

## 錐体尖の含気化について

東京医科歯科大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：小松崎 篤）

辺土名 仁，大久保 仁，堤 剛，田 中 英 和，小松崎 篤

### PNEUMATIZATION OF THE PETROUS APEX

HITOSHI HENTONA, M.D., JIN OHKUBO, M.D., TSUYOSHI TSUTSUMI, M.D.  
HIDEKAZU TANAKA, M.D. and ATSUSHI KOMATSUZAKI, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, School of Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo

Pneumatization of the petrous apex was investigated in 226 subjects without middle ear disease by means of target imaging CT.

The degree of pneumatization of all subjects was 32.7% (148/452 ears), but no difference in degree was revealed with distinction of bilateral ears or between sexes. In 148 ears with pneumatization of the petrous apex, a higher degree of pneumatization was found in larger mastoid cavities, suggesting that pneumatization of the petrous apex correlates with pneumatized air cells in other parts of the temporal bone. Pneumatization of all parts of the petrous apex was found in about 40% (58/148 ears), and of some parts in about 60% (90/148 ears). In the latter cases, pneumatized air cells were more often found in the lower portions of the CT slices than in the higher ones.

These results indicate that pneumatization of the petrous apex must be taken into consideration in studies measuring the gas composition and volume of the middle ear.

**Key words:** 錐体尖，含気化，CT

A97—0450—22016

#### はじめに

側頭骨の含気化と中耳腔換気機能には高い相関関係があると推測される。文献的には、乳突蜂巣の形成と発育に関する研究<sup>1)~4)</sup>や気体体積—圧力特性による含気腔の体積測定<sup>5)</sup>などが報告され、最近では中耳腔内のガス代謝の計測<sup>6)7)</sup>も行われている。これら含気空洞を対象とした測定結果には、鼓室や乳突蜂巣のみならず錐体尖含気部の影響も考えられ、この部位の含気化の有無や大きさの検討が重要となる。しかし側頭骨の含気化についてはこれまで乳突蜂巣を中心とした報告が多く、各成書<sup>7)~12)</sup>にも錐体尖含気化に関する記載は少ない。また錐体尖に関する報告を年代的に見ても、抗生物質が発見される以前で錐体尖炎から容易に頭蓋内合併症が誘発された1930~1940年代に集中している。その頃の解析は単純レ線や病理組織学的検索を中

心に行われており、近年の抗生物質の開発やCT装置開発後の報告<sup>13)14)</sup>は数少ない。

今回我々は、中耳腔換気に関する生理学的解析の基礎的データとする目的で、側頭骨CTによる錐体尖含気化を検索して病理組織学的検索を中心とするこれまでの報告と比較検討した。

#### 対象と方法

対象は平成2年1月より平成3年12月までの2年間に、川口工業病院耳鼻咽喉科にて両側側頭骨のTarget Imaging CTを施行した226名（452耳）である。これらは中耳疾患と聴神経腫瘍を除くめまい、耳鳴、感音難聴症例で、読影上中耳や内耳に器質的異常所見を認めないものである。性別は男性108名、女性118名で、年齢は22歳より79歳で、平均年齢は50.8歳であった

