耳管カテーテルを用いた音響耳管検査

—鼻入孔部法(従来法)との比較—

守田 雅弘¹⁾・浅井 英世²⁾・荻野 仁³⁾
酒井 俊一⁴⁾・松永 亨⁵⁾

Sonotubometric Measurement with the Tubal Catheter Compared with the Ordinary Method

Masahiro Morita (Osaka Seamen's Insurance Hospital),
Hideyo Asai (Suita Municipal Hospital),
Hitoshi Ogino (Ootemae Hospital),
Shun-ichi Sakai (Kagawa Medical School)
and Toru Matsunaga (Osaka University)

The source of the sound is usually placed in the nasal orifice in order to evaluate tubal function. We compared the accuracy of sonotubometry with a tubal catheter (catheter method) in diagnosing tubal dysfunction with that of the usual method using a nasal olive tip (olive method) in the same subjects.

Transmissions of the source sound of 8 kHz with one third band noise (maximum 115 dB) placed at the base of a tubal catheter were recorded at the external ear canal. Sound amplitude and sound duration were calculated by the changes of the 8 kHz sound pressure level during swallowing. A level of sound amplitude of more than 5 dB was defined as a positive sign.

Some subjects showed no positive signs with the olive method, but positive signs with the catheter method, especially after air insufflation. Sound duration with the catheter method was significantly longer than with the olive method, both before and after insufflation. The baseline sound, when the subjects was not swallowing, was louder in the catheter method than in the olive method.

These results indicate that there is a much higher incidence of positive signs in sonotubometry with a tubal catheter, than when an olive tip is used, especially after air insufflation. We conclude that sonotubometry with a tubal catheter is a more effective way to evaluate tubal function than the ordinary method.

Key words: sonotubometry, tubal function, air insufflation

1) 大阪船員保険病院耳鼻咽喉科

2) 吹田市民病院耳鼻咽喉科

3) 大手前病院耳鼻咽喉科

4) 香川医科大学耳鼻咽喉科学教室

5) 大阪大学医学部耳鼻咽喉科学教室

緒 言

耳管機能不全耳の病態と深く関連する嚥下による耳管の能動的開大能の評価法の一つとして、鼻入孔部より音源を負荷する音響耳管検査法が広く行われている^{1)~5)}。しかし、鼻入孔部よりの音源負荷では、検査結果が鼻咽腔形態に左右されやすくまた咽頭雑音の混入などにより正常例でも陰性になることがある⁶⁾。また定性的診断には有用であるが、病態的な診断や重症度の診断が困難であるなどの欠点も併せ持つ。我々はこれらの問題の解決の一助とするために耳管カテーテルを用いて通気前後で耳管咽頭口部より音源負荷を行い、鼻入孔部法と比較しながら、カテーテル音響耳管機能検査法としての有用性を検討した。

対象および方法

被検者には耳疾患の既往がなく、鼓膜所見正常、ティンパノグラムA型の14名20耳（16歳から46歳；男13名，女1名）を選んだ。用いた検査装置のブロックダイアグラムを図1に示す。耳管カテーテル基部の接続部に8kHz 1/3オクターブのバンドノイズを発する音源となるスピ

ーカー（最大115 dB）を置き、この先端部を取り替えることで鼻入孔部よりの音源負荷もできるようにした。検査側の外耳道部は音圧と空気圧センサーを内蔵したイヤープローブにて密閉し同時にコンプライアンスのモニターも行った。耳管カテーテルは従来の通気の位置に固定した状態で音源負荷し音響耳管検査を施行した。

