中耳圧変化の聴覚に及ぼす影響

— 蝸電図学的研究 —

花 田 誠

Electrocochleographic Study of Effect of Middle Ear Pressure Change on Hearing

Makoto Hanada

(Shiga University of Medical Science)

Middle ear pressure changes have been thought to cause sensori-neural loss as well as conductive hearing loss. To clarify the degree and mechanism, we used electrocochleography in guinea pigs to investigate electrophysiological changes in the inner ear while positive or negative pressure changes were applied only to the middle ear cavity (middle ear group), or to the external auditory canal and middle ear cavity simultaneously (external-middle ear group).

1) Significant reductions in action potential (AP) amplitude were found in the middle ear group receiving either positive or negative pressure, but there was no significant difference between the two groups. No significant reductions were found in the external-middle ear group regardless of whether positive or negative pressure was applied.

2) Significant reductions in summing potential (SP) amplitude and SP/AP ratio were found in the middle ear group receiving positive pressure. There was wide variation in the changes observed in the middle ear group receiving negative pressure. The external-middle ear group receiving negative pressure showed greater reductions in SP amplitude and SP/AP ratio than the group receiving positive pressure, implying a difference in the changes in stiffness of the inner ear windows between the two groups.

3) Rebound phenomenon in SP amplitude and SP/AP ratio was found in the middle ear group when positive pressure in the middle ear cavity was released, implying secondary effects on hearing due to inner ear pressure changes.

Key words : middle ear pressure change, electrocochleography, hearing

緒 言

近年、飛行・潜水等によって生じる気圧変化に伴う聴平衡器の障害(中・内耳圧外傷)に関する様々の報告がなされている^{1)~4)}。また、我々の日常生活においてこのような圧外傷を生じるような大きな圧変化に曝露されなくてもより小さな圧変化には曝露される機会は数多く存在する⁵⁾。このような場合、耳管による鼓膜内外の圧不均

衡が是正されなければ中耳圧変化が生じ、中・内耳機能に影響を及ぼし聴平衡覚に変化が生じる。

中耳圧変化の聴覚に与える影響については、Fowler⁶⁾がヒトで耳管から中耳に圧を負荷すると気導聴力のみならず骨導聴力にも閾値の上昇がみられることを報告して以来、数多くの報告がなされている。

Loch⁷⁾は、ヒトにおいてバルサルバ法により中耳に

陽圧・陰圧負荷を与えた時の聴力閾値に対する影響を調べた結果、陽圧負荷と陰圧負荷の場合では聴力低下のパターンが異なることを認めた。Kobrak⁸⁾はウサギとイヌを用いて中耳圧を変化させた時の聴力変化を鼓膜張筋反射の観察によって測定し、中等度中耳圧変化(80 mmH₂O)までは大きな聴力変化は生じず、高度中耳圧変化(264 mmH₂O)において陽・陰圧とも聴力低下が認められたことを報告した。また、Wever ら⁹⁾¹⁰⁾はネコにおいて中耳に陽圧・陰圧負荷を与えた時の気導および骨導刺激に対する蝸牛マイクロホン電位(CM)を正円窓より測定し、気導・骨導とも陽圧・陰圧負荷間(最大±660 mmH₂O)ではほぼ同程度の反応低下を認めたが個体差があり、また気導と骨導では異なった反応低下のパターンを示すことを認めた。これに対し McPherson ら¹¹⁾はモルモットにおいてやはり中耳圧負荷時(最大±500 mmH₂O)のCMを正円窓より測定し、陽・陰圧負荷間では陰圧負荷の方が反応低下が大きい傾向にある(asymmetrical effect と称している)としている。このように、中耳圧変化が単独に生じた場合の陽・陰圧変化による聴覚の変化の違いやその程度についてはいまだ見解の分かるところである。