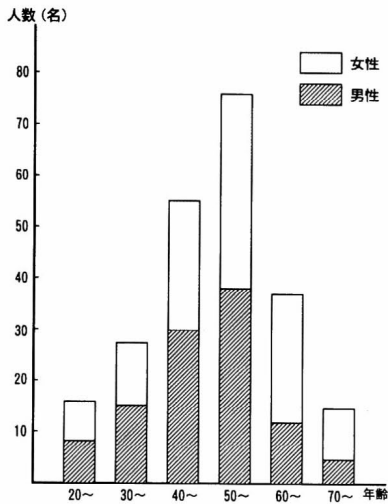


図1 対象症例の年齢分布である。男性108名、女性118名で、平均年齢は50.8歳である。

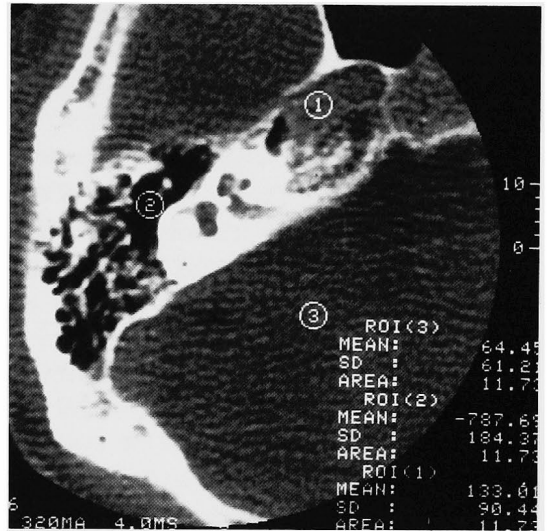


図2 平均CT値の測定方法である。目的とする部位にROI (Region of Interest, 関心領域)を設定すると、図右下のように平均CT値が表示される。

