左側々頭面の振幅が比較的大きく、3, 7, 17, 19, 26 及び 27 の振幅が比較的小さく、全ての振動位相は同じである。矢状方向では同様 3, 7, 17, 19, 26, 27 及び側頭面の振幅が比較的小さく、5, 18, 27, 29, 22 及び 11 の面を境として振動位相が逆である。垂直方向ではドイツ水平面を境として振動の位相が逆である以外には著明な特長はない。

表Bでは矢状方向の振動は顔面及び後頭面の振幅が比較的大きく、3, 12, 17, 16, 29 の振幅が小さく、振動の位相は全て同じである。顔面方向の振動は側頭面の振幅が比較的大きく、3, 12, 17, 26 及び 29 の振幅が同様に小さく、振動の位相は 14, 24, 30, 31, 19 及び 7 の面を境として逆位相である。垂直方向の振動は 2, 3, 4, 5, 6, 10, 22, 30, 23 及び 24 を通る面を境として振動の位相が逆である。

1000 cps での頭蓋振動は表Aでは顔面方向の振動は 5, 10 及び 11 の振幅が大きく、4, 7, 12, 18, 19, 21, 22 及び 27 の振幅が比較的小さい。振動の位相は 4,

5, 8, 13, 14, 18, 20, 21, 23, 24, 28, 29 及び 30 と他の部分とは逆位相である。矢状方向の振動は 2, 8, 14, 15, 16, 20, 24 及び 28 の振幅が大きく、4, 7, 12, 18, 19, 21, 22 及び 27 の振幅が小さい。振動の位相は 5, 18, 27, 31, 29, 21, 10 を通る面を境として逆轉している。垂直方向の振動は 1 及び 31 が他の部分に比して大きい。振動の位相は 2, 3, 4, 5, 7, 8, 21, 22, 23 の面を境として位相が逆である。

1000 cps の表Bでは矢状方向の振動は 8, 14, 16, 20, 24 及び 25 で振幅が比較的大きく、1, 3, 7, 9, 13, 17, 19, 21, 23, 26, 28 及び 30 が小さい。振動の位相は 2, 6, 10, 14, 16, 17, 19, 21, 24, 25, 26, 27 及び 29 と他の部分とは逆である。顔面方向では 5, 11, 18, 22 及び 27 が大きく、振動の位相は 14, 24, 30, 29 及び 20 を通る面を境として逆轉する。垂直方向では 1 及び 31 が振幅が大きく、2, 3, 4, 5, 7, 8, 21, 22, 23 の面を境として位相が逆轉する。

(原稿到着＝昭和 28.9.4 日)

S. KAWAMURA, M.D.: EXPERIMENTAL STUDIES ON THE VIBRATION PATTERNS OF THE HEAD

頭蓋の振動とその様式に関する実験的研究 (2)

東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任 切替一郎教授)

医学士 河村 正三
カワムラ ヨシサダ

第4章 総括並に考按

第1節 本実験方法の吟味と考察

使用した装置の特性は Fig. 2 に示した如くで比較的平坦である。即ち駆動器及び受振器は共にロッシェル鹽結晶を裸のままで使用したため周波数特性が比較的良好であつた。

実験室は振動の少ない場所が良い。本実験を行つたのは鉄筋コンクリート造りの建物であるが、廊下を歩行する際の振動等は敏感に受振器に感じた。これ等を防ぐため成るべく静かな夜半に実験を行い、低音をカットするか或いは帯域濾波器を使用した。

精密な振動を測定するには駆動器及び受振器の壓抵面は極めて小さくしなければならない。実験に用いた受振器の壓抵面は $3 \times 2 \text{ mm}$ 、駆動器は 0.5×2

mm の面積を有している。節線は理想的な線であるため、実際には振動していない線を探すことは不可能であり、この場合は位相の變化を目標にしなければならなかつた。

次に受振器で振動を受けた場合、振動の波形を常に注意深く観察して、若し波形が歪むような場合にはその原因を追究して取除かねばならなかつた。たとえ一見正弦波であつても時に頭蓋が倍音を出している場合がある。例えば 1200 cps で頭蓋を振動させている場合、勿論 1200 cps の振動が起つているが、それよりも非常に大きく 2400 cps の固有振動数で振動するようなことがある。この場合に正弦波は歪むのであるがブラウン管ではその歪を發見することは不可能である場合がある。故に常に振動の周