他方に、外耳圧と中耳圧の変化が同時に生じた場合の聴覚変化に関するいくつかの報告もある。Rahm ら¹²⁾はネコにおいて外・中耳同時に陽・陰圧負荷を行った時の気導刺激に対するCMを正円窓より測定したところ、±4 inches H₂O (±102 mmH₂O)の圧負荷では特に変化を認めず、±20 inches H₂O (±508 mmH₂O)の圧負荷では(個体差が大きく圧負荷に問題がある可能性に言及しているものの)8 dBの反応低下を認めたとしている。Ohmura ら¹³⁾はモルモットにおいて外・中耳同時圧負荷時(最大±528 mmH₂O)のCMを測定し、陽圧負荷では有意な反応低下を認めなかったが陰圧負荷では有意な反応低下を認めたと報告している。これらの報告は、鼓膜内外の圧不均衡が是正されている場合でも中耳圧変化が生じると聴力低下が生じる可能性があることを示唆しているが、その機序は不明である。

また、外・中耳圧変化が平衡機能に変化をきたし内耳への影響を示唆する報告¹⁴⁾¹⁵⁾もあり、この現象は内リンパ水腫の存在が疑われる疾患(メニエール病¹⁶⁾、レルモワイエ症候群¹⁷⁾、先天性梅毒¹⁸⁾等)で多く認められ仮性瘰癧症状として知られている。

一方、蝸電図は内耳の電気生理学的変化を知る手段と

して極めて有用で、他覚的聴覚検査および内リンパ水腫存在の有無検索に広く利用されている。特に内リンパ水腫存在の有無検索の場合蝸電図波形(SP/AP比)が問題となり、上記のように中耳圧変化が中・内耳に影響を及ぼすのならば蝸電図波形にも少なからず変化が生じるはずであるが、外・中耳圧変化と蝸電図波形(SP・AP複合波形)の関係を調べた報告は乏しく、ただFerraro ら¹⁹⁾の報告をみるのみである。彼らは正常人において外耳圧負荷(最大±300 mmH₂O)を与えた時のSP・AP複合波形を鼓室外誘導にて記録したところ、陽・陰圧負荷によって共にSP/AP比の有意な増加を認めたと述べているが、外耳のみに圧負荷を行っているためSP・AP複合波形の変化が中耳圧変化のみによるものかどうかについては疑問が残る。

そこで本研究では、測定が簡便かつ非侵襲的であり聴覚機能検査としての意義がほぼ確立されているため現在臨床的に頻用されているSP・AP複合波形を指標として、①中耳圧変化が単独に生じた場合、陽・陰圧変化による聴覚の変化の様式やその程度に差があるのかどうか②外耳圧と中耳圧が同時に変化した場合、聴覚の変化が生じるのかどうか③臨床上前問題となるSP・AP複合波形の変化が中耳圧変化によって生じるのかどうか、等の点を明らかにする目的で、正常モルモットを用いて中耳圧負荷(陽・陰圧)を行なったときの蝸電図を記録し、中耳圧変化の聴覚および蝸電図波形(SP・AP複合波形)に及ぼす影響について調べ検討した。

方 法

実験動物はプライエル耳介反射正常なハートレイ系モルモット35匹(体重300~600 g)を使用した。ペントバルビタール(30 mg/kg)腹腔内注射による全身麻酔下に気管切開を施行した後、塩化ツボクラリン(1 mg/kg)で不動化し、人工呼吸器にて呼吸管理を行なった。

先ず動物を腹臥位に固定し、右耳介を切断後右耳後部を切開、乳突部骨胞を露出した。ここに径3 mmの小孔をあけ中耳圧負荷用シリコンチューブを挿入し歯科用セメントとエポキシ系接着剤にて固定した。このチューブは圧負荷装置(DANA Japan製)に接続した。また、右外耳道骨部には音刺激用および外耳圧負荷用シリコンチューブを挿入し歯科用セメントとエポキシ系接着剤にて固定した。次に、動物を背臥位に固定し、右下顎内側に皮切を加え、右中耳骨胞を露出した。骨胞に小孔を穿ち

耳管鼓室口および蝸牛全回転を明視下におき、歯科用セメントにて耳管鼓室口を閉鎖した。また、銀ボール電極を固定したガラスキャピラリーをマイクロマニピュレーターで蝸牛基底回転前庭階骨壁に密着させた。その後、小孔を歯科用セメントにて air tight に再び閉鎖した。不関電極は頸筋におき、音刺激は 90 μ sec square click を用い、三栄製音刺激用イアホーンを外耳道に挿入したシリコンチューブに固定し closed method で与え、最大音圧は臨床蝸牛電図との対応より 105 dB pe SPL とした。(音圧較正は体重の異なる数匹の動物より作製した外耳道模型により行なった。)