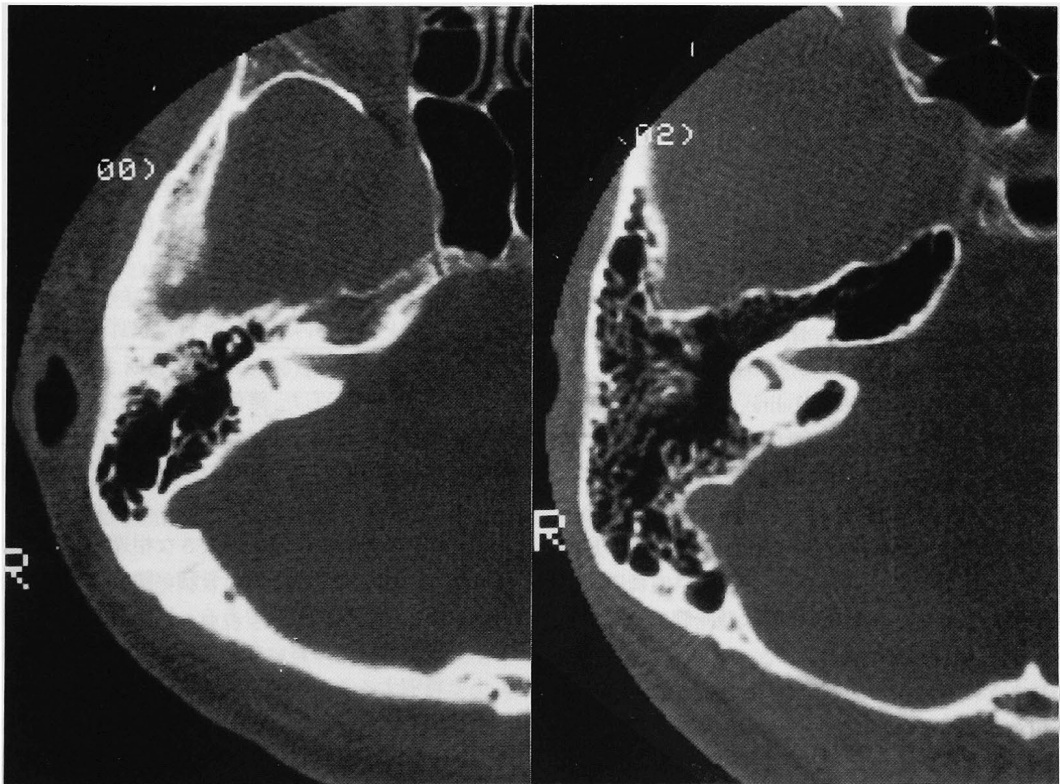


図3 症例のCT像である。左は乳突蜂巣が中の大きさで、錐体尖は乳突蜂巣の陰影と異なり骨髄の存在が分かる。右は乳突蜂巣が大であり、錐体尖全体が含気化している。

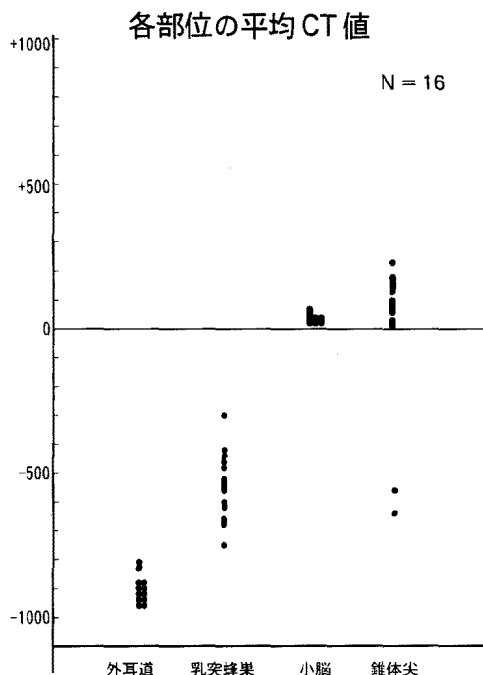


図4 各部位の平均CT値である。外耳道は $-909 \pm 38.3$ 、乳突蜂巣は $-561.5 \pm 100.7$ 、小脳半球は $39.2 \pm 11.7$ であった。錐体尖は骨髓ありと読影された14耳では $126.4 \pm 123.1$ で、含気ありと読影された2耳では $-590.3 \pm 59.8$ であった。

(図1)。

使用したCT装置は横河CT 8600で、管電圧は120 KPV、管電流は250 mAである。スライス幅とスライス間隔はともに2mmとし、骨モード撮影のためウィンドウ幅は2000、ウィンドウレベルは+300とした。撮影方向はOM (Orbitomeatal) lineに平行な水平断とし、拡大率約1.8倍で両側側頭骨の高分解能部分拡大再構成を行った。各症例ごとに得られた8～10枚のスライスで、両側の錐体尖含気化や乳突蜂巣を検討した。Allam<sup>15)</sup>は解剖学的に錐体尖をApical areaとPeritubal areaに分類しているが、今回我々は内耳道前壁と蝸牛面より前方で、内頸動脈管より内側に位置するいわゆるApical areaを検討した。

これまでの報告<sup>15)～19)</sup>のように錐体尖には骨髓の存在も知られているため、フィルム上で錐体尖の含気部と骨髓を鑑別できるか確認する必要があった。そこで正常成人16耳のCT生データをフロッピーディスクに記録し、錐体尖で骨髓のみが存在すると判読された14耳と含気化ありと判読された2耳について、平均CT

値の相違と読影結果を検討した(図2)。また錐体尖周辺部位すなわち空気のみを含有する外耳道内、含気良好であるが蜂巣骨を含んでいる乳突蜂巣、空気を含まない小脳半球を対象とし、これらのCT測定値を判読の参考とした。

対象とした全症例の解析では、性別、左右別、年齢別の錐体尖含気化について検討し、次に乳突蜂巣の大きさと錐体尖含気化との関連を検討した。方法は、各スライスのなかから前庭、内耳道、錐体尖を同時に含む単一スライスを選び、プランメーター(牛方社製X-PLAN 360)を用いて乳突蜂巣断面積を大(500mm<sup>2</sup>以上)、中(200～500mm<sup>2</sup>)、小(200mm<sup>2</sup>以下)と3分類した(図3)。そして、この乳突蜂巣断面積によって分けられた各群の耳数と錐体尖含気化ありを検討して錐体尖含気率を求めた。また各症例ともCTの全スライスを検討し、錐体尖部の含気化が錐体尖全体を占めるのか、あるいは部分的に存在するのかを判別した。部分含気化の場合には、含気部分が錐体尖のなかで頭頂側に存在するのかあるいは頭蓋底側に存在するのかも確認した。

## 結 果

CT生データを記録できた16耳で各部位の平均CT値を比較した(図4)。その結果、外耳道は $-909 \pm 38.3$ 、乳突蜂巣は $-561.5 \pm 100.7$ 、小脳半球は $39.2 \pm 11.7$ であった。すなわち測定部位に空気を含む外耳道と乳突蜂巣は全例ともマイナスレベルを示し、空気を含まない小脳半球はマイナスレベルを示さなかった。錐体尖では、読影上骨髓のみと判断された14耳の平均値CTは $126.4 \pm 123.1$ で、含気化ありと判断された2耳は $-590.3 \pm 59.8$ を示した。錐体尖に含気化ありと判断された症例のCT値は、蜂巣骨に空気を含む乳突蜂巣と同様な値を示しており、骨髓のみと判断された症例のCT値とは明らかに異なっていた。このようなCT値の相違はフィルム上で陰影の大きな相違として表現されるので、錐体尖で含気部と骨髓が隣接してもフィルム上で両者の判別が可能である。以上の結果は、今回対象とした全症例において錐体尖含気の有無をフィルム上で判別することの信頼性を裏付けている。