波数を観察していなければならない。波形が歪んだり或いは倍音が出たりする場合の最も多い原因は刺戟音の強さが強い場合である。それ故実験には出来るだけ小さい音を使用しなければならない、そのため小さい雑音にも障害を受ける原因となる。

受振器及び駆動器の支持法について特別の注意を拂つた文献はないが、余り強くこれを固定台に支持すると固定台の振動が起り實驗結果を誤る。本實驗では受振器及び駆動器を柔いゴム板に貼付して、このゴム板を固定台に取付けその影響を防いだ。

頭蓋の支持には最も慎重を要する。頭蓋の固定方法が悪いと測定対象が變化する。頭蓋の支持については原田、星野及び加納の記載があるのみで他の人は如何に支持したかは文献上推察することは出来ない。加納は晒白頭蓋骨を鉄鉤で固定台に強く固定して、その固定台を更に萬力で机に取付けている。この場合頭蓋骨と鉄鉤との間にはゴム、綿を使用しているが衝撃によつて動かぬようにするためには相當強く固定したものと思像される。ゴム及び綿はその壓力で壓迫されてその固さは相當強くなるであろう。このような方法では頭蓋骨と固定台と机とが全く一つの振動体として振動すると考える。しかもその質量は晒白頭蓋骨に比し机等が余りに大きい。これに比し原田及び星野は柔いフトンの上か膝の上に頭蓋骨をのせて振動を測定した。然し本實驗の如く電氣的な方法で微弱な振動を測定する場合には駆動器或いは受振器の接觸が少し變化しても實驗結果は全く變化する。即ち本實驗ではなるべく柔く頭蓋を支えるために前記の固定方法を行つた（第2章、第2節、第2項）。

次に頭蓋を固定した台を机上にのせて實驗を行つたのであるが、實驗の初期には固有振動の山が 100～500 cps の間に大きく現れたので、これが頭蓋の固有振動数であると考え節線の位置を探したが節線と考えられるものが駆動器の位置を變化させると全く異なつた位置に變る。偶然に同じ机の上に約 20 貫位の物体をのせたと同じ實驗を行つた所上記の山は消失した。即ち机の固有振動数が 100～500 cps であり、机に大きな質量が加つたためにその固有振動数がずつと低音に移動し、又減衰が大きくなつたために影響が少くなつたと考える。本實驗の如く頭

蓋骨と机とは相當柔かく連結されているにも拘らず机の振動に強く影響された。この事實より上記の如き加納の實驗では一層机の影響を受けたのではないかと考えられ、更に彼が頭蓋骨の固有振動数は 300～600 cps であると報告しているのは著者の先きの失敗した周波数と余りにも一致している。

固有振動数を測定する最も簡単な方法は加納が行つた如く頭蓋に打撃を與えその時の頭蓋の振動数を分析すればよいのであるが、この方法では多くの固有振動数を發見することは困難である。Békésy は 2 個の受振器を頭蓋の前と後とにあて置き、種々の周波数で頭蓋を振動させて、前と後との振動位相が逆になる周波数を最初の固有振動数とした。この方法は物理的に考えて不合理である。著者の用いた方法は小橋が鐘の振動を測定するのに用いた方法と同じで、比較的簡単に多くの固有振動数を測定するのに便利である。實驗裝置の周波数特性が固有振動の測定に關係しないように各周波数で出力を加減した。しかし一定の節線が存在することにより固有振動数は決定的となる。

低周波数で突出を作つて種々の方向の振動を測定しようとしたが實際には受振器の性質上一方向の振動のみを測ることは不可能である。受振器のあて方によつてその方向の振動が他の方向の振動に比して比較的良く測定出来るにすぎない。