蝸牛電位の測定は三栄製 7S-11 signal processor を用い、加算回数 16 回、刺激間隔 125 msec、解析時間 20 msec、Low cut filter 8 Hz、High cut filter 4 kHz とした。

中耳圧および外耳圧負荷は、圧負荷装置により原則として ± 300 mmH₂O 負荷を行なった(予備実験の結果より蝸牛電位に明らかな変化を生じる最小の圧負荷として ± 300 mmH₂O を用いた)。すなわち、最初の 6 秒間で中耳圧および外耳圧を ± 50 mmH₂O/sec の速度で ± 300 mmH₂O に変化させ、蝸牛電位測定終了後まで一定に保ち、測定終了後上記の速度で中耳圧および外耳圧負荷を解除し、解除終了直後再び蝸牛電位を測定した。音刺激は中耳圧・外耳圧変化直後および圧負荷解除直後に与えて蝸牛電位を記録し、得られた SP・AP 複合波形より AP 振幅、SP 振幅、SP/AP 比%を測定した。AP 振幅および SP 振幅は基線からの高さとして計測した(図 1)。圧負荷に関しては、前の圧負荷による影響を避けるために 1 個体については 1 種類の圧負荷を 1 回のみ行い、上記のパラメーターを測定した。また、中耳骨胞に対する処置および測定中中耳腔内に生じる滲出液等の影響を検討するために圧負荷動物と同様の処置を施し圧負荷なしで蝸牛電位を測定した動物をコントロールとして用いた。なお、コントロール群・圧負荷群ともに蝸牛電位測定終了後中耳腔内を顕微鏡下にて観察し、明らかに滲出液貯留を認

図 1 AP・SP 振幅の定義

めたものは除外した。

実験のブロックダイアグラムを示す(図 2)。

図 2 実験装置の block diagram

結 果

中耳圧および中・外耳圧負荷による AP 振幅 (APamp.), SP 振幅 (SPamp.), SP/AP 比% (SPamp./APamp. $\times$ 100%) の変化を評価するために測定値の相対変化率 (relative) および絶対変化量 (absolute) を求めた。

相対変化率は

$$\frac{\text{圧負荷後の測定値}}{\text{圧負荷前の測定値}} \times 100(\%)$$

絶対変化量は

$$\text{圧負荷前の測定値} - \text{圧負荷後の測定値}$$

で定義される。AP 振幅および SP 振幅の評価には相対変化率 (relative), SP/AP 比%の評価には絶対変化量 (absolute) を用い、Wilcoxon 検定によって統計学的に解析した。

(1) AP 振幅(図 3)

コントロール群、中耳陽圧負荷群 (+300 mmH₂O)、中耳陰圧負荷群 (-300 mmH₂O) の変化率はそれぞれ $98 \pm 4\%$ (n=9), $90 \pm 5\%$ (n=9), $86 \pm 13\%$ (n=7) であり、コントロール群に比し中耳負荷群は陽・陰圧共に有意に減少した(陽圧: $p < 0.01$, 陰圧: $p < 0.05$)。陽・陰圧負荷群間では有意な差は認められなかったが陰圧負荷群の方がより大きな減少傾向を認めた。外・中耳陽圧負荷群 (+300 mmH₂O)、外・中耳陰圧負荷群 (-300 mmH₂O)

図3 中耳および外・中耳圧負荷時(± 300 mm H_2O)の AP 振幅変化率

の変化率はそれぞれ $100 \pm 4\%$ ($n=5$), $95 \pm 5\%$ ($n=5$) であり, コントロール群に比し陽・陰圧負荷群共有意な差はなく, 陽・陰圧負荷群間にも有意な差は認められなかったが陰圧負荷群の方に陽圧負荷群よりやや減少傾向を認めた。

(2) SP 振幅(図4)

コントロール群, 中耳陽圧負荷群 ($+300$ mm H_2O), 中耳陰圧負荷群 (-300 mm H_2O) の変化率はそれぞれ $94 \pm 7\%$ ($n=9$), $75 \pm 12\%$ ($n=9$), $85 \pm 26\%$ ($n=7$) であり, コントロール群に比し中耳負荷群では陽圧負荷において有意な減少を認めた ($p < 0.01$). 陰圧負荷においては測定値のばらつきが大きくコントロール群および陽圧負荷と