全症例226名の錐体尖含気化を検討すると、452耳のうち148耳(32.7%)に錐体尖含気化を認めた。性別では男性216耳のうち67耳(31.0%)に含気化を認め、女性236耳のうち81耳(34.3%)に含気化を認めた。含気化に性差は認めなかった。また左右別の検討では、

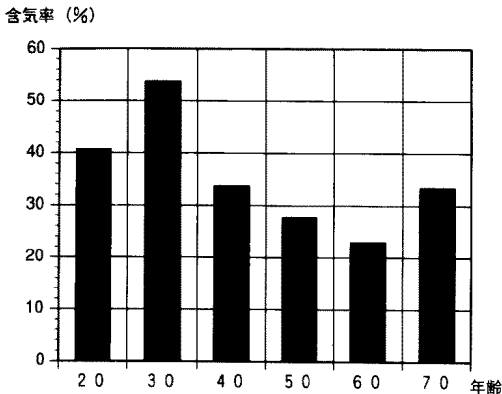


図5 年齢別の錐体尖含気率である。20～30歳代の含気率は60歳代の含気率よりも高かった。70歳代の高含気率は原因不明である。

表1 乳突蜂巣の大きさと錐体尖含気率との関係である。乳突蜂巣面積が大の症例群では錐体尖含気率が一番高く、乳突蜂巣面積が小の症例群では含気率も一番低かった。

| 乳突蜂巣面積と錐体尖含気率    |                    |
|------------------|--------------------|
| 乳突蜂巣面積           | 大：102/160耳 (63.8%) |
| 〃                | 中：39/175耳 (22.3%)  |
| 〃                | 小：7/117耳 (5.9%)    |
| 148/452耳 (32.7%) |                    |

表2 錐体尖含気化の範囲を示した。錐体尖全含気化は約4割で、部分含気化は約6割であった。部分含気化のうち、頭蓋底側の含気化が頭頂側のそれに比べて優位であった。

| 錐体尖含気化の範囲 |                 |
|-----------|-----------------|
| 錐体尖全含気    | 58/148耳 (39.2%) |
| 錐体尖部分含気   |                 |
| 頭頂側       | 25/148耳 (16.9%) |
| 頭蓋底側      | 65/148耳 (43.9%) |

右側は77耳、左側は71耳に含気化を認め、左右差を認めなかった。年齢別の検討では(図5)、30歳代の含気化が一番高率で54耳のうち29耳(53.7%)に含気化を認めた。逆に60歳代が一番低率で74耳のうち17耳(22.9%)に含気化を認めた。また片側性含気化は38耳で、両側性含気化は110耳であった。この両側性含気化のうち100耳は左右の乳突蜂巣がほぼ同じ大きさで、10耳のみで左右の乳突蜂巣の大きさが異なっていた。

乳突蜂巣面積と錐体尖含気化の関係を検討した

(表1)。乳突蜂巣面積が大(500mm<sup>2</sup>以上)と分類された全160耳のうち102耳(63.8%)に錐体尖含気化を認めた。同様に中(200～500mm<sup>2</sup>)と分類された全175耳のうち39耳(22.3%)に錐体尖含気化を認め、小(200mm<sup>2</sup>以下)と分類された全117耳では7耳(5.9%)に含気化を認めた。このように錐体尖含気化は乳突蜂巣面積の大きな症例で高率に認められた。

次に錐体尖含気化が錐体尖のどの部分を占めるのか、CTの全スライスを用いて検討した(表2)。錐体尖全体が含気化したのは148耳のうち58耳(39.2%)で、部分的に含気化したのは90耳(60.8%)であった。部分含気化を示した例のうち、頭頂側のみに含気化を示したのは148耳のうち25耳(16.9%)で、頭蓋底側のみの含気化は148耳のうち65耳(43.9%)であった。このように錐体尖含気化は全含気化が約4割で、部分含気化が約6割を占め、部分含気化を示した場合には頭蓋底側の含気化が優位であった。