第2節 本實驗成績の總括並に考按

頭蓋の固有振動数を測定しようとしたのは Frey, Goldberger & Schön, Békésy 及び加納である。Frey 及び Goldberger 等のいう固有振動は定義に於いて既に誤りである。Békésy は振動の位相の測定より頭蓋の最初の固有振動数は 1800 cps 附近であることを發見した。加納の實驗は衝撃音を與えて振動数を分析して 300～600 cps で頭蓋が共鳴すると記載している。

著者の測定成績は Table I に示した如く種々條件の異なつてゐる頭蓋に於ても最初の固有振動数は 1700 乃至 1800 cps である。この結果は Békésy の測定結果と全く一致している。1800 cps より高い固有振動数についての測定は未だ文献上より見出せない。

晒白頭蓋骨Ⅰの固有振動数は 1800, 2100, 2500, 2700, 3100, 3200, 3500, 3700, 4000 cps で晒白頭蓋骨Ⅱは 1700, 2000, 2300, 2700, 2900, 3200, 3800 及び 4000cps 晒白頭蓋骨Ⅲは 1800, 2000, 2400, 2600, 3000, 3400, 3700 及び 3900 cps である。晒白頭蓋骨の大きさはⅢが最も大きく、次いでⅠ、最も小さいのはⅡである。形も各々特長があり正確には相似形ではない。固有振動数は非常によく一致しているが各々少しずつではあるが異なっている。即ち固有振動数は頭蓋骨により多少は異なっているが全体としてはよく似た数値を示す。尚ここにあげた固有振動数は比較的良好に現れた 4000 cps までのものであるが、これよりも高周波数にも多数存在している。

次に實際の人間の頭蓋は、晒白頭蓋骨と骨自身の性質も異なっているが、頭蓋腔の中に大きな質量をもつ腦の存在が振動に大きく作用するのではないかと考えられる。頭蓋骨の中に水或いはゼラチンを満たして同様の實驗を行つたが、固有振動数に変化はなかつた。ビーカーの中に水を入れるとビーカーの固有振動数は約半分位に減少する。晒白頭蓋骨で変化しないのは頭蓋骨壁の厚さが相當あるためか或いはその構造が複雑なためである等種々の理由が考えられるが明らかではない。

最後に生きた人間の實際の頭蓋振動を測定しようと種々試みたが、血管内血流、呼吸等微弱な振動でも測定に大きく影響するので屍体の頭蓋について測定した。この場合も、皮膚を有していてもいなくても固有振動数には変化はない。即ち 1800, 2120, 2700, 3100, 3800 cps である。これと晒白頭蓋骨のとを比較してみると 2500, 3200, 3500 cps の固有振動数が屍体では存在していないが、他はやはりよく一致している。即ち頭蓋の固有振動数は頭蓋に附随している軟部組織には余り影響されないという結論になる。然し頭蓋骨に質量が加つた場合減衰が増加するため固有振動数の曲線の山は低くなだらかなる傾向がある。即ち共鳴の現象が明確でなくなる傾向をもっている。

頭蓋振動に對する軟部組織の影響については Fremel, Wodak, 原田及び星野等は影響を及ぼさないと述べ、Wanner 等は影響があると述べている。著者の測定では振動の強さに影響するが、振動の方

法には影響しない。

次に固有振動の振動様式は Fig. 5~7 に示した如く最初の固有振動数では全ての場合に兩側の側頭部に圓形節線が2本生じている。即ちこの節線に囲まれた部分が凹むと他の部分は突出し、突出すると他の部分が凹む。恰もゴム球の2極を同時に押したり、引いたりした時のように振動する。Békésy は最初の固有振動 1800 cps で同様の振動をすることを述べているが、彼は頭蓋骨を理想的な球形と考えたために、節線の位置が振動を興える場所により變化すると述べている。實際の頭蓋骨は非常に複雑な形をなし、左右對稱形でもなければ勿論球でもない。著者の測定によると節線の位置は不動であり、逆にこのことがその周波数が固有振動数であるという確固とした證據にもなるのである。最初の固有振動の次の固有振動数では頭蓋骨Ⅰ、Ⅱ及び屍体では頭蓋を前後に取り巻くような2本の節線が存在し、頭蓋骨Ⅲでは4本の節線を示す。更に高い周波数になると節線は漸次複雑となる。即ち節線は最初の固有振動数のみは互によく似た圓形節線を生じるが、それでも頭蓋が異なるとその位置は多少違ってくる。それよりも高い周波数では益々複雑となり、各頭蓋で固有の振動様式を示し、その間には簡単な關係は見出せなかつた。即ち 1800 cps 附近より高い周波数では固有振動が多数存在しその振動様式も複雑である。

