余り大きい差はないが、体後縁、長脚後側に比較的厚い場所があるのは砧骨関節面にかゝつた力が長、短両脚に作用する分岐点としてこの場所に補強的の意義があるものと考えられる。

鎚骨では小頭、頸の側面が厚いのは、砧骨豆状突起からの力を受けて、頸下部から両脚へ作用するによい構造をもつものと考えられる。

罅隙線の走行とその意味づけ (Fig. 2, 3)

罅隙線の走行は Benninghoff (1925) の云つていくように刺針箇所にある線維の走行に大凡一致している。槌骨においては、その柄は Anson and Bast の軟骨内化骨層即ち Oesterle, Wustrow の編状骨質が主で石灰化した軟骨やハウアース層板があるが、やはり罅隙線をつくるとそれは線維の走向にほぼ一致して現れる。一般に罅隙線は骨に加わる力線に適応し、且罅隙線より推定される構築は一種の機能系統と解せられている。

そこで本文中に記した罅隙線の走行に基づいて小骨の各部に作用する力の様相につき考察してみるに、まず槌骨柄では罅隙線はその尖端からはじまり柄の長軸に沿つて、短突起からの力も合せて頸を経て小頭に向つて流れているが、柄後面から頸内方に向つて走る線系があるので、鼓膜に附着した柄に加わつた力は頸を経て小頭に向つて流れると思われる。

又他方において柄後面から頸内方に走る線系があるのに反して、柄前面から頸内方に走る線系は存在しない。即ち槌骨柄はその頸部から小頭にかけての線走行から考えて、丁度錐のように柄の長軸を軸として捻転するのに適しているように思われる。また長突起と頸の一部に乱れた線系があることは、槌骨長突起靱帯、外側槌骨靱帯によつて槌骨が前や外の

方向から支えられているのに適した構築を示すものと思われる。更に目を転じて槌骨小頭における線系を観察するに、その外側には外側頂角に向つて一個の線系が集つてゐる以外に、全体として乱れてゐるのは小頭に加えられたあらゆる方向からの力に抵抗するのに適した構造である (Fig. 2A, 3A)。

次に砧骨における状態を考察すると、砧骨体においてもその外面上半部に乱れた線系があるのは、あらゆる方向からこの部分に作用する力があるので補強されているものと解せられるが、一部に体の上方に集つてゐる線系があるのは、槌骨小頭の場合と同じくこの部に附着せる靭帯たとえば砧骨靭帯による牽引力が作用してゐてもよい構造をもつてゐるものと考えることができる。また体より短脚に向つて罅隙線は体の内面上方側と、外面下方側から集るようになつてゐることは、砧骨の槌砧関節面から短脚に向う方向への力に対して強い構造であるばかりでなく、なお短脚の長軸を軸とする迴転運動をするに當つて構造上極めて強くつくられてゐるものであることが解るのである。しかもこの軸は、従来云われている鼓室小骨の振動時における砧骨の迴転軸にほぼ一致してゐる。

また砧骨長脚には体内面前側と、外面後側からお互にねじり合うように長脚尖端に向つて集る線系があることは、全体として砧骨の槌砧関節面に直角な方向に加わる力が長脚の尖端方向に向つて作用するのに対処する以外に、長脚の長軸を軸としての捻転運動に適した構造をもつてゐるものと思われる。

鼓室小骨が振動する際に、刺激音の高低によつて槌骨、砧骨が一つの剛体となつて動くことゝ、両脚間に関節作用がはたらいて振動することが観察されているが、前に述べた槌骨頭に牽引の支えがあつて槌骨柄の長軸を軸として頸の方向に捻線系があることゝ、砧骨長脚にもやはり長軸を軸として長脚尖端方向へ捻線系があることは、この種の運動に極めて適した構造であると見ることが出来る。体後縁即ち長、短両脚の分岐点では長、短両脚を連ねるやうに罅隙線が走行してゐることは、この部が長、短両脚へ向つて二つの方向に分れて作用する力に対し、その分岐点としての両脚間部を補強する橋樑の意義