## 考 察

側頭骨含気腔は中耳腔換気機能に影響する重要な因子であるが、これまでの報告<sup>1)～4)</sup>や各成書<sup>8)～12)</sup>は乳突蜂巣の形成と発育を中心に検討しており、錐体尖の含気化に関する記載は少ない。一方、錐体尖含気化に関する研究は1930～1940年代に多数報告されており、有効な抗生物質がなく中耳炎やこれに伴う錐体尖炎から頭蓋内合併症を併発して死に至る症例の多かった時代の報告である。この時代にはCT装置というすぐれた機器もなくレ線学的解析も遅れていたため、側頭骨の病理組織学的または解剖学的解析が絶対的な信頼性を得ていた。Hagens<sup>20)</sup>は50個の側頭骨標本にて錐体尖含気率は34%とし、Lindsay<sup>21)</sup>は100個の側頭骨標本にめ21%、Myerson<sup>22)</sup>は200個の側頭骨標本にて11%であると報告している。これらの報告は錐体尖を蝸牛面と内耳道前壁より前方で内頸動脈管より内側部と定義しているが、全体として錐体尖含気化の割合は約10～30%としている。その後、Allam<sup>15)</sup>、Schuknecht<sup>17)</sup>により側頭骨全体の含気部の分類とその含気化ルートが解析され、これが今日の教科書的内容<sup>11)12)</sup>の基本となっている。Allamは錐体尖をPeritubal areaと今回我々が対象としたApical areaとに分けてそれぞれの含気化ルートを解析しているが、錐体尖含気率に関する解析は行っていない。またCTによる錐体尖含気化の解析は報告が少なく、Chole<sup>13)14)</sup>が錐体尖炎に関して報告しているにすぎない。以上のように錐体尖含気

化に関しては各時代の必要性に従って解析されてきたが、我々のようなCTを用いたレ線学的解析の報告は少ない。解析の精度に関しては病理組織学的手法が最善であるが、中耳疾患を有しない多症例での解析を行うには難点がある。一方、レ線学的解析は一度に多数の症例を検討できる利点を有しているが、単純レ線では蜂巣の重なりと解析精度の問題があり信頼度が低かった<sup>19)</sup>。そこで我々はレ線学的解析方法の一つである側頭骨CTを用いて中耳疾患を有しない側頭骨の解析を行った。

今回の452耳における解析では、錐体尖に含気化を認めたのは全体として32.7%であった。これは側頭骨の病理組織学的検討によるHagensの34%とほぼ同様であったが、彼は分析に用いた側頭骨が具体的にどのような疾患を有していたのか記載していない。中耳炎や錐体尖炎をきたした側頭骨によるLindsayの21%やMyersonの11%よりも我々の結果は高い錐体尖含気率を示したが、それは中耳疾患の既往のない側頭骨を分析したためと推測される。また錐体尖含気化の性差や左右差に関しては、我々の結果は有意差を認めなかったが、これも中耳疾患を有しない症例を対象としたためと考えられる。中耳疾患を有する場合には患側と健側で錐体尖含気化に有意差があると推測されるが、これまでの報告<sup>20)~23)</sup>ではこの件に関してはほとんど明らかにされていない。つぎに年齢別の錐体尖含気化であるが、Diamont<sup>1)2)</sup>やRubensohn<sup>4)</sup>は小児の乳突蜂巣の発育様式を解析し、ほぼ12~15歳で蜂巣の発育が完成するとしている。しかし含気蜂巣発育の終了した成人で中耳疾患を有しない症例の錐体尖含気化に関する報告は、我々が渉猟した範囲では認めなかった。今回の結果では、20~30歳代と50~60歳代の錐体尖含気化はその比率が異なっており、若い世代で含気率が高かった。含気蜂巣の発育が10歳代で完成することを考えると、この結果は加齢による錐体尖含気率の減少と考えるよりも、他の要因が関与した世代による含気率の相違と考える方が妥当である。しかし対象とした各世代の耳数が少ないために今回の結果のみでは結論づけられず、今後症例数を増やし、その他多くの要因を検討することが必要である。

乳突蜂巣面積と錐体尖含気率との関連については、乳突蜂巣面積が大では63.8%、中では22.3%、小では5.9%に錐体尖含気化を認めた。このように乳突蜂巣面積が大きいほど錐体尖含気化も高率に認められ、錐体尖含気化は独立して起こるのではなく側頭骨の他の部