次に 1800 cps より低い周波数で頭蓋がどのように振動しているかをみるために、250, 500 及び 1000 cps の頭蓋の振動を測定した。文献上に見られる頭蓋振動の業績は大部分が 1800 cps 以下の振動を取扱つたものである。即ち Lucae, Kessel 及び Frey はA音叉を Urbantschitch はA及びc'音叉を、原田はA及びa音叉を、星野はA, C, c₁, c₂, c₃音叉を用いて實驗している。實驗方法は原田及び星野を除いては全て頭蓋表面に垂直な方向の振動のみを測定したもので、之については原田の述べる如く一方向のみの振動振幅だけでは頭蓋全体の振動を知ることは不可能である。即ち原田は頭蓋面上の多くの場所に於いて聴震器を種々の方向に變化させて最も振幅の大きい方向とその大きさを測定した。星野は右側鼓室前壁下顎關節面の中央で互に

Fig. 8

直角に交わる方向の振動を測定しているが、測定場所が1箇所であり、又振動を興えた場所が3箇所のみであるので頭蓋全体の振動を知ることは出来なかつた。著者は星野と同様に3方向の振動を測定したがその場所は頭蓋上31箇所であり、振動の強さのみでなく振動位相をも同時に測定した。測定成績はTable 2に示した。

各々の成績についての詳細は既に第3章に於いて述べたので、これを總括すると、250 cps. の振動では興えた振動と同じ方向の振動振幅は全ての場所で大体等しく、しかもその位相は全て同じであつた。興えた振動の方向と直角に交わる他の2方向の振動は興えた場所を境として逆位相に振動する。即ち250 cps. では Fig. 8 の A に模型的に示したように頭蓋が全体として平行に振動する。この成績は Bárány が氣導音と骨導音との關係から 435 cps で得た結果、即ち mass-movement と一致している。又原田は A 及び c' の音叉で頭蓋の振動方向は音叉をたてた位置より離れるに従い頭蓋面の切線方向になる傾向があり、切線方向になつた場合に振動の強さが最小となるが、この場所を過ぎると再び興えた振動の方向に向う傾向があり對蹠點で強さが最大となると述べている。この中で振幅の大きさを除いては著者の結果と同じことを述べているのである。振幅の大きさについては原田の測定方法では切線方向の振幅を測定することが困難であつたためこのような結果が出たのではないかと考えられる。

500 cps では興えた振動と同じ方向の振動の位相は全て同じであり、興えた振動の方向と直角に交わる他の2方向の振動位相は振動を興えた點を境として兩側で逆となる。又振幅の小さい場所は3方向で

共通していることはこの場所が節となつてゐることを示している。即ち 500 cps では Fig. 8 の B の如く振動を興えた場所を中心として圓形節線が1本現われる。この結果は Békésy が 800 cps で得た結果と似ている。

1000 cps での頭蓋振動は、興えた振動と同じ方向で位相は同位相の場所と逆位相の場所とが交互に存在して、他の2方向の振動の位相は振動を興えた場所を境として逆位相である。又振幅の大きさは3方向で共通に小さい場所が存在している。即ち 1000 cps では Fig. 8 の C の如く2本の圓形節線が現われる。この結果は Békésy が 1600 cps で得た結果と一致している。

更に 250, 500 及び 1000 cps の振動様式を確かめるために、頭蓋上の色々の場所に於いて頭蓋面に垂直な方向の振動位相の計測を行い Fig. 8 に示した振動様式で振動していることを確認した。

