

高分解能CTによる  
真珠腫性中耳炎の定量的研究

菊地 茂

高分解能CTによる  
真珠腫性中耳炎の定量的研究

菊地 茂

## 目 次

	頁
I. 緒言 -----	1
II. 研究方法 -----	1
1. ファントーム実験 -----	1
2. 患者対象 -----	2
3. 臨床例における撮影方法と撮影条件 -----	2
4. 臨床例における読影断層面と計測部位 -----	2
5. 臨床例における検討項目 -----	4
III. 研究結果 -----	4
1. ファントーム実験 -----	4
2. 真珠腫症例と慢性化膿性中耳炎症例の中耳腔計測値の比較検討 -----	10
3. 乳突洞進展型と乳突洞非進展型の中耳腔計測値の比較検討 -----	10
4. 弛緩部型と緊張部型の中耳腔計測値の比較検討 -----	10
IV. 考察 -----	14
1. 真珠腫性中耳炎について -----	14
2. 中耳の高分解能CTについて -----	15
3. 臨床例における研究結果の分析とその解釈 -----	16
1) 真珠腫症例と慢性化膿性中耳炎症例の中耳腔計測値の比較検討 -----	16
2) 乳突洞進展型と乳突洞非進展型の中耳腔計測値の比較検討 -----	21
3) 弛緩部型と緊張部型の中耳腔計測値の比較検討 -----	21
4. 本研究の臨床的意義 -----	23
V. 結語 -----	25
VI. 文献 -----	26

## I. 緒言

真珠腫性中耳炎（真珠腫と略）は程度の差はあれ骨破壊を特徴とし、その進展によって中耳構造物を破壊し、中耳炎合併症を惹起し得ることは周知のごとくである。しかし、骨破壊様式を計測することを、中耳構造を損なうことなく術中に行うことは困難であり、また、真珠腫（未治療）症例の側頭骨標本を多数得て計測することも実際上不可能である。真珠腫耳の中耳腔を定量的に検討した報告としては多方向断層撮影法（冠状断および矢状断）を用いた後藤の報告<sup>1)</sup>があるのみである。今回、高分解能CT画像（軸位断および冠状断）を用いて、真珠腫および慢性化膿性中耳炎症例における中耳腔各部位の計測を行い、真珠腫の骨破壊様式を慢性化膿性中耳炎との対比において検討した。また、真珠腫の進展範囲や表皮侵入部位の相違による中耳腔各部位の計測値の異同を検討し、真珠腫各型の骨破壊病態について考察した。

臨床的検討に先立って、真珠腫（または慢性化膿性中耳炎）症例のCT画像上の計測値が実際の真珠腫（または慢性化膿性中耳炎）症例の側頭骨における実測値と比較して、どの程度の誤差が生ずるかを検討する目的でヒト側頭骨を用いたファントーム実験を行った。

## II. 研究方法

使用したCT機種はGE社製CT/T9800、撮影条件は管電圧120kVp、管電流140mA、スライス幅は1.5mm、撮影時間は4秒である。ディスプレイ条件はウィンド幅4000、ウィンドレベル+440とした。CT画像は高分解能部分拡大再構成を行い、有効視野96mm、マトリックス数512×512、ピクセルサイズ0.1875mmである。

### 1. ファントーム実験

正常ヒト屍体側頭骨をポリエチレン製容器に入れ、 $K_2HPO_4$ （リン酸水素二カリウム）水溶液（15mg/ml；平均CT値24H.U.）に浸し、中耳腔内の空気を除去後にCT画像を撮影した。CT画像上で側頭骨各部位の骨の幅を25カ所計測し、CT画像で計測した部位と同一部位を側頭骨で実測し、両者の計測値を比較した。CT画像または側頭骨の計測に

はミットヨ社製の精密ノギス（デジマチック・キャリパー<sup>®</sup>；精度1/100mm）を使用した。計測値には、同一部位を同一操作で独立して3回計測した値の平均値を用いた。CT画像上での計測値は画像に表示されたスケールから実体値に換算した。

## 2. 患者対象

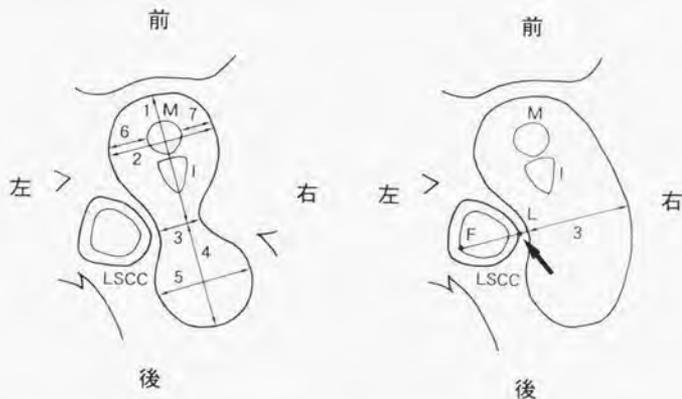
竹田総合病院耳鼻咽喉科において、手術により真珠腫の進展範囲を確認した真珠腫性中耳炎70例（73耳）、および乳突削開術を要した慢性化膿性中耳炎56例（60耳）において、術前に撮影した軸位断および冠状断の高分解能CT（High Resolution Computed Tomography）画像を研究対象とした。患者年齢は、真珠腫70例では15歳～75歳（平均46.0歳）であり、慢性化膿性中耳炎56例では18歳～68歳（平均48.6歳）である。真珠腫の進展範囲別分類では、真珠腫が乳突洞に進展していた乳突洞進展型が35耳、真珠腫が乳突洞に進展していなかった乳突洞非進展型が38耳である。また、鼓膜における真珠腫表皮の侵入部位別分類では、表皮侵入部位が鼓膜弛緩部に存在する弛緩部型が52耳であり、鼓膜緊張部に存在する緊張部型が21耳である。中耳手術の既往のある症例は除外した。

## 3. 臨床例における撮影方法と撮影条件

患者で軸位断（Orbitomeatal line；OM lineに対し0°）と冠状断（OM lineに対し90°）撮影を行った。スライス間隔は1.5mm、撮影時間は軸位断で4秒、冠状断で3秒である。

## 4. 臨床例における読影断層面と計測部位

軸位断では、外側半規管レベル（外側半規管の全周をよく描出するスライス）で検討した（図1）。このレベルでは、上鼓室の前後径および左右径、乳突洞口の左右径、乳突洞の前後径および左右径、ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離を計測した。乳突洞口の左右径では骨破壊により乳突洞口の位置が不明確になることがある。画像上で外側半規管の最外側点をL点、外側半規管の後端をF点とすると、正常例および慢性化膿性中耳炎症例では、F点とL点を結ぶ線上に乳突洞口が位置するため、乳突洞口の骨破壊がみられる場合には、F点とL点を結ぶ線上にお



- |            |                               |
|------------|-------------------------------|
| 1. 上鼓室前後径  | 6. ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離       |
| 2. 上鼓室左右径  | 7. ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離       |
| 3. 乳突洞口左右径 | L: 外側半規管の最外側点                 |
| 4. 乳突洞前後径  | F: 外側半規管の後端                   |
| 5. 乳突洞左右径  | LSCC: 外側半規管, M: ツチ骨, I: キヌタ骨, |

図1. 軸位断外側半規管レベルの計測部位(右耳)

