カテーテルによる耳管機能検査の再現性

守 田 雅 弘

Reliability for Clinical Use of Sonotubometry and Insufflation Test with Tubal Catheter

Masahiro Morita
(Osaka University)

Using a tubal catheter, we examined the test-retest reliability of sonotubometry and of the tubal air insufflation test in normal subjects. The tubal insufflation test was evaluated by the measurement of tubal opening pressure and sound pressure during air insufflation with a tubal catheter. At the initial examination a tubal catheter was inserted into the pharyngeal tubal orifice under fiberoptic inspection. On another day, the second examination was done in the same way but without fiberoptic inspection.

The mean values of the test results were the same on both days, except that the baseline sounds measured by sonotubometry, were slightly higher on the second day. A comparison of the results of sonotubometry tests showed that a correlative rate between each value on the first day and on the second day in sound amplitude was significantly higher both before ($p < 0.10$) and after air insufflation ($p < 0.01$), and the correlative rate in sound duration was higher only after air insufflation ($p < 0.01$). However, no significant correlations were found in the results of air insufflation test.

We conclude that sonotubometry with a tubal catheter is a more reliable and stable method of evaluating tubal function than the tubal air insufflation test.

Key words: eustachian tube, tubal function, sonotubometry, tubal insufflation

はじめに

慢性中耳炎や滲出性中耳炎などの中耳疾患の大部分は耳管機能障害に起因するといわれており、これらの疾患の診断や治療に際して的確な耳管機能の把握が必要となっている。このため様々な耳管機能検査が行われているが、これらの検査結果を評価するにあたって、検査結果に偽陽性や偽陰性を生じることがあり、普遍的な検査法の開発にはいまだ到っていない。著者ら¹⁾²⁾がすでに報告した耳管カテーテルを用い

た音響耳管検査は、耳管咽頭口部より直接負荷音源を耳管内へ誘導できることから従来よりの鼻入孔部に負荷音源をおいた音響耳管検査に比し、咽頭雑音や耳管咽頭口部病変の影響を受けにくく、正常耳において20例全例陽性(正常反応)を示した。しかし、カテーテルを用いた場合、耳管通気検査と同様に音響耳管検査でもカテーテル先端の耳管咽頭口部への固定手技が必ずしも容易ではないことから、得られた検査結果の信頼性を検討する必要があると考えられた。

そこで今回、著者らはカテーテルを用いた音響耳管検査および通気度検査の信頼度をみるため、正常耳をもつ同一被検者に異なった日に本検査を施行し、検査結果の再現性の有無を検討した。

対象および方法・手技

耳および鼻疾患の既往がなく、診察所見にて鼓膜に異常を認めない18歳から38歳までの10例17耳を正常耳とし対象とした。音響耳管検査および通気検査を施行するにあたって、両側鼻腔内の総鼻道に面する下鼻甲介および鼻中隔粘膜面に4%キシロカインを綿棒にて軽く塗布した後、検査側鼻腔より原則として0号の耳管カテーテルを挿入しいわゆる耳管通気の要領で鼻咽腔へ固定した。この時に対側鼻腔より軟性内

視鏡を挿入しカテーテル先端部が耳管咽頭口部から約1 cm 耳管峽部よりの深さに挿入されるのを確認した。検査装置は永島医科器械製のET-1000の基礎モデルを用いた。すなわち、耳管カテーテル基部に1/3オクターブ8 kHzのバンドノイズを発する音源を置き、送音しながらまず自発的に3回の嚥下運動を行ってもらうことにより耳管の開閉をみる音響耳管検査を施行したのち、カテーテルを同じ位置に挿入したままで通気検査を1回につき約10~15秒間、数回施行し、その直後、通気時と同じカテーテルの位置で再び音響耳管検査を施行した。なお本装置のブロックダイアグラムおよび検査手技・方法についての詳細は著者の他論文¹⁾²⁾に譲

(I) 能動的耳管開大能(音響耳管検査)

(II) 受動的耳管開大能(通気度)

