笑気ガスによる中耳ガス交換能評価の試み

高橋 晴雄・本庄 巖・倉田 響介
内藤 泰・藤田 明彦

Gas Exchange in Middle Ear Tested with Nitrous Oxide ;
A Preliminary Report

Haruo Takahashi, Iwao Honjo, Kyosuke Kurata,
Yasushi Naito and Akihiko Fujita
(Kyoto University)

A new method of assessment of middle ear gas exchange with the use of nitrous oxide is introduced. In 13 patients (17 ears), the rate of increase of middle ear pressure was observed during general anesthesia with 67% nitrous oxide and 33% oxygen and enflurane. In all 13 normal ears, various rates of pressure increase were observed, while in three of the four ears with otitis media with effusion, no increase of the middle ear pressure occurred during several minutes of N₂O inhalation. X-ray examination of these ears showed sclerotic mastoids. Rationality, safety, and possible application of this method in clinical otology, i.e. appropriate choice of surgical treatment for otitis media, etc., are discussed.

Key words: gas exchange, middle ear, nitrous oxide, otitis media with effusion

はじめに

中耳が常に換気され平圧を保つことは、聴器として中耳が良好に機能するために、また中耳の炎症性疾患の予防や治癒のためにも重要である¹⁾。この中耳の換気は耳管の開大によるものの他に、中耳粘膜でのガス交換でも行なわれていることが知られている。うち耳管の換気能は滲出性中耳炎などとの関連で古くから研究され^{2)~5)}、現在ほぼ明らかにされた感があるが、中耳粘膜を介するガス交換能については、中耳腔ガスの分析^{6)~9)}、あるいは乳突蜂巣の発育と中耳の炎症性疾患の予後との関係¹⁰⁾¹¹⁾などの報告にとどまり、ガス交換能の直接的な評価法の報告はみられない。

一方全身麻酔に広く用いられている笑気ガスは、肺から血液、血液から組織への移行が早く¹²⁾¹³⁾、全身麻酔時に中耳腔へ湧出して中耳圧上昇を来すことがよく知られている^{12)~14)}。そこで今回、我々は笑気ガスによる全身麻酔時に中耳圧の上昇の有無、程度を指標にして中耳におけるガス交換能の評価を試みた。

対象と方法

対象は全身麻酔で手術を受けた12例17耳で、うち9例13耳(年齢5~63歳)は耳疾患の既往のない正常耳であり、残り3例4耳は視診、ティンパノグラムで滲出性中耳炎をみとめた病的耳であった。

方法は、全身麻酔の導入を酸素100%にエン

フルレンの混入で行ない、導入、気管内挿管後に大気を笑気ガス(67%)に置換し、同時にティンパノグラムで中耳圧を60秒毎に記録した。うち16耳では乳突蜂巣の発育をシュラー位X線で調べ、またその面積をデジタイザー(Hitachi HDG-1515)で測定し、中耳圧の変化率との相関をみた。

患者とその保護者にはあらかじめこの観察の意味、安全性を十分に説明し承諾を得た。

結 果

正常耳13耳では笑気ガスに置換してまもなく、中耳圧はいずれもほぼ直線的に上昇した。しかし圧上昇率は13耳で2.2~41ミリ水柱/分とかなり異なった(図1)。耳X線を撮影できた12耳では、乳突蜂巣面積は5.6~18.7 cm²であった。圧上昇率と乳突蜂巣面積との相関をみると、乳突蜂巣面積と中耳圧上昇率は逆比例する傾向がみられた(図2)。

滲出性中耳炎4耳のうち2耳でティンパノグラムのピークの判定が可能で中耳圧の変化が観察できた(図3)。1耳では、笑気使用前の中耳圧は-150ミリ水柱であったが、笑気ガス置換後中耳圧はほぼ直線的に上昇し、約7分後には180ミリ水柱に達した。圧上昇率は約50ミリ水柱/分と良好であった。この例の乳突蜂巣は発育不良で図4のようにトラウトマン三角の部位にわずかに蜂巣構造がみられるのみであった。同じく滲出性中耳炎がみられたもう1例では、乳突蜂巣は図5のようにほとんど発育がみられず硬化像を呈していた。笑気使用前の中耳圧は約-100ミリ水柱であった。笑気ガス置換後7分にわたり中耳圧を測定したが、中耳圧にほとんど変化がみられなかった(図3)。検査終了直後の視診でも鼓膜は陥凹したままで変化はみられなかった。