左図は乳突洞口の拡大がみられない場合で、右図は乳突洞口の拡大が著明な場合を示す。右図の如く真珠腫により乳突洞口の拡大が著明な場合には、外側半規管の最外側点(L点: 矢印)と外側半規管の後端(F点)を結ぶ線上の軟部組織または空気陰影の幅を乳突洞口の左右径とする。

ける軟部組織または空気陰影の幅を乳突洞口の左右径とした。

冠状断では、蝸牛レベル（蝸牛各回転の形態が最もよく読影できるスライス；図2）、前庭レベル（前庭・外側半規管・前半規管がよく読影できるスライス；図3）、乳突洞レベル（前庭レベルより4.5mm後方で後半規管が読影できるスライス；図4）の3面で検討した。蝸牛レベルでは上鼓室の左右径、ツチ骨頭から天蓋までの距離、前庭レベルでは乳突洞口の上下径および左右径、外側半規管から側頭骨外側縁までの距離、乳突洞レベルでは乳突洞の上下径および左右径、乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離を計測した。なお、CT画像の計測方法はファントーム実験と同一の方法を用いた。

### 5. 臨床例における検討項目

第一に真珠腫症例と慢性化膿性中耳炎症例の中耳腔各部位の計測値を、第二に乳突洞進展型真珠腫症例と乳突洞非進展型真珠腫症例の中耳腔各部位の計測値を、第三に弛緩部型真珠腫症例と緊張部型真珠腫症例の中耳腔各部位の計測値を比較検討した。各群の計測値は正規分布に従うと仮定し、各群間にはt検定を用いて比較検定した。

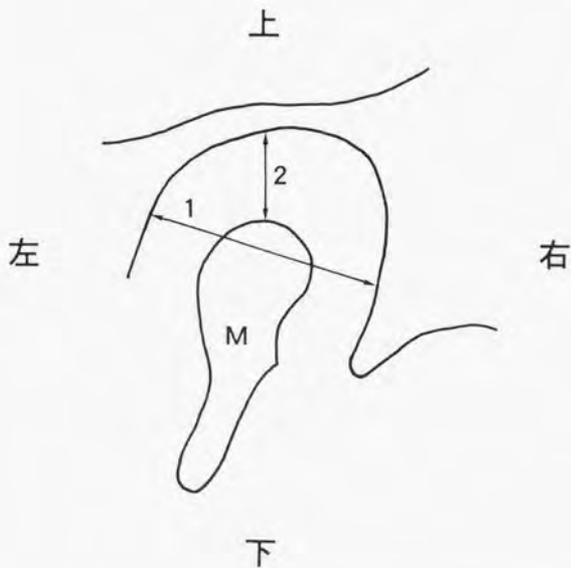
## III. 研究結果

### 1. ファントーム実験

CT画像上の計測値（X）と側頭骨の実測値（Y）の比較を表1に示す。両者の関係は図5に示す回帰関係（相関係数：0.996）を示し、YのXに対する回帰直線は、

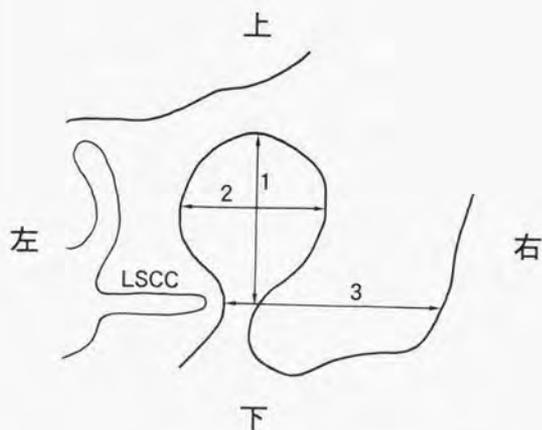
$$Y = 0.969X + 0.026$$

となる。回帰直線からの標準偏差は0.15であり、XからYを推定する場合、95%信頼区間は図5の点線範囲に示される領域となる。即ち、CT画像上で各々1.0mm、5.0mm、10.0mmと計測された場合、側頭骨の実測値の95%信頼区間は各々 $1.0 \pm 0.3$ mm、 $4.9 \pm 0.3$ mm、 $9.7 \pm 0.3$ mmとなる（変動係数：2.43）。このようにXからYを推定する場合にその誤差が僅少であるため、以下に述べる真珠腫および慢性化膿性中耳炎症例の中耳腔各部位の計測値としては、CT画像上の計測値をもって実測値に対応せしめた。



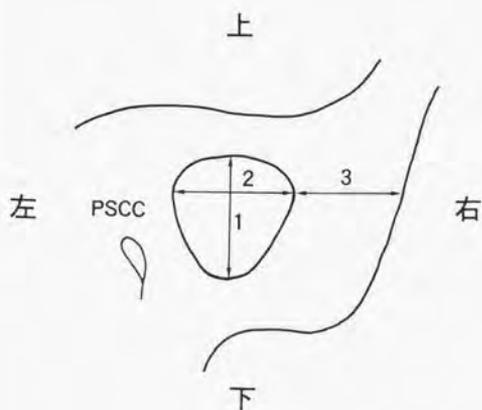
1. 上鼓室左右径
  2. ツチ骨頭から天蓋までの距離
- M: ツチ骨

図2. 冠状断蝸牛レベルの計測部位(右耳)



1. 乳突洞口上下径
  2. 乳突洞口左右径
  3. 外側半規管から側頭骨外側縁までの距離
- LSCC : 外側半規管

図3. 冠状断前庭レベルの計測部位 (右耳)



1. 乳突洞上下径
  2. 乳突洞左右径
  3. 乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離
- PSCC : 後半規管

図4. 冠状断乳突洞レベルの計測部位(右耳)

部位	X(mm)	Y(mm)	部位	X(mm)	Y(mm)
1	3.8	3.9	14	2.2	1.9
2	1.3	1.3	15	3.9	3.8
3	1.0	0.9	16	3.2	3.1
4	15.4	15.0	17	10.1	9.8
5	7.5	7.1	18	6.8	6.6
6	2.0	1.9	19	3.8	3.9
7	19.6	19.1	20	6.2	5.9
8	1.1	1.0	21	10.7	10.6
9	9.2	8.7	22	4.3	4.3
10	2.2	2.4	23	10.9	10.5
11	13.6	13.0	24	17.2	16.8
12	1.0	1.0	25	1.9	2.1
13	2.7	2.8			

表1. CT画像上の計測値(X)と側頭骨の実測値(Y)の比較

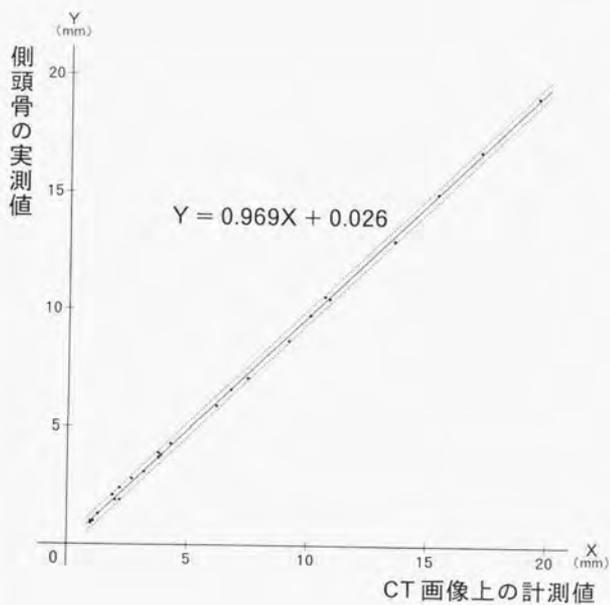


図5. CT画像上の計測値(X)と側頭骨の実測値(Y)の関係  
点線間の区間は95%信頼区間を示す。(相関係数: 0.996)