を示すものと考えられる (Fig. 2B, 3B)。

鐙骨において表面に生ずる罅隙線走行の様様よりそれに加わる力の作用につき考察するに、まず鐙骨小頭から両脚に向つて二つの方向に流れる線系は、これと平行に作用する二つの方向の力を想像せしめるものであり、また鐙骨小頭とは反対側で底側両脚間を連ねる如く弧状に走る線系があるのは小頭から加わつて両脚に向つて分れる力に対し両脚間の補強樑的の支えの作用をもつものとも見做すことができる。鐙骨底ではその周辺に沿つて輪状にそれととりかこむやうに走る線系があることは、扁平な骨即ち鐙骨板面に對し垂直に加わる力に抵抗するのに適していることを物語るものであろう。直脚が前方にあり、彎脚が後方にあつて、両脚の底附着部を運搬する線と底の長軸線とは一致することなく互に斜交してゐること、及び底面前端部には小範圍ではあるが底面の長径方向と縦に交る罅隙線系があることから考えると、底面の前下部が強力につくられてゐることが想像され、従つて底面の前下方向につよく力が作用することが想像されるから前端が後端よりも、又下端が上端よりもよく運動するのに適してゐるものと思われる。このような鐙骨底の長軸を軸とする鐙骨の運動は Békésy の述べた音響振動に對して行ふ鐙骨の振動のうち、音響が極めて大きい場合にとると云う底板の一つの迴転運動に相当するものである (Fig. 2C, 3C)。

関節面にみられる罅隙線の様相から関節面の形態の意味やこれに作用する力について考えてみよう。まず槌、砧関節についてみるに、槌骨の関節面に二個處で内後方に集る線系があることは構造的に云つてその場所に内後方に向い作用する力がかゝつてもよいことを物語るものであり、又砧骨では罅隙線の走行が槌骨との関節面の上半面は砧骨の内、外側を連ねる方向に並び、下半面は外側から内方に向つて集合するようになつてゐるから (Fig. 2. B.)、関節面の上半面は内外の方向に滑走し、下半面は外側から内方に圧迫を受けるのに適した構造であると思われる (Fig. 3. B.)。

このような槌、砧関節面に対して考えられる力の方向はすでに Helmholtz が両関節面及びその周辺の形態から、一方向の迴転にのみ動作する時計鍵関

節 (Uhrschlüsselgelenk) なる言葉でこの 関節の 營む運動の意義を表明したことよく一致するところであり、その後実験的にも槌骨は砧骨に対し内方への運動のときより、外方へより多く運動し得る関節であることが証明されており極めて興味深く感ずるものである。

つぎに砧、鐙関節について考察しよう。砧骨長脚尖端にある豆状突起面では罅隙線はその中心に向つて集る傾向もあるが主として上下方向に走っている。一方鐙骨小頭関節面には同心円状の罅隙線があつて中央が凹んでいることからこの関節を形作る両面に加わる力の作用を考えると、Kobrak が中耳伝音の実験的観察で云つている鐙骨底長軸に平行な軸の廻りを廻転する Gleit-und Kugelgelenk としての砧鐙関節運動に適合して作られている如く想像される。

槌・砧並びに砧・鐙両関節縁にはそれぞれの関節面をとりかこむように輪状の線系があることは、関節運動が行なわれる場合関節面に対して補強的意義をもつものと考えられる。又両者何れの関節においてもその外側にある関節靱帯では二つの小骨を結ぶように靱帯の罅隙線は横走して関節軟骨の線系との方向が関節上半部は斜交し、下半部は直交していることは関節運動に際し関節構造を強固にするために極めて合理的であると解せられる。

5. 結 論

人間の鼓室小骨 40 例を材料として、罅隙線をつくり骨緻密質の構築を見、又骨皮質の厚さを測定して、その構造に関する力学的考察を行った。

1) 骨皮質の厚さ

槌 骨

1. 頸後内側、小頭頂が最も厚い。
2. 頸前外側、小頭前外側が次いで厚く
3. 柄には骨皮質はほとんど認められない。

砧 骨

1. 体上側、体後下縁が最も厚い。
2. それ以外の部位はほとんど同じ厚さである。

鐙 骨

小頭と頸の側面が最も厚い。

2) 罅隙線の方 向

槌 骨

1. 柄の尖端から、その長軸に沿つて頸を経て小頭へ走る。
2. 柄の後内面から頸内側に走るが、柄の前外面から頸内側へ走る線系はみとめられない。
3. 小頭では線系が乱れている。
4. 関節縁にはそれを囲むような輪状の線系がみられる。
5. 関節面には二箇処に集る線系群がある。