図1 カテーテルを用いた耳管機能検査

I 能動的耳管開大能(音響耳管検査)およびII 受動的耳管開大能(耳管通気度検査)の検査結果の判定方法。

る。

嚥下による能動的耳管開大能をみる音響耳管検査結果の判定は、外耳道部における負荷音源である 8 kHz 成分の音圧変化より行った¹⁾。判定に用いたパラメーターは、非嚥下時すなわち安静時の外耳道部の音圧である基線音圧 baseline sound (dB)、嚥下時に一致した基線音圧からの音圧の上昇分である音圧上昇 amplitude (dB)、音圧が基線音圧よりも上昇している時間を示す耳管開大持続時間 duration (sec) (以下、耳管開大時間)で、5 dB 以上の音圧上昇が 3 回の嚥下の内 2 回以上認められたものを陽性とした(図 1 上)。耳管の受動的開大能を調べる耳管の通気度の検査では、通気圧を手動にて約 3 kPa/sec の速度で上昇させていくと外耳道部のコンプライアンスが低下し始める点があり、これを中耳に空気が流入し始めた点と考えこの時の通気圧を耳管開大開始圧とした。そのまま通気圧を徐々に上げて行くと外耳道部の音圧は最大となり、この時の音圧を最大音圧とした(図 1 下)。

これらの一連の検査を、再現性をみるために最低 2 日以上、最高 2 週間の間隔をあけて、軟性内視鏡を挿入しなかった以外は同様の手順で再度検査を同一被検者に施行した。なお、初回日の検査と 2 回目の日の検査は、すべて同一検

者が施行した。

結 果

音響耳管検査の場合は通気前と通気後に、通気度検査の場合は一連の通気操作での初回通気時と、初回の通気により耳管内や耳管咽頭口部の粘液や分泌液などが排除されて条件が比較的安定した、いわゆる定常状態の耳管になったと思われる 3 回目の通気時とに分けて、各々の検査結果を初回日と 2 回目の日の検査時とで比較した。

音響耳管検査では、通気前の陽性例は初回日、2 回目の日の検査時とも 17 耳中 15 耳あり、通気後は初回日、2 回目の日とも 17 耳中 16 耳陽性であった。なお、音響耳管検査にて通気後陰性例は通気前には陽性を示したことから、今回対象となった例では、初回日と 2 回目の日の検査時のどちらにおいても、通気前後とも陰性を示したものはなかった。表 1 に示す音響耳管検査の陽性例の検査結果の平均値では、通気前あるいは後の音圧上昇、耳管開大時間について、初回検査時と 2 回目の再検査時とで比較したところ明らかな差は認めなかった(t 検定にて、耳管開大時間の通気後の場合 $p < 0.10$ 、それ以外はいずれも t 検定にて $p > 0.10$; 表 1)。同様に基線音圧について比較してみると、通気前の場合 2 回目の検査時に 52.5 dB と初回時の 44.6

表 1 カテーテルを用いた耳管機能検査
音響耳管検査および耳管通気度検査結果の平均値の比較

I 音 響 耳 管 検 査				II 通 気 度	
(a) 音圧上昇分 (dB) (b) 耳管開大時間 (sec) (c) 基線音圧 (dB)				(a) 耳管開大開始圧 (kpa) 最大音圧 (dB)	
1) 通 気 前				1) 初 回 通 気 時	
初 回 検 査	12.7 ± 5.6	0.58 ± 0.18	44.6 ± 11.5	13.8 ± 9.7	49.8 ± 5.8
2 回 目 検 査	14.7 ± 6.8	0.56 ± 0.18	52.5 ± 12.5	12.5 ± 7.6	47.5 ± 9.7
2) 通 気 後				2) 3 回 目 通 気 時	
初 回 検 査	11.3 ± 4.8	0.56 ± 0.17	57.1 ± 10.3	11.6 ± 9.5	52.1 ± 7.3
2 回 目 検 査	12.4 ± 4.7	0.64 ± 0.18	61.9 ± 12.5	10.3 ± 9.6	48.6 ± 8.6