## 2. 真珠腫症例と慢性化膿性中耳炎症例の中耳腔計測値の比較検討

真珠腫および慢性化膿性中耳炎症例における中耳腔各部位の計測結果を表2に示す。

軸位断で両群の計測値に有意差 ( $p < 0.01$ ) を認めた部位は、上鼓室左右径、乳突洞口左右径、乳突洞前後径、乳突洞左右径、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離であり、真珠腫症例が慢性化膿性中耳炎症例より大きな計測値を示した。上鼓室前後径およびツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離は両群間に有意差を認めなかった。

冠状断で両群の計測値に有意差を認めた部位は、上鼓室左右径、乳突洞口上下径、乳突洞左右径、乳突洞上下径、乳突洞左右径 (以上、 $p < 0.01$ )、外側半規管から側頭骨外側縁までの距離 ( $p < 0.05$ ) であり、いずれも真珠腫症例が大きな計測値を示した。ツチ骨頭から天蓋までの距離および乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離は両群間に有意差を認めなかった。

## 3. 乳突洞進展型と乳突洞非進展型の中耳腔計測値の比較検討

乳突洞進展型および乳突洞非進展型における中耳腔各部位の計測結果を表3に示す。

軸位断で両群間に有意差 ( $p < 0.01$ ) を認めた部位は、乳突洞口左右径および乳突洞左右径であり、いずれも乳突洞進展型が乳突洞非進展型と比較して大きな計測値を示した。上鼓室前後径、上鼓室左右径、乳突洞前後径、ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離は両群間に有意差を認めなかった。

冠状断で両群間に有意差を認めた部位は、上鼓室左右径、乳突洞口上下径、乳突洞口左右径、乳突洞上下径、乳突洞左右径 (各、 $p < 0.01$ )、および乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離 ( $p < 0.05$ ) である。乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離では乳突洞進展型が有意に小さな計測値を示し、他の部位では乳突洞進展型が有意に大きな計測値を示した。ツチ骨頭から天蓋までの距離および外側半規管から側頭骨外側縁までの距離は両群間に有意差を認めなかった。

## 4. 弛緩部型と緊張部型の中耳腔計測値の比較検討

弛緩部型および緊張部型における中耳腔各部位の計測結果を表4に示す。

	真珠腫性 中耳炎 (n=73)	慢性化膿性 中耳炎 (n=60)	有意差
軸位断			
[外側半規管レベル]			
上鼓室前後径	10.6 (1.5)	10.3 (1.7)	
上鼓室左右径	6.7 (1.0)	6.1 (0.6)	**
乳突洞口左右径	4.1 (2.6)	2.8 (0.7)	**
乳突洞前後径	9.9 (2.9)	8.7 (2.3)	**
乳突洞左右径	6.9 (2.9)	5.7 (1.7)	**
ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離	1.9 (0.7)	1.8 (0.5)	
ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離	2.2 (1.0)	1.4 (0.4)	**
冠状断			
[蝸牛レベル]			
上鼓室左右径	6.5 (1.7)	4.9 (0.5)	**
ツチ骨頭から天蓋までの距離	2.2 (1.2)	2.0 (0.9)	
[前庭レベル]			
乳突洞口上下径	6.4 (1.8)	4.9 (1.1)	**
乳突洞口左右径	6.7 (2.4)	4.8 (1.0)	**
外側半規管から側頭骨外側縁までの距離	17.4 (2.7)	16.4 (3.0)	*
[乳突洞レベル]			
乳突洞上下径	10.0 (3.3)	8.3 (1.6)	**
乳突洞左右径	8.0 (2.8)	6.9 (1.6)	**
乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離	10.4 (3.5)	11.2 (2.9)	

\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$

表2. 真珠腫性中耳炎症例と慢性化膿性中耳炎症例の中耳腔各部位の計測結果と検定結果  
(単位はmm; カッコ内は標準偏差)

	乳突洞 進展型 (n=35)	乳突洞 非進展型 (n=38)	有意差
軸位断			
[外側半規管レベル]			
上鼓室前後径	10.5 (1.6)	10.7 (1.4)	
上鼓室左右径	6.9 (1.2)	6.5 (0.7)	
乳突洞口左右径	5.6 (2.9)	2.8 (1.2)	**
乳突洞前後径	10.3 (3.1)	9.6 (2.6)	
乳突洞左右径	8.4 (3.4)	5.6 (1.2)	**
ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離	1.8 (0.8)	1.9 (0.7)	
ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離	2.6 (1.0)	2.1 (1.0)	
冠状断			
[蝸牛レベル]			
上鼓室左右径	7.2 (1.8)	5.9 (1.2)	**
ツチ骨頭から天蓋までの距離	2.5 (1.4)	2.2 (1.1)	
[前庭レベル]			
乳突洞口上下径	7.1 (1.8)	5.7 (1.6)	**
乳突洞口左右径	7.9 (2.5)	5.5 (1.4)	**
外側半規管から側頭骨外側縁までの距離	17.6 (2.2)	17.1 (3.0)	
[乳突洞レベル]			
乳突洞上下径	11.7 (3.9)	8.4 (1.4)	**
乳突洞左右径	9.3 (3.1)	6.8 (1.8)	**
乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離	9.4 (3.5)	11.4 (3.3)	*

\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$

表3. 乳突洞進展型と乳突洞非進展型の中耳腔各部位の計測結果と検定結果  
(単位はmm; カッコ内は標準偏差)

	弛緩部型 (n=52)	緊張部型 (n=21)	有意差
軸位断			
[外側半規管レベル]			
上鼓室前後径	10.5 (1.4)	10.8 (1.6)	
上鼓室左右径	6.7 (1.1)	6.6 (0.6)	
乳突洞口左右径	4.2 (2.3)	3.9 (3.2)	
乳突洞前後径	10.0 (3.0)	9.8 (2.6)	
乳突洞左右径	7.0 (2.4)	6.7 (3.9)	
ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離	1.7 (0.6)	2.4 (0.9)	**
ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離	2.6 (0.9)	1.4 (0.7)	**
冠状断			
[蝸牛レベル]			
上鼓室左右径	6.6 (1.5)	6.2 (2.0)	
ツチ骨頭から天盖までの距離	2.3 (1.3)	2.1 (0.8)	
[前庭レベル]			
乳突洞口上下径	6.3 (1.9)	6.4 (1.7)	
乳突洞口左右径	6.8 (2.1)	6.5 (2.9)	
外側半規管から側頭骨外側縁までの距離	17.2 (2.4)	17.7 (3.2)	
[乳突洞レベル]			
乳突洞上下径	9.8 (3.2)	10.5 (3.5)	
乳突洞左右径	8.0 (2.5)	8.1 (3.5)	
乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離	10.4 (3.0)	10.4 (4.5)	

\*\* :  $p < 0.01$

表4. 弛緩部型と緊張部型の中耳腔各部位の計測結果と検定結果  
(単位はmm; カッコ内は標準偏差)