の間に有意な差を認めなかったが, 圧負荷後振幅が増加する例を2例認めた. 外・中耳陽圧負荷群 ($+300$ mm H_2O), 外・中耳陰圧負荷群 (-300 mm H_2O) の変化率はそれぞれ $98 \pm 12\%$ ($n=5$), $73 \pm 5\%$ ($n=5$) であり, コントロール群に比し陰圧負荷においてのみ有意な減少を認めた ($p < 0.05$). また陽・陰圧負荷間では陰圧負荷において陽圧負荷に比し有意な減少を認めた ($p < 0.05$).

(3) SP/AP 比(図5)

コントロール群, 中耳陽圧負荷群 ($+300$ mm H_2O), 中耳陰圧負荷群 (-300 mm H_2O) の変化量はそれぞれ $-0.8 \pm 1.5\%$ ($n=9$), $-4.1 \pm 2.8\%$ ($n=9$), $-1.4 \pm 4.4\%$ ($n=7$) であり, コントロール群に比し中耳負荷群では陽

図4 中耳および外・中耳圧負荷時(± 300 mm H_2O)の SP 振幅変化率

図5 中耳および外・中耳圧負荷時(± 300 mm H₂O)のSP/AP比
%変化量

圧負荷において有意な減少を認めた ($p < 0.01$). 陰圧負荷においてはSP振幅の場合と同様に測定値のばらつきが大きくコントロール群および陽圧負荷との間に有意な差を認めなかったが、圧負荷後SP/AP比%が増加する例を3例認めた. 外・中耳陽圧負荷群 ($+300$ mmH₂O), 外・中耳陰圧負荷群 (-300 mmH₂O) の変化量はそれぞれ $-0.2 \pm 1.5\%$ ($n=5$), $-3.6 \pm 1.9\%$ ($n=5$) であり, コントロール群に比し陰圧負荷においてのみ有意な減少を認めた ($p < 0.05$). また陽・陰圧負荷間では陰圧負荷において陽圧負荷に比し有意な減少を認めた ($p < 0.05$).

(4) 圧解除直後のAP振幅, SP振幅, SP/AP比%
中耳陽圧負荷群 ($+300$ mmH₂O) において, 圧解除後

AP振幅は全例ほぼ圧負荷前と同じレベルに戻ったが, SP振幅・SP/AP比%については圧負荷前のレベルより大きくなる現象(Rebound現象と仮称)を9例中3例(33%)に認めた(表1). 代表例($+300$ 及び $+500$ mmH₂O 負荷)を図6および図7に示す. このようなRebound現象は中耳陰圧負荷群 (-300 mmH₂O) 及び外・中耳陽・陰圧負荷群 (± 300 mmH₂O) では認められなかった.

考 察

中耳圧変化が単独に生じた場合について, McPhersonら¹¹⁾はモルモットの実験において陽・陰圧負荷間では陰圧負荷の方がCMの反応低下が大きい傾向にある

表1 Rebound現象を認めた中耳陽圧負荷例($+300$ mmH₂O)におけるAP振幅, SP振幅, SP/AP比%の変化

No	AP振幅 (μ V)			SP振幅 (μ V)			SP/AP比% (%)		
	圧負荷前	圧負荷後	圧解除直後	圧負荷前	圧負荷後	圧解除直後	圧負荷前	圧負荷後	圧解除直後
①	895	832	936	264	205	364	29	25	39
②	635	572	659	80	70	143	13	12	22
③	805	705	845	168	91	205	21	13	24

図6 +300 mm H₂O 中耳負荷および圧解除時の SP・AP 電位変化(矢印は SP を示す)

図7 +500 mm H₂O 中耳負荷および圧解除時の SP・AP 電位変化(矢印は SP を示す)

ことを認め、これは陰圧負荷の方が陽圧負荷より中耳のインピーダンスとトランスミッションに対して大きな影響を与えるためであると述べている。本研究において蝸牛神経の複合活動電位の大きさを示す AP 振幅を聴力変化の指標とするならば、中耳陽・陰圧負荷間において聴