砧 骨

1. 体内面では上半部から短脚へ、下半部から長脚へ走る線系群がみられる。
2. 体外面では上半部では線系は乱れていて、下半部から短脚へ走る線系がある。
3. 体後下縁には短脚と長脚とを連ねる線系がある。
4. 関節縁ではそれを囲むように輪状の線系がある。
5. 関節面では上半部には内外の方向に平行に走る線系があるが、下半部では外側から内方に集る線系がみられる。

鐙 骨

1. 小頭から頸を経て両脚に分れる線系がある。
 2. 両脚間を囲む輪状の線系もある。
 3. 底では周辺に沿う輪状の線系がみられる。
 4. 小頭頂の関節面には同心円状の線系がある。
- 以上の構造を根拠として力学的考察を試みた。即ち

槌 骨

1. 柄から頸を経て小頭に力が及ぶのに適した構造をもつ。
2. 柄後面から頸内側の方向に把の捻転するのに対し強い構築をしている。
3. 槌骨小頭、砧骨体の関節縁及び短脚附近、槌骨頸の外側、槌骨小頭頂、砧骨体上縁等に該骨を支持する靱帯が附着し、この部分に力が凡そ垂直に作用している。
4. 小頭では各方向からの力に対し平等に強い構築をもつ。

砧 骨

1. 槌砧関節面から短脚に向う方向への力に対し

て強い構造であるばかりでなく、短脚の長軸を軸とする廻転運動をするに当つて構造上極めて強くつくられている。

2. 槌砧関節面に加わる力が長脚の尖端方向に向つて作用するに對処する以外に、長脚の長軸を軸としての捻転運動に適した構造をもっている。

3. 体後下縁に長、短両脚間の補強枠的の意義がみとめられる。

鑑 骨

1. 小頭から両脚に向う力に対して強く構築されている。

2. 両脚間の弓窿部には補強枠的意義がある。

3. 底はその面に垂直に加わる力に抵抗するに適している。

4. 底にはその長軸を軸とした廻転運動に適した構築をみとめる。

関 節

1. 槌・砧関節は両関節面に作用する力の方向から推定して時計鍵関節であることを証明することができる。

2. 砧・鐸関節は Gleit-und Kugelgelenk としての構築をもっている。

3. 関節靭帯の走行と関節縁との構造関係は機能的に極めて合目的であることを認める。

6. 文 献

1) 浅理克己：人胎兒下顎骨罅隙線に関する研究，解剖誌，27 卷，101 頁，昭和 27 年。2) *Bast, T.H. and Anson B.J.*: The Temporal Bone and The Ear, 1949. 3) *Békésy, G.V.*: Ueber die Mechanischakustischen Vorgänge beim Hören, *Acta Oto Laryng.* 27; 281~296, 388~396, 1939. 4) *Benninghoff, A.*: Spaltlinien am Knochen, eine Methode zur Ermittlung der Architektur Platter Knochen, *Verh. d. Anat. Ges.* 34; 189~206, 1925. 5) *Benninghoff, A.*: Ueber die Anpassung der Knochenkompakta an Geänderte Beanspruchungen, *Anat. Anz.* 63; 289~299, 1927. 6) *Bruhne, J.*: Ein Beitrag zur Struktur der Knochenkompakta bei Quadrapeden, *Gegenbaurs Moph.*