軸位断で両群間に有意差 ( $p < 0.01$ ) を認めた部位は、ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離であり、ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離は緊張部型が弛緩部型と比較して有意に大きな計測値を示し、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離については弛緩部型が緊張部型と比較して有意に大きな計測値を示した。その他の計測部位においては両群間に有意差を認めなかった。

冠状断では何れの計測部位でも弛緩部型と緊張部型の間に有意差を認めなかった。

#### IV. 考察

##### 1. 真珠腫性中耳炎について

真珠腫は皮膚の上皮組織、即ち表皮が聴器およびその周辺部に侵入し増殖したものであるが、胎生期に表皮が迷入することによって生ずる先天性真珠腫と、生後に何らかの機転で表皮が中耳腔内に進展することによって生ずる後天性真珠腫とがある。先天性真珠腫症例は極めて少なく、発生機転が異なるため、日常臨床でしばしば遭遇する後天性真珠腫を研究対象とした。

真珠腫の成因には諸説があるが、鼓膜の穿孔部位より表皮が侵入するとする穿孔説<sup>2)~4)</sup>、耳管狭窄状態から中耳内圧が低下して鼓膜内陥が生じ、同部より表皮が中耳腔内に進展するとする内陥説<sup>5)~9)</sup>、鼓膜表皮下の炎症性肉芽組織が鼓膜基底膜の増殖を促進し、鼓膜表皮が鼓室に侵入するとする乳頭状増殖説<sup>9)~11)</sup>、鼓膜の穿孔部位の炎症が中耳粘膜の化生を惹起するとする上皮化生説<sup>12)~15)</sup>などが主要なものである。今日では内陥説が広く支持されており<sup>16)~18)</sup>、以下の検討は内陥説に基づいて展開した。一方、真珠腫による骨吸収・吸収機序には、真珠腫の持続的圧迫により血流障害をきたし、圧迫壊死を生ずるとする説<sup>17)~19)</sup>、中耳炎に併発する肉芽組織中の線維芽細胞・マクロファージ・単球などの炎症性細胞が骨吸収に関与するという説<sup>20)~23)</sup>、破骨細胞の活性化が骨吸収を惹起するという説<sup>24)~25)</sup>などがあり、真珠腫で骨吸収をきたす内因性物質には、collagenase<sup>26)</sup>、epidermal growth factor<sup>27)</sup>などの関与が想定されるが、その詳細は不明である。

いずれにせよ真珠腫組織が中耳腔内に進展することにより、中耳腔内の既存の構造を吸収・破壊することにより、難聴、顔面神経麻痺、めまい等の耳性合併症を引き起こし、髄膜炎、硬膜下膿瘍、脳膿瘍、S状静脈洞血栓症等の頭蓋内合併症をきたすこともある<sup>27)</sup>。これに対して本研究で対照とした慢性化膿性中耳炎では、鼓膜の中心性穿孔を特徴として、骨破壊は主として耳小骨に止まり、中耳腔壁自体の破壊をきたすことは極めて稀である。

## 2. 中耳の高分解能CTについて

中耳炎の画像診断にCTを常用する以前では、多方向断層撮影法が中耳炎の画像診断の主流であった。しかし、高分解能CTの出現により、それが多方向断層撮影法にとってかわった<sup>31)・32)</sup>。多方向断層撮影法には限界が多く、骨の情報も得られても軟部組織の評価が困難であった<sup>31)</sup>。また、多方向断層撮影法では軟部組織陰影は骨陰影のボケと混同され、乳突蜂巣の病変の存在範囲を確実に決定できなかったが、高分解能CTでは、含気蜂巣の隔壁が詳細に描写され、病的軟部組織陰影と蜂巣隔壁との識別が容易である<sup>33)</sup>。高分解能CT画像で真珠腫は均一なsoft tissue massとして描出される。そのCT値は肉芽組織や中耳貯留液とほぼ同等であり<sup>31)</sup>、CT値からはこれらの軟部組織と真珠腫との識別は困難である。しかし、高分解能CT画像では、骨と軟部組織陰影が同時に描出されるので、骨破壊と耳小骨偏位の情報と軟部組織の情報を組み合わせることにより、真珠腫病変の存在範囲の診断には、本法が多方向断層撮影に優っている。従って高分解能CTは、術前に真珠腫の進展範囲を予想し、術式を選択する上で必要な検査法となっている。

CT値は微小な画素(pixel)にスライス幅を乗じた微小な直方体(voxel)内部の組織のX線吸収値の平均値である<sup>34)</sup>。デジタル画像であるCT画像は、CT値の異なる2つの構造物(骨と空気、骨と軟部組織など)の境界部において、両者のCT値の平均値を示すことにより、画像上にいわゆる“ボケ”(partial volume effect)を出現させる<sup>34)・35)</sup>。この現象は相接する2つの物体のCT値の差が大となるにつれて著明となり、骨と空気の境界部では骨と軟部組織の境界部より“ボケ”が大きい。CT画像の計測の上で不利とな

るこの現象の影響を少なくするためには、画像のピクセルサイズをより小さくすることが望ましい。マトリックス数を多くし、高分解能部分拡大再構成法を用いて有効視野を絞ることにより、ピクセルサイズを小さくすることができる<sup>34)</sup>。また、ウィンド幅を大きくし、2つの構造の間のedgeを強調する再構成アルゴリズムを用いて、側頭骨のごとき高密度の構造を十分に表示することができる<sup>34)</sup>。本研究において真珠腫の対照として正常中耳を用いず慢性化膿性中耳炎を用いた理由は、慢性化膿性中耳炎耳の上鼓室・乳突洞口・乳突洞の大きさが正常耳とほぼ同じである<sup>36)</sup>ことと、真珠腫と慢性化膿性中耳炎にみる肉芽組織と貯留液のCT値がほぼ同一であり<sup>31)</sup>、両者の間のpartial volume effectの差が僅少で無視できることによる。また、計測部位におけるpartial volume effectを可及的に小さくするため、骨面に直交する部位を選択して撮影した。

### 3. 臨床例における研究結果の分析とその解釈

表5に正常耳における中耳腔各部位の計測結果<sup>37)-40)</sup>を示す。Rouvière<sup>37)</sup>は肉眼解剖的手法によって、山口<sup>38)</sup>は中耳の金属鋳型標本によって、田中ら<sup>39)</sup>、後藤ら<sup>40)</sup>は多方向断層撮影法によって計測を行った。測定方法が異なり、人種差があるために、これらの測定結果を単純に比較できないが、中耳腔の大きさのおよその傾向はうかがい得る。本研究で検討対象とした真珠腫73耳で、鼓膜弛緩部に上皮侵入部位を有する弛緩部型は52耳(71.2%)、鼓膜緊張部に上皮侵入部位を有する緊張部型は21耳(28.8%)であった。弛緩部型と緊張部型の頻度は、富岡らの報告<sup>41)</sup>で59耳(74.7%)：20耳(25.3%)、市村の報告<sup>42)</sup>で68耳(73.9%)：24耳(26.1%)、森山らの報告<sup>43)</sup>で69耳(71.9%)：27耳(28.1%)であり、本研究の対象も含めて真珠腫の本邦臨床統計の結果は概ね一致している。