力低下の程度に有意な差はなかったが陰圧負荷時の方がより大きな聴力低下傾向を認め、やはり陽圧負荷と陰圧負荷とでは中耳のインピーダンスおよびトランスミッションに対する影響の異なることが示唆された。

また外耳圧と中耳圧が同時に変化した場合について、Rahm ら¹²⁾ はネコにおいて陽・陰圧負荷時に、Ohmura ら¹³⁾ はモルモットにおいて陰圧負荷時にそれぞれ CM の反応低下を認めているが、本研究では外・中耳同時圧負荷において陰圧負荷の方が陽圧負荷より AP 振幅減少がやや大きい傾向を認めたが、陽・陰圧負荷間に有意な差は認められなかった。これは AP 振幅が蝸牛全回転の活動状態を総合的に示していることに加えて本研究における圧負荷の大きさが比較的小さい(±300 mmH₂O) ことによると思われるが、いずれにしてもこの程度の小さな中耳圧変化では外・中耳間の圧均衡が保たれている限り聴力そのものにはあまり影響を及ぼさないとと思われる。

さて、中耳圧変化が単独に生じた場合の聴覚路に生じる変化は Wever ら⁹⁾¹⁰⁾・McPherson ら¹¹⁾ によると次の3つが考えられる。

- (1) (鼓膜・耳小骨を含む)中耳インピーダンスの変化
- (2) 内耳窓 stiffness の増加
- (3) 内耳への影響

これらの要因が SP・AP 複合波形に及ぼす変化について以下考察する。

一般に、中耳インピーダンスは次式のように表わされる²⁰⁾。

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{S}{2\pi f} - 2\pi f M \right)^2}$$

Z : impedance, R : resistance

S : stiffness, M : mass

f : frequency

中耳圧変化が生じると鼓膜および耳小骨の stiffness が増加するため中耳インピーダンスは増加する。その結果として外界から内耳に伝達される音響エネルギーが減少し、SP および AP の振幅は共に減少するはずである。実際、本研究の結果においても中耳圧変化(陽・陰圧とも)によって AP 振幅の減少を認めたが、SP 振幅については陰圧負荷によって増加する例を認め、また中耳インピーダンスの変化の影響を除いた外・中耳同時陰圧負荷によって SP 振幅の減少を認めた。この SP 振幅の変化については中耳インピーダンスの変化のみでは説明が

つかない。

第2に内耳窓 stiffness についてであるが, Wever⁹⁾¹⁰⁾・McPherson¹¹⁾・Ohmura¹³⁾の述べているように内耳窓 stiffness の増加によってCMの反応低下が生じるのであれば, 同じ内耳有毛細胞起源の receptor potential と思われるSPの反応低下も生じる可能性がある。これについて本研究の(中耳インピーダンスの変化の影響を除いた)外・中耳同時圧負荷時の結果を見ると, 陽圧負荷ではSP振幅の有意な変化はなく陰圧負荷において有意な減少を認めた。Ivarsson²¹⁾は, ヒト側頭骨で上半規管に瘻孔をつくった上で外耳・中耳および正円窓等に圧負荷を加えたときの外リンパ液流動量を測定することによって正円窓・卵円窓の可動性を調べたが, その結果両内耳窓とも陽圧負荷時と陰圧負荷時の間に可動性の差はなかったと報告している。しかし, ヒトとモルモットでは蝸牛水管の疎通性が異なる^{22)~25)}ため外リンパ流動の様式も異なる可能性があり, Ohmura¹³⁾の報告とあわせてみてもやはり陽圧・陰圧負荷間では内耳窓 stiffness の変化が異なるためSP振幅およびSP/AP比%の変化に差がでたものと思われる。