Jahrb. 61; 555~588, 1929. 7) *Bryant*: Bemerkungen zur Topographie der normalen menschlichen Paukenhöhle, *Arch. f. Ohrenheilk.* 34; 96~98, 1893. 8) *Dahmann, D.*: Zur Physiologie des Hörens; Experimentelle Untersuchungen Ueber die Mechanik der Gehörknochenkett, Sowie über deren Verhalten auf Ton und Luftdruck, *Zschr. f. Hals-, Nasen-, u. Ohrenheilk.* 24; 462~497, 1929. 9) *Eckert, A. and Möbius*: Mikroskopische Untersuchungstechnik und Histologie des Gehörorgans, aus *Denker-Kahlers Handb d. Hals- Nasen- Ohrenheilk.*, 1926. 10) *Fumagalli, Z.*: Ricerche morfologiche Sull apparats di trasmissione del suono (Soundconducting apparatus: A study of morphology) *Arch. ital di otol.* 60; Suppl. 1, 1949. 11) *Gebhardt, W.*: Über funktionell wichtige Anordnungsweisen der feineren und gröberen Bauelement des Wirbeltier Knochens, *Arch. f. Entwickl. Mechan. d. Organism.* 20; 187~322, 1906. 12) *Helmholtz, H. V.*: Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells, *Arch. f. d. gesamte Physiol. (Pflüger)*, 1; 1~60, 1868. 13) *Henkel, K.Q.*: Vergleichend-Anatomische Untersuchungen über die Struktur der Knochenkompakta nach der Spaltlinien Methode, *Morph. Jahrb.* 66; 22~45, 1931. 14) 平尾健三：人胎兒軀幹骨の罅隙線について，医学研究，20 卷，10 号，1166~1177 頁，昭和 25 年。15) 神足富夫：人胎兒肩甲骨罅隙線の研究，解剖誌，25 卷，4 号，193 頁，昭和 25 年。16) *Kobrak, H.G.*: Experimental observations on sound conduction in the middle and inner ear, *Ann. Otol. Rhin. a. Laryng.* 62; 748~756, 1953. 17) *Köbele, M.*: Untersuchungen über die Variationen der durch die Paukenhöhle und deren Pneumatische Nebenraume verlaufenden Nerven, Sehnen, Bänder und Schleimhautfalten, *Zschr. f. Ohrenheilk.* 60; 14~40, 1910. 18) *Kostelikh, P. J.*: Theories of Hearing, 1950. 19) *Klaauw,*

- C.J.: Bau und Entwicklung der Gehörknöchelchen, *Ergeb. d. Anat. u. Entwickl.* 25; 565—622, 1924. 20) 古賀栄造: 手根骨緻密質の力学的構築に関する研究, *解剖誌*, 27 卷, 92 頁, 昭和 27 年. 21) Möllendorff, W.: *Handbuch der Mikroskopischen Anatomie des Menschen* 3, 1927. 22) 大井敏雄: 日本人膝関節の研究, 其の 4, 膝関節面軟骨縛隙線に就て, *十全会誌*, 35 卷, 1—80 頁, 昭和 5 年. 23) Oesterle, F.: Ueber den Feinbau der Gehörknöchelchen und seine Entstehung, *Arch. f. Ohren-Nasen- und Kehlkopfheilk.* 135; 311—327, 1933. 24) Politzer, A.: Anatomische und Histologische Zergliederung des Menschlichen Gehörorgans, 1889. 25) Richany, S.G.F., Bast, T.H. and Anson, B.J.: The development and abult structur of the Malleus, Incus and Stapes, *Ann. Otol., Rhin. a. Laryng.* 63; 394—434, 1954. 26) 坂口幸介: 骨緻密質の構造について, *医学研究*, 9 卷, 3 号, 629—707 頁, 昭和 10 年. 27) Szymonowicz, L.: *Lehrbuch der Histologie und der Mikroskopischen Anatomie*, 1924. 28) Wustrow, K.: Ueber den Knochenfeinbau in Hammer und Amboss, *Zschr. Laryng.* 33; 206—223, 1954. 29) Wollff and Eggston: *Histopathology of the EAR, Nose and Throat*, 1947. 30) 山田博: 骨の強さに関する研究, *解剖誌*, 25 卷, 4 号, 197 頁, 昭和 25 年. 31) 山根博成: 胎児骨緻密質の構築, *医学研究*, 22 卷, 10 号, 1283—1297 頁, 昭和 27 年. 32) 山本政明: 喉頭軟骨, 気管及び肺表面に於ける縛隙線に就て, *医学研究*, 20 卷, 923—941 頁, 昭和 25 年. 33) K. Okashima: Spaltlinienuntersuchungen an Gehörknöchelchen und äusserem Gehörgang, *Z. Laryng.* 25; 327—336, 1933.

拙筆に当り、教室主任切替一郎教授の御指導と、本稿の校閲に対し深甚の謝意を表する。

(原稿到着＝昭和 30.10.31 日)

Fig. 1. 骨皮質の厚さ

Fig. 2. A 右槌骨