#### 1) 真珠腫症例と慢性化膿性中耳炎症例の中耳腔計測値の比較検討

真珠腫の成立・進展に関し、本邦で広く支持されている仮説<sup>14)-(16)</sup>は以下のように要約できる。即ち、耳管の狭窄状態が存続すると、中耳腔の陰圧状態が起こり、中耳腔内に貯留液がみられるようになり、滲出性中耳炎の状態となる。弛緩部型真珠腫は上鼓室と中鼓室の間の交通性が鼓室峽部で遮断され、耳管よりの換気が受けられないために、上鼓室の

報告者	測定方法	上鼓室		乳突洞口		乳突洞		
		前後径	左右径	上下径	左右径	上下径	前後径	左右径
Rouvière <sup>37)</sup>	肉眼解剖	—	—	4	4	10	10	5~8
山口 <sup>38)</sup>	金属鑄型	—	6.16	—	—	9.76	8.91	6.35
田中ら <sup>39)</sup>	断層撮影	7.7	7.3	—	—	—	—	—
後藤ら <sup>40)</sup>	断層撮影	—	—	5.4	5.0	10.9	9.5	8.6

表5. 正常中耳腔の計測値 (単位はmm)

内圧が減少して鼓膜弛緩部が陥凹し、真珠腫を形成するに至ると考えられている<sup>14)・16)</sup>。緊張部型真珠腫は、遷延する中耳炎によって鼓膜緊張部の中間層の線維束が消失し<sup>44)</sup>、鼓膜緊張部が菲薄化した後に、鼓室内の陰圧のために内陥し、同部の鼓膜が癒着するに至り、さらに表皮が上鼓室に進展して形成されると考えられている<sup>15)</sup>。弛緩部型真珠腫と緊張部型真珠腫では、鼓膜における表皮侵入部位および表皮の侵入機転は異なっても、ともに耳管側中耳腔と深部含気腔とが内陥癒着部付近で2分されて中耳換気通路が遮断されている状態が手術所見から確認されている<sup>14)</sup>。

真珠腫、慢性化膿性中耳炎では正常耳と比較して乳突蜂巣の発育が抑制（pneumatizationが不良）されることは、従来の普通撮影法によるX線フィルム上の計測などで認められている<sup>45)・49)</sup>。しかしながら、乳突洞は発育不良な硬化型の側頭骨においても必ず存在する含気腔であり、その大きさは正常耳と比較して発育が大きく抑制されることはなく、ほぼ同等の大きさであると考えられている<sup>36)</sup>。同様に、上鼓室・乳突洞口なども慢性化膿性中耳炎では正常耳と比較してその発育が大きく抑制されず、基本的形態・大きさとも正常耳と相違がほとんどないと考えられている<sup>30)</sup>。

後藤<sup>1)</sup>は多方向断層撮影法を用いて、真珠腫症例の中耳腔各部位の計測を行い、正常例と比較した。これによれば、前後方向の断層面（冠状断）の検討では、上鼓室の左右径、乳突洞口の上下径と左右径、乳突洞の上下径と左右径、側方向の断層面（矢状断）の検討では、乳突洞の上下径と前後径において、真珠腫症例が正常例と比較して有意に大なる計測値を示したが、上鼓室前後径は両者の間に有意差を認めなかった。今回の高分解能CT画像による真珠腫症例と慢性化膿性中耳炎症例の比較で、上鼓室の前後径は両者の間に有意差を認めず、上鼓室の左右径、乳突洞口の上下径と左右径、乳突洞の上下径と左右径は真珠腫症例が有意に大きな計測値を示した。真珠腫が上鼓室から乳突洞口を経て乳突洞に進展していく過程で、それぞれの部位の骨破壊をきたすことが示され、後藤<sup>1)</sup>の多方向断層撮影法による真珠腫症例の計測結果とも一致した。なお、後藤の報告<sup>1)</sup>では軸位断が用いられず、真珠腫の表皮侵入部位別の検討はなされていない。

上鼓室の内側壁および前壁骨は強固で、真珠腫の骨破壊に抵抗するが、外側壁骨は真珠腫に対する抵抗性が弱い<sup>1)</sup>。この部位は前後方向の多方向断層撮影法においてradiological spurと呼称する部位に相当し、真珠腫症例ではspur先端の破壊が最も特徴的所見である<sup>43)</sup>。特に弛緩部型真珠腫においてはこの部位が最初に中耳腔内に侵入する門戸であり、真珠腫における上鼓室左右径の拡大は上鼓室外側壁の骨破壊に負うところが大きいものと考えられる。上鼓室の後方には乳突洞口が位置し、真珠腫の進展を受けやすい。しかし、真珠腫の骨破壊の有無にかかわらず乳突洞口の位置は不変であり、上鼓室前壁が骨破壊をきたしがたいために、上鼓室の前後径では、真珠腫症例と慢性化膿性中耳炎症例の間に有意差をみなかったと解釈できる。ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離は、両者の間に有意差をみなかったが、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離は真珠腫症例が有意に大なる計測値を示した。この原因には、上鼓室外側壁が真珠腫によって破壊されやすいこと、及び、これに加えて、慢性化膿性中耳炎症例と比較して真珠腫症例では耳小骨外側部分の骨破壊が高度な場合が多いことが関与している可能性がある。ツチ骨頭から天盖までの距離には両者の間に有意差をみなかったが、上鼓室天盖骨が比較的強固であり、また、ツチ骨上面が比較的後期に侵食されることが、この間の距離に有意差が認められなかった理由と推察される。

上鼓室と乳突洞を連絡する乳突洞口の断面は逆三角形をなし<sup>37), 40)</sup>、内側壁は外側半規管隆起をなす。後藤ら<sup>40)</sup>の正常乳突洞口の計測の結果は、乳突洞口の大きさに個人差が少なく、乳突洞口は比較的安定した構造であることを示している。真珠腫症例では、乳突洞口の上下径と左右径がともに拡大することを、今回の高分解能CT画像の検討で確認できた。乳突洞口の拡大は真珠腫が乳突洞口周囲もしくは乳突洞に進展したことを示唆する所見と考えられる。日常臨床で繁用する軸位断CTでは上鼓室・乳突洞口・乳突洞が直線上に配列しているのが観察できるので、8の字形をなす上鼓室・乳突洞口・乳突洞の構造の中心にある乳突洞口が拡大し(図6)、“8の字構造”がくずれる所見が得られた場合には、真珠腫の存在を疑うべきである。



図6. 真珠腫性中耳炎（乳突洞進展型）における乳突洞口の拡大  
上図は軸位断外側半規管レベルの正常CT画像（右耳）で、下図は乳突洞進展型真珠腫の同レベルのCT画像（右耳）である。乳突洞に進展した真珠腫では乳突洞口の著明な拡大（◀）がみられることが多い。

正常乳突洞は断面が楕円形をなし、上下方向に長軸を有する(表5)。真珠腫症例、慢性化膿性中耳炎症例とも、乳突蜂巣の発育が抑制され、pneumatizationが不良であるが、乳突洞は乳突蜂巣の発育の程度とは関連せず常在する含気腔である<sup>16)</sup>。乳突洞の前後径、上下径および左右径が真珠腫症例でいずれも大きな計測値を示したことは真珠腫が乳突洞の全周壁を破壊した結果によるものと考えられる。