検査に先立ち両側鼻腔内前部の鼻中隔及び下鼻甲介にキシロカイン及び0.1%アドレナリンを綿棒で1回ずつ塗布した。その直後に、まず鼻入孔部よりの音響耳管検査（以後鼻入孔部法と略す）を行った。すなわち被検者に嚥下を20秒以内の任意の時期に3回行ってもらい、この時の外耳道部での8kHzの音圧および総音圧をモニターし記録した。また同時に外耳道部で鼓膜コンプライアンスをモニターすることにより嚥下時の中耳圧の変化を間接的に読み取れるようにした。次に鼻咽腔ファイバースコープで耳管咽頭口部を確認しながら、0号の耳管カテーテルを従来の通気の位置に挿入固定した。この状態で前述した鼻入孔部法と同様に音源負荷を行い嚥下時の外耳道部での8kHz音圧をモニタ

図1 耳管機能検査装置のブロックダイアグラム

一した(以後カテーテル法と略す). カテーテル法を施行した直後に, そのままの状態で直ちに約10秒間の耳管通気を3回行い, 通気終了直後

にカテーテル法, 鼻入孔部法の順に音響耳管検査を同様の様式で再度施行した.

音響耳管検査結果の判定方法を模式図(図2)

図2 音響耳管検査結果の判定方法

図3 カテーテル法による音響耳管検査の記録曲線

に示す。縦軸に外耳道部で記録された 8kHz 成分音圧を示すが、非嚙下時の音圧すなわちベースラインよりの立ち上がり音を音圧上昇 (sound amplitude; dB), この時の音圧の上昇している時間を耳管開大持続時間 (duration; sec) とし、非嚙下時 (安静時) の音圧すなわちベースラインを基線音圧 (baseline sound; dB) とした。5 dB 以上の音圧上昇を陽性とし、5 dB 未満を陰性とした。3 回の嚙下のうち、2 つの近似値を平均して平均の音圧上昇を算出した。

結 果

カテーテル法を施行した場合の実際の記録図を図 3 に示す。通気前後とも、嚙下時に一致して外耳道部の 8 kHz の音圧が上昇し、同時に

コンプライアンスが変化しており中耳圧の変化も読み取った。図の例では、通気後に通気前よりも基線音圧の軽度の上昇を認めた。

鼻入孔部法とカテーテル法で通気前後の陽性例を比較した。図 4 には通気前に陰性で通気後に陽性化した例と鼻入孔部法で陰性でカテーテル法で陽性になった例を示す。このようにして本装置を用いて 20 耳の被検耳において通気前後別に鼻入孔部法とカテーテル法での陽性例をまとめたものを表 1 に示す。通気前に鼻入孔部法とカテーテル法の両法とも陽性例 (タイプ I) は 7 耳、鼻入孔部法のみ陽性例 (タイプ II) は 0 耳、カテーテル法のみ陽性例 (タイプ III) は 8 耳であり、両法とも陰性例 (タイプ IV) は 5

A 通気後陽性化例 (カテーテル法にて)

B 負荷音源の位置による検査結果の比較 (同一人にて)

図 4 音響耳管検査の実例

通気前後(A)及び負荷音源位置別(B)での比較

耳であった。通気前後でみると、タイプⅠは通気後4耳がタイプⅠのまま3耳がタイプⅢになり、タイプⅢは6耳がそのままタイプⅢ、2耳がタイプⅣになった。またタイプⅣの5耳はすべてタイプⅢになったため通気前後とも陰性例は認めなかった。なお、タイプⅡの例は通気前後とも認めなかったため表1より省略した。