* : $p < 0.05$ (t 検定)

dB と比べて明らかに高くなった (t 検定にて $p < 0.05$) が, 通気後の場合は初回と 2 回目との間で有意差は認めなかった (t 検定にて $p > 0.10$). カテーテルによる通気検査すなわち通気度についても同様に検査結果の平均値でみると, 一連の通気操作での初回通気時と定常状態である 3 回目の通気時のいずれとも耳管開大開始圧や最大音圧には初回日と 2 回目の日の検査結果との間で特に差は認めなかった (t 検定に

て $p > 0.10$).

次に音響耳管検査と耳管通気度の各々のパラメーターごとに個々の例について初回日と 2 回目の日の結果の相関度を同一被験者でみた. 通気前後で分けてみると, 音響耳管検査の音圧上昇 (図 2) の場合, 初回日と 2 回目の日の検査結果との間で通気前は相関傾向 ($r = 0.481882$, $p < 0.10$, 回帰直線 $Y = 4.69632 + 0.582803X$) を認め, 通気後では明らかな相関 ($r = 0.83758$,

図 2 カテーテルを用いた音響耳管検査の音圧上昇

初回日と 2 回目の日の検査結果の相関 (通気前; $r = 0.481882$, $p < 0.10$, 回帰直線 $Y = 4.69632 + 0.582803X$. 通気後 $r = 0.83758$, $p < 0.01$, 回帰直線 $Y = 2.62971 + 0.869376X$).

図 3 カテーテルを用いた音響耳管検査の耳管開大時間

初回日と 2 回目の日の検査結果の相関 (通気前; $r = 0.255121$, $p > 0.10$, 回帰直線 $Y = 0.285141 + 0.260348X$. 通気後; $r = 0.775496$, $p < 0.01$, 回帰直線 $Y = 0.144022 + 0.880434X$).

$p < 0.01$, 回帰直線 $Y = 2.62971 + 0.869376X$) を認めた. 同様に耳管開大時間でみると(図3), 初回目と2回目の日の検査結果との間で通気前 $r = 0.255121$, $p > 0.10$, 回帰直線 $Y = 0.285141 + 0.260348X$) が, 通気後では明らかに相関 $(r = 0.775496, p < 0.01, \text{回帰直線 } Y = 0.144022 + 0.880434X)$ を認めた. 音響耳管検査の非嚙下時の音圧である基線音圧で同様に初回目と2回目検査日との

結果を比べてみた場合, 通気前 $(r = 0.508298, p < 0.10, \text{回帰直線 } Y = 29.713 + 0.532157X)$, 通気後 $(r = 0.461329, p < 0.10, \text{回帰直線 } Y = 30.0456 + 0.55739X)$ とともに明らかな相関は認めなかった(図4).

耳管通気度の耳管開大開始圧では一連の通気操作での初回の通気時および定常状態の通過時とも, 初回目と2回目の日の検査結果との間で全く相関は認めなかった(初回通気時; $r =$

図4 カテーテルを用いた音響耳管検査の基線音圧

初回目と2回目の日の検査結果の相関(通気前; $r = 0.508298, p < 0.10$, 回帰直線 $Y = 29.713 + 0.532157X$. 通気後; $r = 0.461329, p < 0.10$, 回帰直線 $Y = 30.0456 + 0.55739X$).

図5 カテーテルを用いた耳管通気度検査の耳管開大開始圧

初回目と2回目の日の検査結果の相関(初回通気時; $r = 0.0136835, p > 0.10$, 定常状態の通気時; $r = -0.170869, p > 0.10$).

0.0136835, $p>0.10$, 定常状態通気時; $r=-0.170869$, $p>0.10$, 図5). 同様に耳管通気度検査の最大音圧について初回目と2回目の日の検査結果を比較した場合, 初回の通気時および定常状態の3回目の通気時とも全く相関を認めなかった(初回通気時; $r=0.262512$, $p>0.10$, 定常状態の通気時; $r=0.25393$, $p>0.10$, 図6).