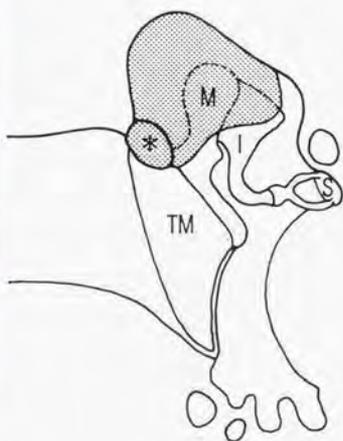
### 2) 乳突洞進展型と乳突洞非進展型の中耳腔計測値の比較検討

次に、手術により乳突洞への進展を確認した乳突洞進展型真珠腫と、乳突洞に進展せず上鼓室に限局した乳突洞非進展型真珠腫との間の計測結果を検討する。乳突洞進展型が有意に大きな計測値を示した部位は、冠状断では上鼓室の左右径、乳突洞口の上下径と左右径、乳突洞の上下径と左右径である。乳突洞外側縁から側頭骨外側縁までの距離の計測値は乳突洞進展型の方が有意に小さかった。乳突洞に進展する真珠腫は乳突洞口を経由する。従って、乳突洞口の拡大は真珠腫が乳突洞に進展していることを示唆する指標である。外側半規管から側頭骨外側縁までの距離は両群間に有意差がなく、乳突洞口の骨破壊は乳突洞口外側部に主として発生すると考えられた。

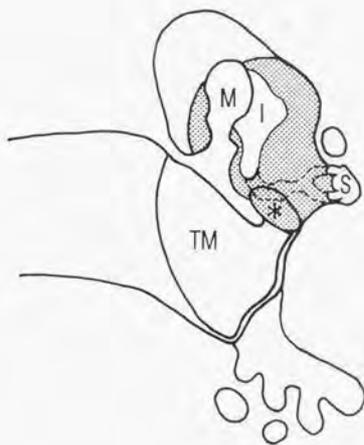
### 3) 弛緩部型と緊張部型の中耳腔計測値の比較検討

今回の高分解能CTによる検討で、弛緩部型真珠腫と緊張部型真珠腫との間で計測結果に有意差を認めた部位は、軸位断のツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離およびツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離であった。ツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離の計測値は緊張部型が有意に大きかったのに対し、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離の計測値は弛緩部型が有意に大であった。

鼓膜弛緩部に表皮侵入部位を有する弛緩部型は、鼓膜弛緩部からツチ骨およびキヌタ骨の外側を通過して上鼓室に進展し、鼓膜緊張部に表皮侵入部位を持つ緊張部型は、鼓膜緊張部からツチ骨およびキヌタ骨の内側を通過して上鼓室に進展する傾向があることは手術症例の検討によって推察されている<sup>4, 9, 10, 11, 12)</sup>。この仮説により両型の表皮侵入経路を推察すると図7のように図示される。この表皮侵入部位の相違による真珠腫の進展様式の違いが



弛緩部型



緊張部型

TM：鼓膜， M：ツチ骨， I：キヌタ骨， S：アブミ骨  
 図の灰色部分が真珠腫を示す。 \*は表皮侵入部位

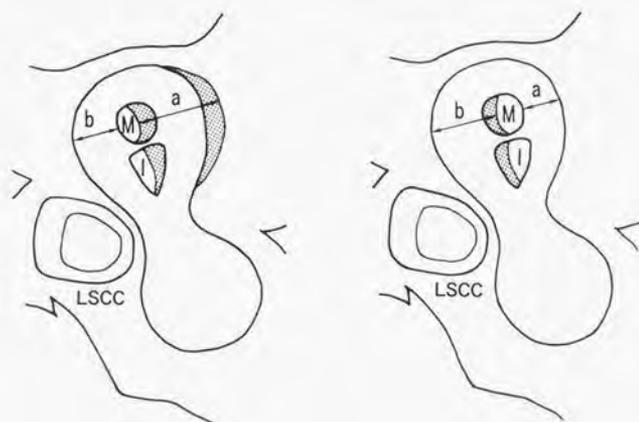
図7. 弛緩部型および緊張部型真珠腫の進展様式（右耳の模式図）  
 弛緩部型真珠腫は耳小骨の外側を通過して上鼓室に進展しやすく、緊張部型  
 真珠腫は耳小骨の内側を通過して上鼓室に進展しやすいと考えられている。

存在すれば、弛緩部型と緊張部型の間には耳小骨の破壊様式に違いが生ずると推察される。即ち、鼓膜における表皮侵入部位の局所解剖の相違により、弛緩部型ではツチ骨頭、キヌタ骨体の外側から骨破壊が開始して、キヌタ骨長脚やアブミ骨上部構造が侵食されやすいのに対し、緊張部型では比較的早期にキヌタ・アブミ関節、キヌタ骨長脚、アブミ骨上部構造が侵食されやすいと考えられる。これは梅澤<sup>5,2)</sup>、富岡ら<sup>4,1)</sup>、森山ら<sup>4,7)</sup>の手術症例での耳小骨破壊の観察結果に一致する。これを軸位断CT画像のシェーマで図示すると(図8)、弛緩部型では上鼓室外側壁と耳小骨外側部分の骨破壊により、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離が大きくなり、緊張部型ではツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離が大きくなったものと解釈できる。なお、真珠腫の進展に伴い、弛緩部型は耳小骨を内側に圧排し、緊張部型は耳小骨を外側に圧排して耳小骨を偏位させることは臨床的に知られており<sup>4,3),5,8),6,1)</sup>、両群間の計測値の差を大とする因子のひとつとして考慮すべきであろう。

これに対し、軸位断での他の計測部位および冠状断でのすべての計測部位では、弛緩部型と緊張部型の計測値の間に有意差を認める部位はみられない。これは森満<sup>5,8)</sup>が指摘したように、表皮侵入部位が弛緩部か緊張部かを問わず、上鼓室に到達した真珠腫は乳突洞口から乳突洞へと同一に進展することを示唆するものである。

#### 4. 本研究の臨床的意義

本研究は真珠腫の骨破壊病態を、定量的方法をもって疾患の全体像としてとらえたものがあり、個々の真珠腫症例に全体像から得られた計測上の平均値を手術時の尺度として直接に用いることは、個体差が大きく有用ではない。また、CT画像上で中耳腔の拡大をみる場合には、その部位への真珠腫の進展を示唆するものであるが、中耳腔の拡大をみない場合には、真珠腫の進展を否定できない。しかしながら、CT画像上での耳小骨の破壊様式および偏位方向は鼓膜所見に加えて、真珠腫の表皮侵入部位とその進展方向に関する情報を伝え、手術方法(アプローチ)の選択ならびに副損傷の予防に極めて有用である。即ち、ツチ骨、キヌタ骨の内側に骨破壊(外側に偏位)がある症例では、後鼓室、顔面神経



弛緩部型

緊張部型

M : ツチ骨, I : キヌタ骨, LSCC : 外側半規管  
 図の灰色部分は骨破壊が起こりやすい部位を示す.