位の含気化とも関連することが結論づけられた。この結果は本研究に際して予測されたことであったが、この点に関する報告は少ない。その理由は、乳突蜂巣の大きさと各疾患との関連性についてはレ線学的検討が容易なために多数検討されてきたが<sup>8)1)~4)25)26)</sup>、錐体尖含気化についてはレ線上での描出が困難なため検討した報告が少なかったためと考えられる。さらに病理組織学的検討では含気化ルートについては詳細に検討できるが、乳突蜂巣全体の面積を測定するには難点があったためと推測される。この錐体尖含気率の結果を逆に考えると、乳突蜂巣面積が大の場合でも約4割の症例で錐体尖の含気化が見られない。そのため気体体積—圧力特性による中耳腔の体積測定や質量分析計による中耳腔のガス分析を行う場合には、乳突蜂巣の発育良好な例ほど錐体尖含気化について考慮する必要がある。すなわち中耳腔の体積測定やガス分析に際して単純レ線のみで側頭骨含気蜂巣の体積などを推測すると、約4割という高い確率で錐体尖の非含気部の推測誤差を生じることが考えられ、レ線による予測値と測定値とのバラツキが大きくなる可能性が示唆される。そして測定値と予測値との相関を求めた場合には、錐体尖含気化を認める群とそうでない群との2相性の分布を示す可能性も考えられる。そのため今後、中耳腔の体積測定やガス分析を詳細に解析する場合には、単純レ線だけではなく今回のようなCTを用いた検索も重要になると推察される。

錐体尖含気化形成の検討では、錐体尖含気化を示した148耳のうち約6割に部分含気化を認め、約4割に錐体尖全体の含気化が認められた。部分含気化を認めた症例のうち、頭蓋底側のみの含気化は約4分3で、頭頂側のみの含気化は約4分の1であった。Allam<sup>15)</sup>はApical areaへの含気化ルートをHypotympanic tract, Peritubal tract, Perilabyrinthine tractの3つに分類しているが、錐体尖含気化においてこの3ルートのうちどの経路が優位であるのかは記載していない。今回の解析結果すなわち錐体尖含気化は頭頂側よりも頭蓋底側において優位であったことを考慮すると、Allamの示した3ルートのうちHypotympanic tractもしくはそれにPeritubal tractを加えた側頭骨の尾側寄りのルートの優位性が推定される。これは側頭骨含気蜂巣の発育において、胎児期の鼓室耳管孔より含気化が始まり、これが順次鼓室からAntrumそして乳突蜂巣を形成したのちに錐体尖部に至るというDiamont<sup>1)2)</sup>の説を裏付けるものと考えられる。Per-

ilabyrinthine tract は Allam, Schuknecht, Anson らの解析では前半規管の近傍を通るルートであるが、このルートを通る錐体尖含気化は我々の予測よりも低率であった。このことは単純レ線、特にステンバース法で錐体尖含気化を判定する場合、内耳道上壁に投影される含気蜂巣よりも内耳道下壁へ投影される含気蜂巣に留意すべきことが示唆される。これは中耳腔の体積測定やガス分析においても注意すべき問題点と考えられる。

以上のように側頭骨 CT による錐体尖含気化の解析は、撮影条件と分析項目を適切に設定し、解析精度の限界を認識して行えば、これまでの病理組織学的解析に劣らない結果を得ることができる。さらに中耳疾患のない多数耳の解析も可能であるため、今後の中耳腔換気に関する研究の一助になると考えられる。

#### ま と め

- 1) 側頭骨 CT を用いて、中耳疾患の既往のない226名(452耳)の錐体尖含気化について検討した。
- 2) 錐体尖含気化は全症例の約3割に認められた。
- 3) 錐体尖含気化に性差、左右差は認めなかった。
- 4) 年代別の錐体尖含気率の相違では、20～30歳代の含気率は60歳代のそれに比べて高かった。
- 5) 錐体尖含気化は乳突蜂巣の大きい症例で高率に認められた。これは錐体尖の含気化は側頭骨の他の部位の含気化とも関連することを示唆している。
- 6) 錐体尖含気化を認めた症例のうち、錐体尖部分含気化は約6割で、全含気化は約4割であった。
- 7) 錐体尖部分含気化の場合には、頭頂側よりも頭蓋底側で含気化が優位であった。
- 8) 以上の結果は、中耳腔の体積測定やガス代謝の計測に際して、錐体尖含気化についても留意すべきであることを示している。