耳管カテーテルによる音響耳管検査を行った場合の音圧上昇と耳管開大持続時間との相関をみた場合(図5)、通気前は有意な相関を認めた

表1 通気前後の音圧上昇陽性例数
—カテーテル法と鼻入孔部法との比較—

通気前 通気後	I	Ⅲ	Ⅳ
I	4	0	0
Ⅲ	3	6	5
Ⅳ	0	2	0

タイプⅠ：鼻入孔部法とカテーテル法の両方陽性
タイプⅢ：カテーテル法のみ陽性
タイプⅣ：両方とも陰性

図5 カテーテル音響耳管検査における音圧上昇と耳管開大持続時間の相関

表2 音響耳管検査結果
—通気前後での鼻入孔部法とカテーテル法の比較—

	通 気 前		通 気 後	
	鼻入孔部	カテーテル	鼻入孔部	カテーテル
検出陽性例 (20 例中)	7	15	4	18
30dB 以上の基線音圧 の例数 (20 例中)	10	18	10	20
基線音圧 ; dB (30dB 以上の例)	35.9±4.7	47.1±12.2	38.2±4.7	58.4±10.1
音圧上昇 ; dB				
全例 (20 例) の平均	7.1±11.8	9.5±7.2	3.3±7.3	9.9±5.3
陽性例の平均	20.3±11.5	12.6±5.2	16.3±7.5	10.5±4.8
耳管開大持続時間 ; sec				
全例 (20 例) の平均	0.26±0.37	0.44±0.30	0.13±0.27	0.54±0.22
陽性例の平均	0.74±0.01	0.58±0.17	0.63±0.17	0.57±0.18
平均±標準偏差	* P<0.05 ** P<0.01		* P<0.05 ** P<0.01	

が、通気後には特に有意な相関は認めなかった。

カテーテル法と鼻入孔部法の音響耳管検査結果の比較を音圧上昇、耳管開大持続時間及び基線音圧の各々について示す(表2)。鼻入孔部法では音圧上昇が通気前に陽性の例は7例で、通気後は4例であった。カテーテル法では通気前は15例、通気後では18例が陽性であった。なお、表1で述べたが通気前後とも陰性例はなかった。非嚙下時の音圧すなわち基線音圧は鼻入孔部法では通気前後とも半数の10例が30 dB 以上であったが、カテーテル法では通気前は18例、通気後は全例 30 dB 以上となった。30 dB 以上の基線音圧の平均値は通気前後ともカテーテル法にて鼻入孔部法と比較して有意に高くなった。カテーテル法では、通気前の基線音圧の値を基準にすると通気後の基線音圧はさらに明らかに有意に増加した。

次に音圧上昇や耳管開大持続時間について陰性例の値を 0 dB あるいは 0 sec として全例を平均し通気前後でカテーテル法と鼻入孔部法で比較した。通気前の音圧上昇は両者の間に有意差はなく、耳管開大持続時間はカテーテル法で有意に長く、通気後は耳管開大持続時間は鼻入孔部法に比べてさらに明らかに有意に長くなったが、音圧上昇はカテーテル法において高い傾向があったが、有意差は認めなかった。陽性例のみの平均では、音圧上昇や耳管開大持続時間は通気前後ともカテーテル法と鼻入孔部法との間で有意差を認めなかった。

考 察

正常耳に対してカテーテルを用いた音響耳管検査法の有用性をみるとともに従来より行われている鼻入孔部法と比較した。音圧上昇の陽性回数は通気前後ともタイプⅢ、すなわちカテーテル法のみ陽性例が増加し、鼻入孔部法のみ陽性例は認めなかった。通気前後の両法とも陰性例は認めなかったことから、正常耳においてカテーテル法での検出率が鼻入孔部法よりも高いものと思われた。特に通気と併用することで通気前に陰性の例が陽性になるものがあったこ