図8. 弛緩部型および緊張部型真珠腫における耳小骨の相対的位置の変化(右耳)

弛緩部型では耳小骨外側部分および上鼓室外側面が破壊されやすく、緊張部型では耳小骨内側部分が破壊されやすい。その結果、弛緩部型ではツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離(a)が、緊張部型ではツチ骨頭内側面から上鼓室内側面までの距離(b)が大きくなると考えられる。

骨水平部の骨破壊を予想でき、ツチ骨、キヌタ骨の外側に骨破壊（内側に偏位）がある症例では、両耳小骨へのパー操作を慎重に、両耳小骨上方への進展に留意すべきことが予め判明する。

本報告の臨床的意義は、上記の外科解剖上の実際の応用面に加えて、従来より手術所見などから推測されてきた定性的な真珠腫の骨破壊病態を、定量的に裏付けたことにある。即ち、真珠腫症例における中耳の骨破壊の特徴、及び、真珠腫の進展範囲と表皮侵入部位の相違による進展様式の異同が、高分解能CT画像を用いた中耳腔の計測により解析されたことに臨床的意義を有すると考える。

#### V. 結語

1. 側頭骨ファントームを用いて、側頭骨における実測値とCT画像上の計測値の関係を検討し、CT画像上の計測値から側頭骨における実測値を推定する場合に、その誤差が僅々であること（変動係数：2.43）を示した。
2. 高分解能CT画像（軸位断および冠状断）を用いて、真珠腫性中耳炎症例73耳および慢性化膿性中耳炎症例60耳における中耳腔各部位の計測を行った。その結果、真珠腫性中耳炎症例は慢性化膿性中耳炎症例と比較して、上鼓室左右径、乳突洞口左右径および上下径、乳突洞左右径、前後径および上下径、ツチ骨頭外側面から上鼓室外側面までの距離、外側半規管から側頭骨外側縁までの距離で有意に大きな計測値を示し、真珠腫によるこれらの部位の拡大性骨破壊が示された。
3. 乳突洞進展型真珠腫症例は乳突洞非進展型真珠腫症例と比較して、乳突洞口および乳突洞の拡大性骨破壊が有意差をもってより大であり、真珠腫の進展範囲が拡大するに従って骨破壊が顕著になることが示された。
4. 弛緩部型真珠腫症例では耳小骨の外側部分の拡大が、緊張部型真珠腫症例では内側部分の拡大が起こりやすいことが示された。
5. 従来より手術所見などから定性的に推測され、記載された真珠腫の骨破壊病態、進展

様式を，高分解能CT画像上の計測によって定量的に裏付けた。

#### VI. 文献

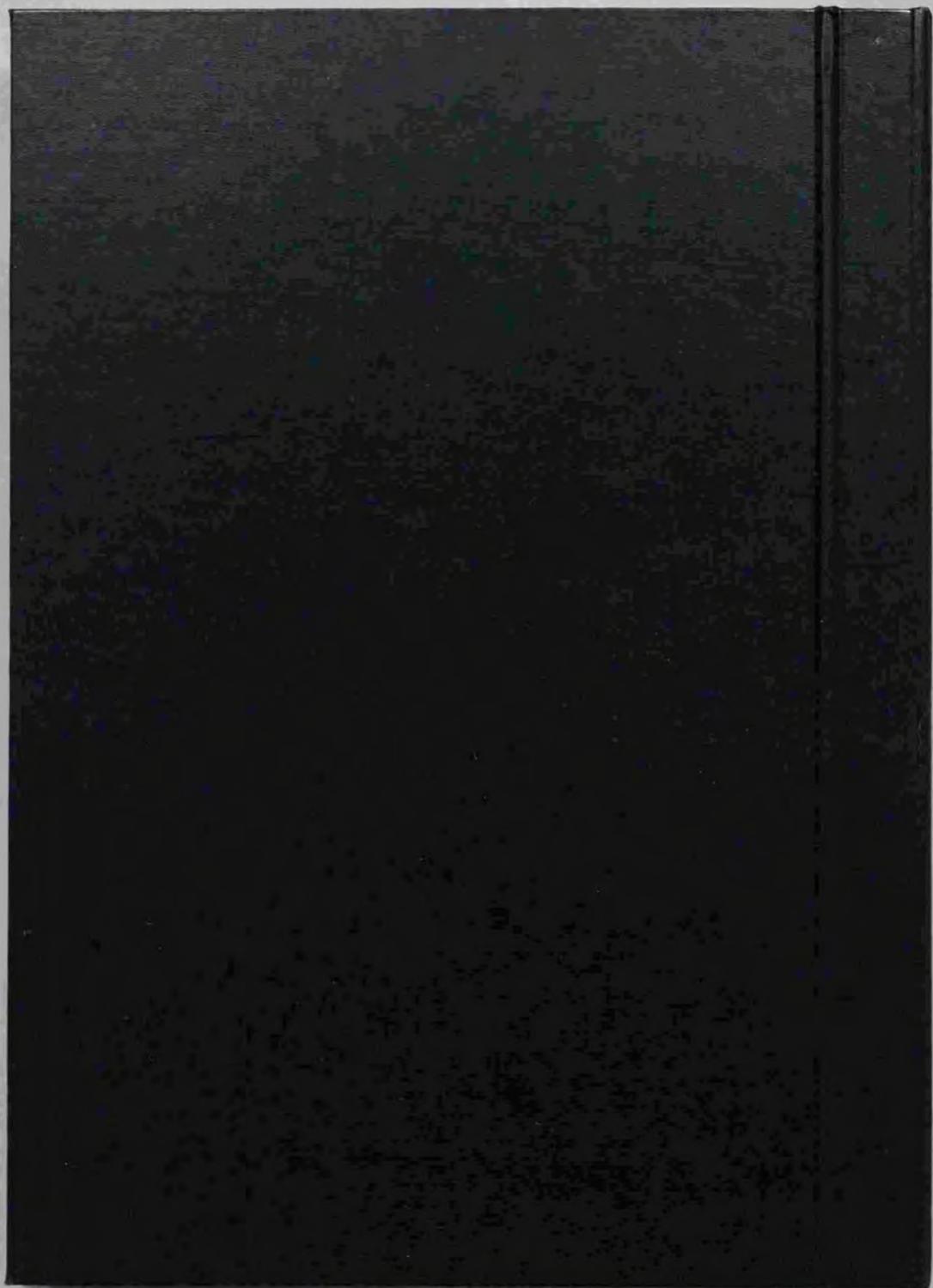
- 1) 後藤重雄：断層撮影法による真珠腫性中耳炎の定量的研究. 日耳鼻 84: 490-505, 1981.
- 2) Habermann J: Zur Entstehung des Cholesteatoms des Mittelohrs (Cysten in der Schleimhaut der Paukenhöhle, Atrophie der Nerven in der Schnecke). Arch Ohrenheilk 27: 42-50, 1889.
- 3) Weiss P: Cell contact. Int Rev Cytol 7: 391-423, 1958.
- 4) Jackson DG and Lim DJ: Fine morphology of the advancing front of cholesteatoma—experimental and human. Acta Otolaryngol 86: 71-88, 1978.
- 5) Wittmaack K: Wie entsteht ein genuines Cholesteatom? Arch Ohrenheilk 137: 306-332, 1933.
- 6) Tumarkin A: Pre-epidermosis. J Laryngol Otol 75: 487-500, 1961.
- 7) Tos M: Incidence, etiology and pathogenesis of cholesteatoma in children. Adv Otorhinolaryngol 40: 110-117, 1988.
- 8) Pfaltz CR: Retraction pocket and development of cholesteatoma in children. Adv Otorhinolaryngol 40: 118-123, 1988.
- 9) Ojala L and Saxén A: Pathogenesis of middle-ear cholesteatoma arising from Shrapnell's membrane (attic cholesteatoma). Acta Otolaryngol Suppl 101: 33-54, 1951.