考 案

カテーテルを耳管咽頭口へ挿入するにあたって1回目は軟性内視鏡を用いて直視下で確実に

先端を耳管咽頭口へ誘導固定し, 2日以上あけた2回目は従来の耳管通気と同様に非直視下にカテーテルを挿入固定することにより検査結果の再現性の有無をみることでその信頼性および有用性の検討を行った. その結果, 音響耳管検査と通気度とにおいて初回と2回目の各々の平均値を比較した場合(表1), 通気前の基線音圧が2回目の検査時に有意に高くなった以外は平均値においては明らかな差は認めず, 検査結果の全体の分布には差は認めなかった. 2回目の検査時に基線音圧が高くなった理由としては, 2回目の検査が1回目の検査から比較的近い日の2~3日後に行われている症例で高くなっているものがあり, 1回目の検査時の耳管通気により耳管内の粘液や分泌液が飛ばされた結果生じていることが考えられる.

個々の例について比較してみると(図2~6), 音響耳管検査では通気を行わない状態では音圧上昇において軽度の相関を認めたのみで, 通気後の同様の比較では, 基線音圧以外の嚥下時の音圧上昇と耳管開大時間において, 初回目と2回目の日の検査時との間に明らかな相関を認めた. このことから通気を行わない状態では軟骨部耳管内に貯留粘液や粘膜の被りがあるため³⁾, 嚥下による外耳道部での音圧上昇の再現性に比較的乏しく通気後には粘液や粘膜の被りなどが除去されるため明らかに音響耳管検査としての再現性が高くなったと考えられた. 一方, 耳管通気度では初回時および定常状態においても初回目と2回目の日の検査時との間に相関は全く認めなかった. すなわち, カテーテルによる耳管通気度検査では, 粘液や粘膜の被りなどが除去されたと思われる定常状態の3回目の通気時においても違った日に行った場合, 耳管開大圧や最大音圧の再現性は乏しいと考えられた.

ティンパノメトリーやカテーテル耳管通気検査などの従来より一般的に行われている耳管機能検査だけでは, 耳管開放症やフロップチューブはもとより滲出性中耳炎においても耳管機能異常の病態把握は困難であるといわれてい

図6 カテーテルを用いた耳管通気度検査の最大音圧

初回目と2回目の日との検査結果の相関(初回通気時; $r=0.262512$, $p>0.10$, 定常状態の通気時; $r=0.25393$, $p>0.10$).

る⁴⁾。最近では圧平衡機能検査や音響耳管検査などの新しい検査法が普及し初め、病態によりそくした耳管機能異常の診断が可能となりつつある。音響耳管検査で鼻入孔部より音源を負荷する従来からの方法は、その検査手技が比較的容易であり、同一人における再現性にも比較的優れており、被検者への侵襲もきわめて少ない事が報告されている⁵⁾⁶⁾。しかし、その一方、偽陽性や偽陰性例が比較的多く定性的検査の域を出ていないことも報告されている⁷⁾。この従来からの方法で偽陽性や偽陰性例が多いことは、音響耳管検査で鼻入孔部に音源をおいた場合は鼻腔・鼻咽腔・耳管咽頭口部の解剖学的形態あるいは分泌液や貯留粘液などの局所反応にも影響され易い⁸⁾ことより推察できる。著者ら¹⁾²⁾の提唱しているカテーテルを用いた音響耳管検査では、カテーテル先端部が耳管咽頭口部へ確実に挿入されていさえすれば、これらの鼻腔形態や耳管咽頭口部病変などの影響を受けにくく、耳管通気操作や従来の音響耳管検査を組み合わせることで定性的検査以上の有用性があると思われた。ただし、今後の課題として、従来の鼻入孔部に音源を置く音響耳管検査の再現性と今回のカテーテル音響耳管検査の再現性との差を同一個体で検討するべきと思われる。