とから通気を施行することによりさらに検出率を上げることができるとも思われた。カテーテル法の基線音圧が通気前後とも鼻入孔部法の基線音圧より高くなったが、これはカテーテル法が直接耳管咽頭口部へ音源を導くことができたためと思われる。また、今回はカテーテル先端の耳管咽頭口部への挿入状態を対側鼻腔より内視鏡により観察したが、カテーテル先端部がローゼンミュラー窩に入っている場合など適切な位置に挿入されていない時は外耳道部の音圧はカテーテル法の場合のほうが鼻入孔部法よりも低くなったことも経験した。このことから耳管カテーテルの耳管咽頭口部への挿入状態が適切かどうかをカテーテル法と鼻入孔部法の基線音圧を比較することでも知り得るものと思われた。全例の平均では、通気前後ともカテーテル法の耳管開大持続時間が鼻入孔部法に比較して明らかに有意に長くなった。音圧上昇が5dB以上の陽性例のみを平均した場合は、通気前後とも音圧上昇、耳管開大持続時間で両法の間に有意差を認めなかった。このことは正常耳におけるこれらの陽性例の音圧上昇や耳管開大持続時間が、2つの検査法で同様な耳管機能をみている部分が多数あることを示すものと思われた。正常耳において鼻入孔部法で陰性(偽陰性)のままの例がカテーテル法では陽性化したと考えられ、特に通気後に検出率が増加するものと思われた。ただし音圧上昇で有意差を認めなかったのは検査結果の個体差によるばらつきが大きくなり標準偏差が大きくなったためと思われた。

熊沢⁷⁾、本庄ら⁸⁾の報告では、嚙下時には口蓋帆張筋の働きで耳管が 0.4~0.7 mm の径まで開大することである。人工中耳モデルを用いた私達の基礎実験で報告したが、耳管モデルの狭窄部の直径を 0 から次第に大きくすると、モデルの外耳道部に当たる部位での音圧が一定レベルまで相関して上昇することを確認した⁹⁾。また耳管がより開き易いといわれる耳管開放症では通気による外耳道部の音圧上昇が正常耳に比べて明らかに多くなることも経験した。この

ことから基線音圧は耳管の径がどれくらいの大きさで開大しているかを、音圧上昇は嚙下により非嚙下時に比べてどれくらい耳管が開大したかを、耳管開大持続時間はその名のとおり嚙下により耳管が開いている時間を示すものと考えた。

通気後、カテーテル法では陽性例の増加や基線音圧の上昇が明らかに有意に生じ、さらに音圧上昇が鼻入孔部法の値よりも明らかに増加したことから、通気を行うことにより耳管内、特に咽頭口部に貯留した分泌液を吹き飛ばすことになり、これらの諸因子による修飾を受けないで、耳管自身の開大度を知り得たものと思われた。ただし、鼻入孔部法において通気後むしろ検出率（陽性率）が減少した一因として、通気操作による刺激により耳管咽頭口部周辺に粘液の分泌を増大させたことが考えられ、カテーテル法の様に直接耳管咽頭口部へ音源を持って行かないために必然的に耳管咽頭口部周辺の諸因子の修飾を受け易くなるものと思われた。以上より耳管カテーテルを用いて音響耳管検査を通気と併用して行うことでよりの確な診断が可能であると思われた。

音響耳管検査法は Perlman¹⁾, Virtanen²⁾ により報告されているが、臨床的に汎用するためには嚙下による雑音が混入し易い、定量化しにくい、正常陰性例が多いなど様々な問題点があった。最近の大久保らの報告^{3)~5)}では、7kHzのフルオクターブのバンドノイズを用いることにより嚙下雑音の混入を避けることができ、正常耳において高い陽性率を得た。さらに持続時間と振幅との関係をより詳細に検討することで再現性の問題を含めた定量的解析が一部可能となった。しかし、病変の局在診断や耳管機能の定量的解析などが困難であることから、今回の著者らの方法を検討することになった。著者らの方法は8kHzの1/3オクターブのバンドノイズを負荷音源として用いており、大久保らの報告を参考に音源を選択した。従って嚙下によって生じる1kHz成分を主体とした雑音の混