第3に内耳への影響であるが, これについては以前より内耳圧変化の観点より比較的多くの報告がある。中耳圧変化時の内耳圧変化について, Densert²⁶⁾はネコの実験において中耳圧負荷時の外リンパ圧変化量は陰圧負荷時より陽圧負荷時の方が大きく圧解除時の外リンパ圧減衰速度は陰圧負荷時の方が大きいことより蝸牛水管には一方向性の開放性が存在すると述べ, Carlborg²⁷⁾がこれを確認している。Gyo²⁸⁾・西原²⁹⁾³⁰⁾・鈴木³¹⁾も同様の報告をしており, 中耳陽圧負荷の方が陰圧負荷より内耳への影響が大きいものと思われる。このように中耳圧変化時に内耳圧変化が生じるのであれば内耳圧変化による電気生理学的影響を考慮せねばならない。内耳への直接圧負荷実験としてAllen³²⁾はネコの蝸牛鼓室階にリンゲル液注入加圧負荷を行なった時CMの反応低下を認め, これは短時間圧負荷(5~10分間)では内耳伝音系 stiffness 増加, 長時間圧負荷(1時間)では内耳循環障害および有毛細胞障害がその原因であると述べている。Butler³³⁾はモルモットを用いて蝸牛前庭階または鼓室階にリンゲル液注入加圧負荷を行なった時, -SP振幅およびEP振幅は前庭階加圧にて増加, 鼓室階加圧にて減少し, CM及びAPの変化は軽微であったと報告している。竹田³⁴⁾はモルモットを用いて蝸牛鼓

室階に外リンパ等価液によって加減圧負荷を与えたときのSP・AP複合電位を記録し, 加圧負荷時にはSP振幅は減少し圧負荷解除にてovershoot現象がみられたことより, SPの変化は外リンパ圧変化による基底膜変位および内耳循環障害・内耳液組成変化等によって生じたものと推察している。以上のことより本研究の結果を考察してみると, APについては中耳圧負荷における変化が外・中耳同時圧負荷によってなくなることより内耳圧変化の影響はButler³³⁾の報告同様軽微であると思われる。SPについては, 中耳陰圧負荷においてSP振幅増加を認める例があることより蝸牛水管の疎通性の個体差による内耳圧変化の多様性がうかがわれる。しかし外・中耳同時圧負荷の結果において, 前述の報告例のように中耳圧変化時には陽圧負荷の方が陰圧負荷より内耳への影響が大きいのであればSPの変化は陽圧負荷の方が大きいはずであるが, 実際には陰圧負荷においてのみ変化を認めることより内耳圧変化よりもむしろ上述のように内耳窓 stiffness の変化による影響が大であると思われる。ただ, 中耳陽圧負荷において圧負荷解除時にSPのRebound現象を認めたことより, 竹田³⁴⁾の報告のように内耳圧変化による二次的な影響の存在も否定できないものと思われる。

最後に, このような中耳圧変化の臨床蝸電図における意義について考えてみる。臨床蝸電図におけるSP・AP複合波形はメニエール病をはじめとする内耳疾患の診断において重要な役割を果たし, 内リンパ水腫が存在するとSP/AP比の増加が認められる^{35)~38)}。Ferraro¹⁹⁾は正常人において外耳圧負荷を与えた時のSP・AP複合波形を鼓室外誘導にて記録したところ, 陽・陰圧負荷によって共にSP/AP比の有意な増加を認め, 中耳圧変化が内耳の流体力学的または機械-電気変換的な性質を変化させている可能性があるとし, SP/AP比を解釈する際には中耳圧の役割も考慮に入れねばならないと述べている。本研究におけるSP/AP比の変化とはヒトとモルモット, 外耳圧負荷と中耳圧負荷等の条件の差があるため単純に比較はできないが, いずれにしても中耳圧変化により臨床蝸電図の波形はかなり修飾されていると思われる。特に本研究での中耳陰圧負荷においては上述の3つの要因が複雑に作用し蝸電図波形を修飾しているが, SP振幅低下が認められる場合が多く, 中耳陰圧存在下では内リンパ水腫が存在してもSP/AP比の増加が過小評価される可能性がある。メニエール病症例の

中には耳管狭窄を合併するものが比較的多いという報告³⁹⁾もあり、内リンパ水腫存在下における中耳圧変化の蝸電図波形に及ぼす変化については今後更に検討を要するが、メニエール病の診断に際しては中耳圧変化の影響の可能性も考慮に入れてSP/AP比を評価すべきであると思われる。

総 括

中耳圧変化の聴覚および蝸電図波形に及ぼす影響を調べるために、正常モルモットを用いて中耳および外・中耳に圧負荷を与えた時の蝸電図を記録し、波形の変化およびそのメカニズムについて検討した。