他の2耳では、麻酔前から笑気ガス置換後にわたりティンパノグラムはB型のままで圧測定は不能であったが、終始鼓膜は陥凹したままでかわらず、中耳内に笑気ガスの湧出はみられなかった。これらの例では乳突蜂巣はほとんど発

図1 正常耳13耳の笑気による中耳圧の変化
すべて圧上昇がみられる。

図2 中耳圧上昇率と乳突蜂巣面積との相関
乳突蜂巣面積が大きいほど圧上昇率が低い傾向がみられる。

図3 滲出性中耳炎2耳の笑気による中耳圧の変化
圧上昇は1耳のみにみられる。

育なく、硬化像を呈していた。

考 按

中耳をはじめとする生体内の閉鎖腔では、あらゆるガスはその閉鎖腔のガスとこれを取りまく粘膜の血中ガスとの分圧勾配によって、その腔へのガスの湧出、あるいは血中へのガスの吸収という両方向への移動を行なう。またその速度は各々のガスの溶解係数に依存することがわかっている¹⁵⁾¹⁶⁾。中耳が陽圧あるいは陰圧になった場合、血中ガスはその圧勾配に従って移動し中耳圧は平圧に近づくとされ¹⁶⁾¹⁷⁾、これがいわゆる中耳のガス交換能と考えられる。うち笑気は溶解係数が高いため、その血中濃度が他の

ガス(主に窒素)にかわって上昇すると、急速に中耳腔に湧出し、窒素が血中に逆に吸収されるのを上回るため中耳圧が上昇する¹²⁾¹³⁾¹⁸⁾。これらのことから、笑気ガスによる中耳圧の上昇率は、他のガスを代表して中耳腔と循環系との間でガスがどれほど移動しうるか、すなわち中耳のガス交換能を定量的にしかも短時間に示すものと考えられる。

今回の観察で、正常例の中耳圧は笑気に置換した後、全例で直線的な上昇がみられ、ガス交換が行なわれていることがわかった。しかし圧上昇率にはかなりの差があり、乳突蜂巣の発育と圧上昇率が逆相関する傾向がみられ、大野らの結果と一致した¹⁸⁾。ガス交換が中耳の粘膜表面で行なわれるとすれば、笑気の中耳への湧出率は中耳粘膜表面積という二次元の要素に比例するが、それによる中耳圧の上昇は中耳腔の体積という三次元の要素に反比例するため、理論的には中耳粘膜単位面積あたりのガス交換能が同じ場合には、乳突蜂巣の発育が良いほど中耳圧上昇率が低くなると考えられる。今後本法を中耳ガス交換能の評価法として確立するには、より多数の正常例で中耳圧上昇率と乳突蜂巣面積との相関を求め、正常範囲の算出の上、病的例の評価に移る必要があると考えられる。

滲出性中耳炎耳で注目すべきは、ガス交換能がほとんどない例が過半数にみられ、いずれも乳突蜂巣が硬化していたことである。中耳ガス交換に影響する因子として中耳粘膜の状態(炎症や血行)や中耳の空間の有無などが報告されていることから^{12)19)~21)}、これらの例では乳突蜂巣の硬化とともに中耳腔の貯留液や粘膜の炎症も中耳ガス交換能の低下の原因と考えられる。滲出性中耳炎の臨床的観察で難治例では乳突蜂巣の発育が不良であることが報告されているが¹⁰⁾、滲出性中耳炎ではほとんどの例で耳管換気能が不良であり、経耳管的換気は期待できないことから²²⁾、これら難治例では中耳の換気はいずれの方法でも行なわれず、中耳は陰圧を抱えたまま貯留液は排泄されずに膠着状態に陥

図4 滲出性中耳炎1例目の耳X線
(シューラー位)

乳突蜂巣の発育は不良でトラウトマン三角部にのみわずかに蜂巣がみられる。

図5 滲出性中耳炎2例目の耳X線
(シューラー位)

乳突蜂巣の発育は不良で硬化像がみられる。

ることは明らかであり¹⁾, チューブ留置の適応と考えられる。

このように, 今後笑気ガスを用いた中耳粘膜ガス交換能の評価は, 滲出性中耳炎でのチューブ留置の適応や慢性中耳炎における乳突腔の保存, あるいは削開, 充填などの治療方針の決定に応用できると考えられる。今回は気管内挿管による全身麻酔下の手術時に中耳圧の変化を観察したが, 笑気ガスは催眠作用, 呼吸抑制作用が弱く比較的安全であるため, マスクによる 5~10分程度の笑気ガスの吸入で中耳圧の変化を調べることが出来れば, 本検査の応用範囲はさらに広がるものと期待される。