今回の著者らの報告では初回日の検査時のみ軟性内視鏡による明視下にカテーテル先端部を耳管咽頭口部へ確実に挿入したが、初回の日と2回目の日の検査結果を比較した場合、音響耳管検査では通気後に特に再現性が高くなったのに対して、通気度検査では定常状態になっても再現性の乏しさは変わらなかった。特にこの通気度検査にて再現性が不良であった理由として、先ず第1に考えなければならないのは、初回日と2回目の日との間や同じ日の一連の検査施行中でのカテーテル先端部のずれや閉塞などの検査手技上の問題がある。一連の検査の流れの中で同じカテーテル固定位置で続けて施行された通気度検査と音響耳管検査において、初回日と2回目の日との間で前者の通気度検査結果

では低い再現性を示した一方で、後者は通気後に高い再現性を示した。同じ条件で行われたこの2つの検査法における再現性の違いは検査手技の問題よりも、物理的な諸条件に変化を起こしやすく、かつわずかな粘膜腫脹などに影響されやすい通気時の空気圧を測定するか、侵襲のほとんどない負荷音源の音圧を通気後の修飾因子の少ない条件で測定するか検査法の性格上の問題の差に起因すると考えられた。ティンパノグラム以外の耳管機能をみる検査法は、従来よりある耳管通気検査はもちろんのこと、最近では熊澤ら⁹⁾の圧気流導通法、本庄ら¹⁰⁾によって改良を加えられた加圧減圧テスト、守田ら³⁾大久保ら⁴⁾の音響耳管検査などが報告改良されて診断に役立つようになってきている。どの検査法もその検査結果が耳管機能障害の病態を的確に反映しうる反面、疾患によっては1つの検査法だけでは判定困難な場合も多い。そこで種類の検査法を組み合わせることが必要となってくる。この場合、得られた検査結果に信頼性があることが最低の必要条件であり、鋭敏性 sensitivity や特異性 specificity が高い検査法であればあるほどより損なわれ易い再現性の検討をする必要があると考えられた。

今回、著者らが報告したカテーテルによる音響耳管検査法(カテーテル音響耳管検査)は、特に通気直後において非常に強い再現性を示した。一方、カテーテルによる耳管通気度検査においては、今回、従来の主観的な判定方法を改め著者ら³⁾の考案した客観的な判定方法にて、初回日は内視鏡下にカテーテル先端部位の耳管内挿入を確認し検査を施行したにもかかわらず、同じ条件で施行した音響耳管検査の場合と違って2回目の日の検査結果の再現性が低かった。このことは、耳管カテーテルによる耳管の開大開始圧などの耳管通気度の測定が、検者の技術はともかくとして、被検者の体調や局所の生理的反応などの諸条件に微妙に影響される可能性があることを示唆するものである。従って、耳管カテーテルによる通気度検査は、単独では耳管

機能検査としての意義が少なく、カテーテルを用いた音響耳管検査などの他の検査と組み合わせて行う必要があると考えられた。また、このことより日常臨床におけるカテーテルによる耳管通気は、検査目的以外にも今後治療手段としての有用性も同時に検討されていく必要があると思われる。

カテーテルを用いた音響耳管検査は、鼻入孔部よりの従来法と組み合わせて行うことで疾患耳においてもその病態診断に役立つことが示唆されており¹⁾、今後の耳鼻咽喉科医の日常診療においても治療や診断補助目的のいわゆるカテーテル通気と同様に十分資することができるものと思われる。

ま と め

1) カテーテルを用いた音響耳管検査および通気度検査の信頼度をみるため、正常耳をもつ同一被検者に初回日は軟性内視鏡にてカテーテル先端部の位置を確認しながら本検査を施行し、異なった日の2回目の検査結果と比較することで再現性の有無を検討した。

2) 検査結果の平均値でみると、音響耳管検査の基線音圧が2回目の日の検査時に高くなったが、その他の音圧上昇、耳管開大時間、耳管通気度検査の耳管開大開始圧、最大音圧には初回検査時と2回目の再検査時とで比較したところ明らかな差はなかった。