- 10) Rüedi L: Cholesteatoma formation in the middle ear in animal experiments. *Acta Otolaryngol* 50: 233-242, 1959.
- 11) Chole RA and Tinling SP: Basal lamina breaks in the histogenesis of cholesteatoma. *Laryngoscope* 95: 270-275, 1985.
- 12) Tumarkin A: A contribution to the study of middle-ear suppuration with special reference to the pathogeny and treatment of cholesteatoma. *J Laryngol Otol* 53: 685-710, 1938.
- 13) Sadé J, Babiacki A and Pinkus G: The metaplastic and congenital origin of cholesteatoma. *Acta Otolaryngol* 96: 119-129, 1983.
- 14) 中野雄一: 中耳真珠腫—成因と治療をめぐる諸問題—。耳喉 59: 771-779, 1987.
- 15) 本多芳男: 中耳真珠腫の成因論。耳喉 59: 791-800, 1987.
- 16) 森満 保: 真珠腫と上鼓室前方部。耳喉 59: 823-828, 1987.
- 17) Nager FR: The cholesteatoma of the middle ear. Its etiology, pathogenesis, diagnosis and therapy. *Ann Otol* 34: 1249-1258, 1925.
- 18) Rüedi L: Pathogenesis and treatment of cholesteatoma in chronic suppuration of the temporal bone. *Ann Otol* 66: 283-305, 1957.
- 19) 橋本泰彦, 小林定弘: 中耳真珠腫症における耳小骨の変化について。耳喉 36: 797-805, 1964.
- 20) Harris AJ: Cholesteatosis and chronic otitis media. The histopathology of osseous and soft tissues. *Laryngoscope* 72: 954-980, 1962.
- 21) Thomsen J, Balslev Jorgensen M, Bretlau P, et al: Bone resorption in chronic otitis media. A histological and ultrastructural study. *J Laryngol Otol* 88: 983-992, 1974.
- 22) Abramson M and Huang CC: Localization of collagenase in human middle ear cholesteatoma. *Laryngoscope* 87: 771-791, 1977.

- 23) Moriyama H, Honda Y, Huang CC, et al: Bone resorption in cholesteatoma. Epithelial-mesenchymal cell interaction and collagenase production. *Laryngoscope* 97: 854-859, 1987.
- 24) Chole RA: Osteoclasts in chronic otitis media, cholesteatoma and otosclerosis. *Ann Otol* 97: 661-666, 1988.
- 25) 栗原 篤, 高坂知節: 骨吸収機序. *耳鼻咽喉科頭頸部外科MOOK* 16: 83-90, 1990.
- 26) 下村友佳子, 谷口郷美: 上皮成長因子 (epidermal growth factor: EGF) と真珠腫組織. *Ear Res Jpn* 18: 318-320, 1987.
- 27) 高橋正紘, 桜井 栄: 本邦における耳性頭蓋内合併症. *耳喉* 44: 209-214, 1972.
- 28) 森山 寛, 梅沢祐二, 大櫛弘篤, 堀米義孝, 吉見充徳, 他: 耳性頭蓋内合併症の4症例ならびに本邦15年間の統計的観察 (特に真珠腫との関係において). *耳展* 19: 664-677, 1976.
- 29) 齊藤春雄, 竹田泰三, 内田 郁: 中耳炎の合併症. *耳鼻臨床* 76: 2688-2691, 1983.
- 30) 平田哲康, 山下茂樹, 関谷 透: 耳性頭蓋内合併症—当科における集計と文献的考察. *耳喉* 55: 187-190, 1983.
- 31) Swartz JD: The middle ear and mastoid. *Imaging of the temporal bone*. Thieme, New York, 1986, pp33-95.
- 32) Brogan M and Chakeres DW: Computed tomography and magnetic resonance imaging of the normal anatomy of the temporal bone. *Semin Ultrasound CT MR* 10: 178-194, 1989.
- 33) 池田勝久, 桜井時雄, 西條 茂, 小林俊光: 中耳の高分解能CT. —その有効性, 診断の限界, 臨床応用について—. *耳喉* 55: 929-938, 1983.
- 34) 蜂屋順一: CTの基礎知識. *JOHNS* 2: 1145-1155, 1986.
- 35) 田島和幸, 本庄 巖, 牛呂公一, 八木伸也, 小谷了一: 中耳液体注入による耳小骨CTスキヤン. *耳鼻臨床* 77: 1907-1911, 1984.

- 6) 田中幹夫：断層撮影法による慢性化膿性中耳炎の定量的研究。日耳鼻 84: 470-482, 1981.
- 7) Rouvière H: Anatomie Humaine, Tome 1, 6ème Ed., Masson, Paris, 1948, pp376-379.
- 8) 山口 鏡：金属鋸型に依る日本人の乳嘴竇及び迷路の形態研究。大日耳鼻 29: 531-546, 1924.
- 9) 田中幹夫, 飯沼壽孝, 後藤重雄：ポリトームによる正常上鼓室・鼓室の計測。日耳鼻 83: 524-534, 1980.
- 10) 後藤重雄, 飯沼壽孝, 田中幹夫：ポリトームによる正常乳突洞口・乳突洞の計測。日耳鼻 83: 603-611, 1980.
- 11) 富岡幸子, 柴原義博, 伊勢郁夫, 湯浅 涼, 金子 豊：真珠腫性中耳炎133例の臨床的観察。耳鼻 24: 125-132, 1978.
- 12) 市村恵一：真珠腫性中耳炎の臨床的観察ならびにインピーダンスオージオメトリーの応用。耳鼻 24: 321-333, 1978.
- 13) 森山 寛, 梅澤祐二, 齊藤 建, 本多芳男：慢性中耳炎（真珠腫ならびに非真珠腫）の臨床的観察 - 耳小骨病変を中心に -。耳展 28: 169-177, 1985.
- 14) 真崎正美：実験的滲出性中耳炎における鼓膜の形態的变化 - 緊張部を中心に -。耳展 28: 102-127, 1985.
- 15) 今井昭雄：真珠腫と乳突蜂巢。耳喉 59: 817-821, 1987.
- 16) Diamant M: Otitis and pneumatization of mastoid bone. A clinical-statistical analysis. Acta Otolaryngol Suppl 41: 1-149, 1940.
- 17) Flisberg K and Zsigmond M: The size of mastoid air cell system. Planimetry-direct volume determination. Acta Otolaryngol 60: 23-29, 1965.
- 18) Andréasson L: Correlation of tubal function and volume of mastoid and middle ear space as relation to otitis media. Ann Otol 85: 198-203, 1976.

- 49) Brünner S, Petersen O and Sandberg LE: Tomography in cholesteatoma of the temporal bone. Correlation between the standard roentgenographic examinations and tomography. *Am J Roentgenol* 97: 588-596, 1966.
- 50) 森満 保: 中耳真珠腫の病態と鼓室成形術の成績. *耳鼻* 24: 664-669, 1978.
- 51) 鈴木淳一: 中耳真珠腫と鼓室形成術. *耳喉* 59: 893-899, 1987.
- 52) 梅澤祐二: 手術所見より検討した中耳真珠腫の進展についての臨床的観察. *耳展* 19: 357-380, 1976.





### Kodak Color Control Patches

© Kodak 2007 TM Kodak

Blue	Cyan	Green	Yellow	Red	Magenta	White	3/Color	Black

### Kodak Gray Scale



© Kodak 2007 TM Kodak

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