250, 500 及び 1000 cps の振動様式は固有振動のそれと異なつて振動を興える場所が變化すると節線が移動する。

以上の結果を綜合すると頭蓋は 250 cps 附近の低い周波数では全体として平行に運動する。即ち mass-movement を行う。500 cps 附近の周波数では圓形節線が1本現はれ、1000 cps 附近では2本の圓形節線が生じる。最初の頭蓋固有振動数は 1700 ~ 1800 cps でこの場合も2本の圓形節線が現われるが、その節線は振動を興える場所が節線上以外であれば何處に移動しても節線の位置は變化しない。これより高い周波数 2000, 2300, 2700, 3000 cps 等多くの固有振動数が發見出來た。又その振動様式は高い周波数となるに従い複雑となる。

Hirsh は Bárány 及び Békésy の実験結果より低周波数では頭蓋は mass-movement を行うのであるから内耳には直接振動が壓縮を及ぼすと考えられないので低周波数では骨鼓室傳導により骨導聴覺が生じ、高周波数では内耳壓縮により骨導聴覺が起る。即ち純粹骨傳導により聴覺が起ると考えた。然しこの推論の如く頭蓋の mass-movement と内耳壓縮とを直接に結びつけて考えることは危険である。頭蓋は全体としては平行に動いたとしても、それはあくまで近似値的であり、頭蓋は決して理想的な剛体ではない故内耳には壓縮は勿論のこと種々複雑な振動が起っていることが考えられる。何れにせよ頭蓋振動と骨導聴覺との間には多くの未解決の問題が存在している。

第5章 結 論

晒白頭蓋骨3個及び屍体頭蓋についてロッシェル鹽結晶を利用したビエゾ電氣的な装置により、頭蓋振動の振幅及び位相關係の計測を行い、頭蓋の振動とその様式について實驗的な研究を行つて次の結果を得た。

1. 頭蓋の最も低い固有振動数は 1700~1800 cps である。

2. 頭蓋の固有振動数は更に 2000, 2400, 2700, 3000, 3200, 3500, 3700 及び 4000 cps で、もつと高い周波数に數多存在している。

3. 頭蓋の最低の固有振動数に於ける振動様式を圖示した。左右側頭骨の周圍に2個の圓形節線が現われる。

4. 1800, 2000, 2400, 2700 cps の振動様式を圖示した。周波数が高くなるに従い節線の數を増し、形も複雑となる。

5. 頭蓋軟部組織は頭蓋振動の振幅の大きさには影響を及ぼすが、振動の様式殊に固有振動数には殆んど影響しない。

6. 250cps で頭蓋は全体として平行に mass-movement を行う。

7. 500cps で頭蓋は1本の圓形節線をもつて振動する。

8. 1000 cps で頭蓋は2本の圓形節線をもつて振

動する。

9. 250 cps 500 cps 及び 1000 cps の周波数で振動を與える場所が變はれば節線或いはその振動方法は規則的に變化する。

10. 骨導聴覺と頭蓋振動様式とについて考察した。

文 獻

- 1) E. Bárány: A contribution to the physiology of bone conduction: Acta otolaryng.; 26. 1-223, 1938.
- 2) B. Becker: Zones of the skull of maximal and minimal sound propagation: Laryngoscope; 42. 588-593, 1932.
- 3) G. v. Békésy: Zur Theorie des Hörens bei der Schallaufnahme durch Knochenleitung: Ann. d. Phys.; 13. 116-136, 1932.
- 4) G. v. Békésy: Vibration of the head in a sound field and its role in hearing by bone conduction: J. acoust. Soc. Amer.; 20. 749-760, 1948.
- 5) F. Fremel: Über die Knochenleitung bei Kopfschüssen; Monatschr. f. Ohrenheilk.; 52. 187-203, 1918.
- 6) H. Frey: cit. after Runge.
- 7) K. Goldberger u. S. Schön: Die neue Schädelresonanzprüfung u. ihre Bedeutung für die Ohren u. Nasennebenhöhlendiagnostik; Zeitschr. f. Hals usw. Heilk.; 12. 578-587, 1925.
- 8) A. Iwanoff: cit. after Runge.
- 9) J. Kessel: cit. after Runge.
- 10) A. Lucae: Untersuchungen über die sogenannte "Knochenleitung" u. deren Verhältniss zur Schallfortpflanzung durch die Luft, im gesunden u. kranken Zustande: Arch. f. Ohrenheilk.; 1. 303-317, 1864.
- 11) C. Ruf: Untersuchung über die Schallleitung im Schädel; Zeitschr. f. Hals usw. Heilk.; 31. 356-369, 1932.
- 12) H. G. Runge: Über die Lehre von der Knochenleitung u. über einen neuen Versuch zu ihrem weiteren Ausbau: Zeitschr. f. Hals usw. Heilk.; 5. 289, 1923.
- 13) H. G. Runge: Handbuch d. norm. u. path. Physiol., A. Bethe; S. 436, 1926.
- 14) V. Urbantschitsch: Über die von der Höhe