3) 個々の例について初回目と2回目の日との音響耳管検査結果の相関度をみると、通気前では、音圧上昇に有意傾向を認めたのみで耳管開大時間には有意な相関はなかった。しかし、通気後の場合、音圧上昇、耳管開大時間とも1%以下の危険率で初回目と2回目の日の検査結果との間で明らかに有意な相関を認めた。

4) 同様に耳管通気度検査結果の相関度をみると、耳管開大開始圧、最大音圧では、一連の通気操作での初回の通気時および定常状態の通気時とも、初回目と2回目の日の検査結果との間で全く相関は認めなかった。

5) 一連の検査の流れの中で同じ条件下で施

行したカテーテルを用いた音響耳管検査と耳管通気度検査の再現性の差は検者の技術の問題よりも、通気時の空気圧を測定するか侵襲のほとんどない負荷音源の音圧を測定するかの検査法の性格上の問題に起因すると考えられ、被験者側の諸条件が耳管カテーテルによる耳管通気度の検査結果に音響耳管検査の時よりも影響しやすいものと思われた。

6) 今回、著者らが報告したカテーテルによる音響耳管検査は、通気直後において非常に強い再現性を示した。このことより、カテーテル音響耳管検査は今回単独では検査法としての意義が少ないと思われたカテーテル耳管通気度検査やさらに鼻入孔部に音源を置く従来法などとも組み合わせて行うことで疾患耳の病態診断や耳鼻咽喉科の日常診療に十分資することができるものと思われた。

稿を終えるに臨み、大阪大学 久保 武教授の御校閲を深謝致します。

本論文の要旨は、第52回、53回、54回の耳鼻咽喉科臨床学会において発表した。

参考文献

- 1) 守田雅弘, 浅井英世, 荻野 仁, 他: 耳管カテーテルを用いた音響耳管検査 —鼻入口部法との比較—. 耳鼻臨床 83: 1799~1806, 1990.
- 2) 守田雅弘: 耳管機能検査の臨床的意義. 耳鼻臨床 補41: 102~112, 1991.
- 3) Morita M and Matsunaga T: Effects of an anti-cholinergic on the function of patulous eustachian tube. Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl 458: 63~66, 1988.
- 4) 大久保仁, 渡辺 勇, 石川紀彦, 他: 音響性耳管検査法 —WIO-01 型試作機使用経験—. 耳鼻臨床 77: 1747~1754, 1984.
- 5) Virtanen H: Sonotubometry; an acoustical method for objective measurement of auditory tubal opening. Acta Otolaryngol (Stockh) 86: 93~103, 1978.
- 6) 小川 明, 大沼秀行, 稲上憲一, 他: 加齢による耳管機能の変化. 耳鼻臨床 80: 1529~1533, 1987.

- 7) Andreasson L, Ivarsson A, Luttrup S, et al : Eustachian tube function measured as pressure equilibration and sound transmission capacity ; a comparison in healthy ears. ORL 46 : 74~83, 1984.
- 8) 大久保仁, 渡辺 勇, 渋沢三伸, 他 : 音響耳管検査法 —(1)多重記録法による正常値—. 耳鼻臨床 77 : 1127~1136, 1984.
- 9) Kumazawa T, Honjo I and Honda K : Aerodynamic pattern of eustachian tube dysfunction. Arch Otorhinolaryngol 215 : 317~323, 1977.
- 10) 本庄 巖, 牛呂公一, 三苦篠吉郎, 他 : 小児渗出性中耳炎の耳管機能. 耳鼻臨床 77 : 1111~1117, 1984.
- 11) Morita M and Matsunaga T : Sonotubometry with a tubal catheter as a index for the use of a ventilation tube in otitis media with effusion. Acta Otolaryngol (Stockh) Suppl 501 : 59~62, 1993.

(原稿受付 : 平成 6 年 2 月 28 日
原稿採択 : 平成 6 年 4 月 18 日 急載
別刷請求先 : 守田雅弘
〒565 吹田市山田丘 2-2
大阪大学医学部耳鼻咽喉科学教室)