1) AP 振幅については、中耳圧負荷において陽・陰圧負荷共に有意な減少を認めたが、陽・陰圧負荷間では有意な差を認めなかった。また、外・中耳圧負荷において陽・陰圧負荷共に有意な減少を認めなかった。

2) SP 振幅及び SP/AP 比%については、中耳圧負荷において陽圧負荷で有意な減少を認めた。陰圧負荷ではバラツキが大きく有意な差を認めなかったが、これは蝸牛水管の疎通性の個体差による内耳圧変化の多様性のためと思われる。また、外・中耳圧負荷において陰圧負荷では陽圧負荷より有意な減少を認め、陽・陰圧負荷間で内耳窓 stiffness の変化の差がうかがわれた。

3) 中耳陽圧負荷において、圧負荷解除時に SP 振幅及び SP/AP 比%の Rebound 現象が一部で認められ、内耳圧変化による二次的な影響の可能性がうかがわれた。

4) 以上の結果より、中耳圧変化によって SP・AP 複合波形の変化が生じることが示唆され、内リンパ水腫存在の有無診断の際、中耳圧変化による臨床蝸電図の修飾の可能性を考慮に入れた上で、SP/AP 比を評価すべきであると思われる。

謝 辞

稿を終るに臨み御懇篤なる御校閲を賜った北嶋和智教授に深謝致します。また、研究の機会を与えていただいた北原正章名誉教授、ならびに御助言をいただいた教室員の皆様に感謝致します。

本論文の要旨は第39回日本聴覚医学会総会(つくば市)にて発表した。

参考文献

- 1) 柳田則之：内耳気圧性外傷の基礎と臨床。耳鼻臨床 補3：20～32, 1986。
- 2) 大久保仁，寺邑公子，小山澄子，他：潜水(スクーバ)事故と耳管機能について。耳喉 59：573～578, 1987。
- 3) 西原信成，河村裕二，暁 清文，他：航空性外リンパ瘻例。耳鼻臨床 82：1233～1237, 1989。
- 4) 菊守 寛，久保 武，肥塚 泉，他：航空機搭乗により混合性難聴を来した症例。耳鼻臨床 83：1349～1354, 1990。
- 5) 千田忠男，上畑鉄之丞：新幹線列車乗務員室における気圧変化と耳症状について。杏林医会誌 13：461～466, 1982。
- 6) Fowler EP：Drum tension and middle ear air pressures；their determination, significance and effect upon the hearing. Ann Otol Rhinol Laryngol 29：688～694, 1920。
- 7) Loch WE：Effect of experimentally altered air pressure in the middle ear on hearing acuity in man. Ann Otol Rhinol Laryngol 51：995～1006, 1942。
- 8) Kobrak H：Influence of the middle ear on labyrinthine pressure. Arch Otolaryngol 21：547～560, 1935。
- 9) Wever EG, Bray CW and Lawrence M：The effects of pressure in the middle ear. J Exp Psychol 30：40～52, 1942。
- 10) Wever EG, Lawrence M and Smith KR：The effects of negative air pressure in the middle ear. Ann Otol Rhinol Laryngol 57：418～428, 1948。
- 11) McPherson DL, Miller JM and Axelsson A：Middle ear pressure；effects on the auditory periphery. J Acoust Soc Am 59：135～142, 1976。
- 12) Rahm WE, Strother WF, Lucchina G, et al：The effects of air pressure on the ear. Ann Otol Rhinol Laryngol 67：170～177, 1958。
- 13) Ohmura M, Satoh H and Honjo I：Influence of altered middle ear pressure on cochlear microphonics. Acta Otolaryngol (Stockh) 104：255～260, 1987。
- 14) 内藤 泰，八木伸也，伊藤壽一，他：中耳圧の体平衡におよぼす影響。Equilibrium Res 45：364～367, 1986。
- 15) 鈴木幹男，北原正章：中耳圧変化による前庭反射—足踏み検査を指標として—。Equilibrium Res Suppl 4：81～83, 1988。
- 16) Nadol JB Jr：Positive Hennebert's sign in Meniere's disease. Arch Otolaryngol 103：524～530, 1977。
- 17) 馬場完仁，坂田英治，大都京子：瘻孔症状の臨床診断学的意義に関する研究—その1：中耳炎，先天性梅毒に次ぐ第3の意義—。耳鼻臨床 79：1573～1580, 1986。
- 18) Hennebert C：A new syndrome in hereditary syphilis of the labyrinth. Presse Med Belg Brux 63：467～470, 1911。
- 19) Ferraro JA, Nunes RR and Arenberg IK：Electrocochleographic effects of ear canal pressure change. Am J Otol 10：42～48, 1989。
- 20) Gelfand SA：Hearing；An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics, 2nd Edition. pp 36～38, Marcel Dekker, New York, 1990。