#### 参 考 文 献

- 1) Diamont M: Mastoid pneumatization and normal curve distribution. *Acta Otolaryngol* 60: 169-174, 1964.
- 2) Diamant M: The "pathologic size" of the mastoid air cell system. *Acta Otolaryngol* 60: 1-10, 1965.
- 3) Palva T, Palva A: Size of the human mastoid air cell system. *Acta Otolaryngol* 62: 237-251, 1966.
- 4) Rubensohn G: Mastoid pneumatization in children at various ages. *Acta Otolaryngol* 60: 11-14, 1965.
- 5) Flisberg K, Zsigmond M: The size of the mastoid air cell system. *Acta Otolaryngol* 60: 23-29, 1965.
- 6) Luntz M, Sadé J: Dynamic measurement of gas composition in the middle ear. I: Technique. *Acta Otolaryngol* 113: 349-352, 1993.
- 7) Sadé J, Luntz M: Dynamic measurement of gas composition in the middle ear. II: Steady State Values. *Acta Otolaryngol* 113: 353-357, 1993.
- 8) 後藤敏郎, 白岩俊雄, 北村 武, 山本 馨, 渡辺 勲 他: 耳鼻咽喉科学. 第2版: 医学書院, 東京, 1968.
- 9) 野村恭也, 日野原 正, 水越 治, 中野雄一, 荻野洋一 他: 耳鼻咽喉科・頭頸部外科全書 1-A. 金原出版, 東京, 1985.
- 10) English GM: Otolaryngology. Revised edition. Harper & Row, Combridge, 1979.
- 11) Kerr AG, Groves J: Scott-Brown's Otolaryngology. Fifth edition. Butterworths, London, 1987.
- 12) Paparella MM, Shumrick DA: Otolaryngology. Second edition. Saunders, Philadelphia, 1980.
- 13) Chole RA, Donald PJ: Petrous apicitis; Clinical considerations. *Ann Otolaryngol* 92: 544-551, 1983.
- 14) Chole RA: Petrous apicitis; Surgical anatomy. *Ann Otolaryngol* 94: 251-257, 1985.
- 15) Allam AF: Pneumatization of the temporal bone. *Ann Otolaryngol* 78: 49-64, 1969.
- 16) Friedmann I: Pathology of the ear. First edition. Blackwell, Oxford, 1974.
- 17) Schuknecht HF: Pathology of the ear. Harvard University Press, Cambridge, 1974.
- 18) Anson BJ, Donaldson JA: Surgical anatomy of the temporal bone. Third edition. Saunders, Philadelphia, 1981.
- 19) Anson BJ, Wilson JG, Gaardsome JP: Air cells of petrous portion of temporal bone in a child four and a half years old. A study based on wax plate reconstructions. *Arch Otolaryngol* 27: 588-605, 1938.
- 20) Hagens EW: Anatomy and pathology of the petrous bone. Based on a study of fifty temporal bones. *Arch Otolaryngol* 19: 559-573, 1934.
- 21) Lindsay JR: Petrous pyramid of temporal bone. Pneumatization and roentgenologic appearance. *Arch Otolaryngol* 31: 231-255, 1940.
- 22) Myerson MC, Rubin H, Gilbert JG: Anatomic studies of the petrous portion of the temporal bone. *Arch Otolaryngol* 20: 195-210, 1934.

- 23) Farrior JF: The sublabrynthine exenteration of the petrous apex. *Ann Otolaryngol* 51: 1007-1015, 1942.
- 24) Hug JE, Pfaltz CR: Temporal bone pneumatization. A planimetric study. *Arch Otolaryngol* 233: 145-156, 1981.
- 25) 今井昭雄, 中野雄一, 高橋 姿: 側頭骨含気蜂巢 — 炎症による影響—. *耳鼻咽喉科* 50: 633-640, 1978.
- 26) 青木和博, 本多芳男: 人側頭骨の正常蜂巢発育と抑制

部位. 耳展 36: 14-22, 1993.

---

この論文の一部は第55回耳鼻咽喉科臨床学会(横浜)にて口演した.

---

(1993年 8月25日受稿 1993年11月 4日受理)

別刷請求先 〒113 東京都文京区湯島1-5-45

東京医科歯科大学医学部耳鼻咽喉科学教室 辺土名 仁