入などは無視してよいと考えた。

鼻入孔部法と比較した場合、耳管カテーテル法では非嚙下時の音圧（基線音圧）が明らかに上昇するとともに音圧レベルが安定（S/N比上昇）したこともあって、音圧上昇の検出が容易になったものと思われた。大久保らの方法では9割近い陽性率を正常耳で得たと報告されており、今回の著者らの報告よりもはるかに高い陽性率であった。これは著者らの装置では手技上の問題点もあり、音圧の基線のぶれが大きく嚙下時の音圧の上昇する変化の判断をより困難にし結果として検出率を下げたことが考えられる。すなわち、江口の報告⁶⁾にもあるように負荷音源が耳管カテーテルによって鼻咽腔形態に影響されず、少ない減衰でしかも咽頭雑音の混入なく直接耳管内に導かれその結果検出が容易になったものと考えられる。また引続き通気を行うことにより、耳管の受動的開大能の評価が容易にでき、先に述べたように同時に適切な位置にカテーテルが挿入されているかどうかを確認することもでき、通気後に陽性になる例もあり検出率の上昇につながったと考える。しかし、通気手技自身は各医師毎に若干異なること、その侵襲を考えると小児においては検査が困難であるなどの問題もあり、今後再現性の検討などを行いながらより簡便な方法への改良も期待される。

ま と め

耳管の能動的開大能をみる音響耳管検査法として、従来の鼻入孔部よりの音源負荷による方法（鼻入孔部法）に対して耳管カテーテルを用いる方法（カテーテル法）によりその有用性が向上するかどうかを検討した。

1) 鼻入孔部法で陰性を示す例でもカテーテル法で陽性になった例を20例中8例に認めた。カテーテル法では、通気前に陰性を示した例でも通気後に陽性を示すようになった例を5例中5例に認めたが、通気前後とも陰性例は認めなかった。

2) 全例の平均でみると、通気前では鼻入孔

部法に比較してカテーテル法で耳管開大持続時間が長くなった。通気後には、鼻入孔部法に比較してカテーテル法にて音圧上昇、耳管開大持続時間とも有意に高くまたは長くなった。

3) 陽性例の音圧上昇や耳管開大持続時間は、通気前後ともカテーテル法と鼻入孔部法との間に有意差はなかった。

4) カテーテルを用いた音響耳管検査は鼻入孔部法と併用することでさらに音響耳管検査としての診断的価値が高まるものと思われた。

なお、本論文の内容の一部は第50回、51回、52回の各々の耳鼻咽喉科臨床学会、及び第90回日本耳鼻咽喉科学会総会において発表した。

参考文献

- 1) Perlman HB : Observation on the Eustachian tube. Arch Otolaryngol 53 : 370~385, 1951.
- 2) Virtanen H : Sonotubometry ; an acoustical method for objective measurement of auditory tubal opening. Acta Otolaryngol 86 : 93~103, 1978.
- 3) 大久保仁, 渡辺 勲, 石川紀彦, 他 : 音響耳管検査法一(続) WIO-01型試作機使用経験一. 耳鼻臨床 77 : 1747~1754, 1984.
- 4) 大久保仁, 渡辺 勲, 渋沢三伸, 他 : 音響耳管検査法一(1) 多重記録による正常値一. 耳鼻臨床 75 : 1127~1136, 1984.
- 5) 大久保仁, 渡辺 勲, 石川紀彦, 他 : 音響耳管機能検査法における active opening, passive opening 換気能検査について. 耳鼻臨床 78 : 2299~2312, 1985.
- 6) 江口実美 : 音響による耳管開閉能検査装置の改良. 耳鼻 21 : 154~157, 1975.
- 7) 熊沢忠躬 : 耳管の基礎と臨床. 日耳鼻 83 : 1416~1426, 1980.
- 8) Honjo I, Okazaki N and Kumazawa T : Experimental study of the eustachian tube function with regard to its related muscles. Acta Otolaryngol 87 : 84~89, 1979.
- 9) Morita M and Matsunaga T : Effects of an anticholinergic on the function of patulous eustachian tube. Acta Otolaryngol Suppl 458 : 63~66, 1988.

(原稿受付 : 平成2年8月6日
 原稿採択 : 平成2年9月4日 急載
 別刷請求先 : 守田雅弘
 〒552 大阪市港区築港1-8-30
 大阪船員保険病院耳鼻咽喉科
)