des Stimmgabeltones u. von der Applikationsstelle abhängige Schallleitung durch die Kopfknochen: Arch. f. Ohrenheilk.; 12, 207—220, 1877. 15) F. Wanner: Funktionsprüfung bei Lues: Verh. dtsch. Otol. Gesel.: 20, 229, 1911. 16) F. Wanner u. G. Gudden: Schallleitung der Schädelknochen bei Erkrankung der Gehirns u. seiner Häute: Neurol. Ztbl. 19, 883. 17) E. Wodak: Knochenleitung u. Lues: Monatschr. f. Ohrenheilk.; 54, 337—352, 1920. 18) 加納隆: 衝撃的刺戟による頭蓋振動の研究, 金沢大学, 松田教授開講 20 周年記念論文集, 293—313, 1952. 19) 河合, 大野: 骨伝導最少可聴閾値の測定, 日音響会誌, 8, 71—75, 1952. 20) 原田三杉: 骨伝導に関する研究, 大日耳鼻, 31, 85—123, 大 14. 21) 星野行恒: 歯牙より

する音伝達の研究, 耳鼻臨床, 22, 156—185, 昭 3, 耳鼻臨床, 24, 92—95, 昭 5. 耳鼻臨床, 26, 1—27, 昭 6.

稿を終るに臨み終始御懇切なる御指導と御校閲を賜わつた切替一郎教授, 併びに色色と御便宜をいたゞいた小林理研小橋豊博士と順天堂医大池田脩三教授に深謝し, 併せて研究に御協力下さつた戸塚・武藤・大島学士を始め教室員諸氏に感謝する。

本研究には昭和 26, 27, 28 年度文部省科学研究費の援助をうけた。

本論文の要旨は昭和 28 年 1 月及び 3 月の日本耳鼻咽喉科学会東京地方会例会及び昭和 28 年 11 月日本音響学会総会に於て報告した。

(原稿到着=昭和 28.9.4 日)

I. WATANABE, M.D.: A CLINICAL OBSERVATION OF 40 CASES OF MENIÈRE'S SYNDROME WITH PERIODICALLY REPEATED ATTACKS (TYPICAL MENIÈRE'S DISEASE)

週期性反復型メニエール氏症候 40 例の臨床的観察 (典型的メニエール氏病) (1)

東京大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任 切替一郎教授)

医学士 渡 邊 勲
ワタ ナベ イサム

目 次

- I 緒 言
- II 症例の選択条件
- III 臨床所見
 - 1) 年齢, 性別, 職業
 - 2) 全身状態及び既往症
 - 3) 耳鼻咽喉局所々見
 - 4) 迷路症状の既往症, 特に眩暈発作の消長
 - 5) 聴覚検査結果
 - 6) 前庭機能検査所見
 - 7) 治療及びその後の経過
- IV 考 按
- V 総括及び結語

I. 緒 言

メニエール氏病と呼ばれる獨立疾患は果して存在するであろうか?, 若しこれが存在するとすれば, その典型的な或いは基本的な臨床像はどんなものであろうか?.

これが本論文の中心問題である。

先ず原因不明の耳性眩暈に関する最近の内外の文献^{1)~18)}を通覧すると, 少數の例外^{17), 18)}を除いてメニエール氏病なる名稱を次の様な条件を満足する症例の 1 群に對して使用していると考えられる。即ち既にこれを臨床的に獨立疾患として取扱つているのである。