- 21) Ivarsson A and Pedersen K : Volumepressure properties of round and oval windows ; a quantitative study on human temporal bone. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **84** : 38~43, 1977.
- 22) Ritter FN and Lawrence M : A histological and experimental study of cochlear aqueduct patency in the adult human. *Laryngoscope* **75** : 1224~1233, 1965.
- 23) Palva T and Dammert K : Human cochlear aqueduct. *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)* **246** : 1~57, 1969.
- 24) Sando I, Wood II RP, Masuda Y, et al : Perilymphatic communication routes in guinea pig cochlea. *Ann Otol Rhinol Laryngol* **80** : 826~834, 1971.
- 25) Moscovitch DH, Gannon RP and Laszlo CA : Perilymph displacement by cere brospinal fluid in the cochlea. *Ann Otol Rhinol Laryngol* **82** : 53~61, 1973.
- 26) Densert O, Carlborg B and Stagg J : Transmission of low frequency pressure steps to the perilymphatic fluid. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **91** : 55~64, 1981.
- 27) Carlborg B, Densert B and Densert O : Functional patency of the cochlear aqueduct. *Ann Otol* **91** : 209~215, 1982.
- 28) Gyo K, Nishihara S and Yanagihara N : Pressure transmission properties from the external ear canal to the inner ear. *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)* **456** : 87~91, 1988.
- 29) 西原信成, 暁 清文, 柳原尚明 : 外耳圧の内耳への伝達に関する研究. *耳鼻臨床* **81** : 1339~1344, 1988.
- 30) 西原信成 : 外耳圧の内耳への伝達機序に関する実験的研究. *日耳鼻* **93** : 707~715, 1990.
- 31) 鈴木幹男 : 中耳圧の前庭機能に及ぼす影響. *耳鼻臨床 補* **55** : 1~27, 1992.
- 32) Allen GW, Dallos P, Sakamoto S, et al : Cochlear microphonic potential in cats ; effects of perilymphatic pressure. *Arch Otolaryngol* **93** : 388~396, 1971.
- 33) Butler RA and Honrubia V : Responses of cochlear potentials to changes in hydrostatic pressure. *J Acoust Soc Am* **35** : 1188~1192, 1963.
- 34) 竹田泰三 : メニエール病の聴覚に関する実験的研究. *耳鼻臨床* **74** : 2507~2561, 1981.
- 35) Schmidt PH, Eggermont JJ and Odenthal DW : Study of Meniere's disease by electrocochleography. *Acta Otolaryngol Suppl* **316** : 75~84, 1974.
- 36) Gibson WPR, Moffat DA, and Ramsden RT : Clinical electrocochleography in the diagnosis and management of Meniere's disorder. *Audiology* **16** : 389~401, 1977.
- 37) Kitahara M, Takeda T, Yazawa Y, et al : Electrocochleography in the diagnosis of Meniere's disease. *Meniere's Disease ; Pathogenesis, Diagnosis and Treatment* (ed by Vosteen KH, Schuknecht H, Pfaltz CR, et al). pp 163~169, Thieme-Stratton Inc, New York, 1981.
- 38) Coats AC : The summating potential and Meniere's disease. *Arch Otolaryngol* **107** : 199~208, 1981.
- 39) Hall CM and Brackmann DE : Eustachian tube blockage and Meniere's disease. *Arch Otolaryngol* **103** : 355~357, 1977.

(原稿受付 : 平成 7 年 2 月 13 日
原稿採扱 : 平成 7 年 3 月 29 日 急載
別刷請求先 : 花田 誠
〒520-21 大津市瀬田月輪町
滋賀医科大学耳鼻咽喉科学教室)