まとめ

笑気ガスを用いて中耳の経粘膜的ガス交換能の評価法を紹介した。本法が中耳炎症性疾患の治療方針の決定などに有用である可能性が示唆された。

文 献

- 1) 本庄 巖 : 耳管と中耳病態. 進行印刷出版, 京都, 1987.
- 2) Flisburg K, Ingelstedt S and Ortegren U : Controlled ear aspiration ; a physiological test of the eustachian tube. *Acta Otolaryngol (Stockh)* Suppl 182 : 35~38, 1963.
- 3) Silverstein H, Miller GF and Lindeman RC : Eustachian tube dysfunction as a cause for secretory otitis in children. *Laryngoscope* 76 : 259~273, 1966.
- 4) Holmquist J and Renvall U : Eustachian tube function in secretory otitis media. *Arch Otolaryngol* 99 : 59~61, 1974.
- 5) Bluestone CD, Paradise JL and Beery QC : Symposium on prophylaxis and treatment of middle ear effusions ; IV Physiology of the eustachian tube in the pathogenesis and management of middle ear effusions. *Laryngoscope* 82 : 1654~1670, 1972.
- 6) Matsumura H : Studies on the composition of air in the tympanic cavity. *Arch Otolaryngol* 61 : 220~226, 1955.
- 7) Melvill-Jones G : Pressure changes in the middle ear after altering the composition of contained gas. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 53 : 1~11, 1961.
- 8) Ostfeld E : Middle ear gas composition. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 94 Suppl 120 : 32~33, 1985.
- 9) Kusakari J, Ohyama K, Inamura N, et al : Gas analysis of the middle ear cavity in normal and pathological conditions. *Auris Nasus Larynx (Tokyo)* 12 Suppl 1 : 114~116, 1985.
- 10) 青木和博, 江崎史朗, 森川清見, 他 : 小児滲出性中耳炎に対する治療と乳突蜂巣発育度. *日耳鼻* 92 : 893~898, 1989.
- 11) Fujita A, Honjo I, Kurata K, et al : Refractory otitis media with effusion from view points of eustachian tube dysfunction and nasal sinusitis. *Am J Otolaryngol* 14 : 187~190, 1993.
- 12) Richards SH, O'Neill G and Wilson F : Middle-ear pressure variations during general anesthesia. *J Laryngol Otol* 96 : 883~892, 1982.
- 13) Patterson ME and Bartlett PC : Hearing impairment caused by intratympanic pressure changes during general anesthesia. *Laryngoscope* 86 : 399~404, 1976.
- 14) Blackstock D and Gettes MA : Negative pressure in the middle ear in children after nitrous oxide anaesthesia. *Can Anesth Soc J* 33 : 32~35, 1986.
- 15) Eger II EI : Chapter 4. Uptake and Distribution. *Anesthesia*, 3rd edition, Vol. 1 (ed by Miller RD). pp 85~104, Churchill Livingstone INC, New York, 1990.
- 16) 岩野 正, 土井 直, 細田康夫, 他 : 中耳腔における経粘膜の圧調節機構について. *耳鼻臨床* 86 : 1265~1272, 1993.
- 17) Hergils L and Magnuson B : Regulation of negative middle ear pressure without tubal opening. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 114 : 1442~1444, 1988.
- 18) 大野文夫, 今給黎泰二郎, 昇 卓夫, 他 : 中耳の換気能に関する検討 一第 1 報一. *Otol Jpn* 2 : 407, 1992.
- 19) O'Neill G : Prediction of post-operative middle ear pressure changes after general anesthesia

- with nitrous oxide. *Acta Otolaryngol* (Stockh) **100** : 51~57, 1985.
- 20) Singh CB and Kirk R : The effect of nitrous oxide on middle ear pressure in children during anesthesia. *J Laryngol Otol* **93** : 349~356, 1979.
- 21) Gates GA and Cooper Jr JC : Effect of anesthetic gases on middle ear pressure in the presence of effusion. *Ann Otol Rhinol Laryngol* **89** Suppl 68 : 62~64, 1980.
- 22) Takahashi H, Hayashi M, Sato H, et al :

Primary deficits in eustachian tube function in patients with otitis media with effusion. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* **115** : 581~584, 1989.

(原稿受付：平成5年10月20日
原稿採択：平成5年12月28日
別刷請求先：高橋晴雄
〒606 京都市左京区聖護院川原町54
京都大学医学部耳鼻咽喉科学教室)