骨量ファントムを用いた内耳道壁の骨塩量の測定

川口工業総合病院耳鼻咽喉科
辺土名 仁, 佐藤 玲子

東京医科歯科大学医学部耳鼻咽喉科学教室
村岡 秀樹, 小松崎 篤

BONE MINERAL DENSITY OF THE INTERNAL AUDITORY MEATUS
BY QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY

HITOSHI HENTONA, M.D. and REIKO SATOH, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, Kawaguchi Kogyo General Hospital, Saitama

HIDEKI MURAOKA, M.D. and ATSUSHI KOMATSUZAKI, M.D.

Department of Otorhinolaryngology, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo

The bone mineral density of the internal auditory meatus was investigated by means of quantitative computed tomography in 20 normal subjects (40 ears). Investigated portions of the internal auditory meatus were the porus anterior and posterior and the fundus anterior and posterior. Two other portions of the ear, the bony vestibule and lateral wall of the mastoid, were also investigated. The bone density values (calcium carbonate equivalent value) for each portion were analyzed statistically.

The following results were obtained:

- 1) There was no significant difference between the right and left values in any portion.
- 2) The highest mean value was found in the fundus posterior, the lowest in the porus anterior.

There was a significant difference between the values of the fundus and porus.

Bone hardness generally correlates with bone density. Thus, the bone hardness of the porus of the internal auditory meatus was appraised to be lower than that of the fundus. These results suggest that this is one of the factors promoting enlargement of the internal auditory meatus in acoustic neuroma.

Key words: 内耳 CT, 骨量ファントム, 内耳道骨壁, 骨塩量, 骨硬度

A 96-0609-25016

結 言

聴神経腫瘍による内耳道拡大はよく知られているが、我々は下前庭神経由来の21症例において内耳道孔を構成する後壁の骨隆起が主に消失すること、そして内耳道孔に比べて内耳道底の変化が少ないことを報告

した¹⁾。内耳道底に比べて内耳道孔が早期に拡大する原因は腫瘍本体の問題、すなわち腫瘍の内耳道内における発生部位や腫瘍の増大方向の問題が関与するとされている²⁾³⁾⁴⁾。しかし我々は腫瘍本体の問題だけでなく、腫瘍周囲を構成する内耳道骨壁の問題も関与して

いるのではないかと考えた。つまり内耳道孔の“骨壁硬度”が内耳道底のそれに比べて低く、そのため腫瘍の増大に際して抵抗の弱い内耳道孔が容易に拡大するのではないかと考えた。そこで骨形成の一要因であり、骨硬度の目安となる骨壁のカルシウム量を指標に、正常成人の内耳道各部位の骨硬度の相異について検討した。

対象と方法

対象はめまい、耳鳴、難聴等の自覚症状や耳疾患の既往がなく、標準純音聴力検査も正常である成人20名、40耳とした。男性12名、女性8名で、年齢は21歳から53歳で平均年齢は30.5歳であった。使用したCT装置は横河CT8600で、管電圧は120KVP、電流は320mAとした。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、測定に使用したスライス面は内耳道と外側半規管を含む面で、測定点は同一スライス上の後述する6点とした。併用した骨量ファントムは整形外科や婦人科領域で骨粗鬆症の診断に用いられているB-MAS (京都科学標本株式会社製)を用いた。骨量ファントムB-MASは、縦30cm、横30cm、厚さ3cmのウレタン系樹脂の中に5種類の炭酸カルシウム濃度(32.31, 80.17, 133.47, 177.03,

図1 A) 骨量ファントムB-MASである。ウレタン系樹脂の中に炭酸カルシウム量が既知の5本の配合ロッドが封入されている。
B) 本来骨量ファントムは骨粗鬆症などの検索に用いられ、腰椎を対象とすることが多い。今回は被検者の頭部を図のように固定し、ファントム盤との間にできるだけ空気層が介在しないように頭部両側をWater Bagにてカバーした。

図2 実際のCTフィルムである。頭部両側のWater Bagが確認できる。ファントム盤の5つのROI (関心領域)より平均CT値を測定すると図右下のように表示される。

測定部位

検量線

図3 ファントム盤の5つのROI (関心領域)のCT値より回帰直線を求め、検量線を設定すると右図のようになる。この例においては相関係数が0.996であった。今回対象とした内耳の測定部位は、左図のように前壁、後壁それぞれの内耳道孔と内耳道底、さらに外側半規管内側骨部、乳突洞外壁の6点である。

図4 左右各耳の炭酸カルシウム相当量を示した。症例ごとに各部位の計測値を直線で結んだ。前壁、後壁ともに内耳道孔より内耳道底が高い値を示す傾向にあった。部位別に左右差をt検定にて検討したが、いずれの部位でも差は認めなかった。

223.66mg/cm³)をもつ円柱状の配合ロッドが封入されている(図1-A)。

実際の測定方法は、まず骨量ファントムを併用して内耳を中心とする頭部CTを撮影した(図1-B)。その時、頭部とファントム盤の間に空気層が介在すると測定誤差が大きくなるため⁵⁾⁶⁾、頭部両側にWater Bagをセットした(図2)。そのCT画面上で、骨量ファントムの5カ所の配合ロッド部にROI (Region of Interest, 関心領域)を設定し、各ロッドの平均CT値を求めた(図2)。これら5つの平均CT値より回帰直線を求めて検量線を設定した(図3)。次に撮影された頭部CTをもとに4.0倍の大ききで左右各内耳道の高分解能部分拡大再構成を行った。その拡大画面上で目的とする内耳道各部位にROIを設定し、その部位のCT値を検量線に当てはめて各部位の炭酸カルシウム相当量(この値は実際の骨塩量ではなく、標準物質相当量という相対値である)を算出した。今回対象とした測定部位は、内耳道前後壁それぞれの内耳道孔と内耳道底の4点、さらに内耳道骨壁と比較するため外側半規管内側骨部(以後、前庭骨部と称する)と乳突洞外壁を加えた計6点とした(図3)。ROIの設定では、各測定部位とも含気蜂巣を含まない画像上もっとも濃

度の高い部分とし、各症例そして各部位ともに同じ大きさの円形ROI(面積: 0.6mm²)を用いた。

以上のように求めた炭酸カルシウム相当量を部位別に比較し、左右差や相当量の相違について統計学的に解析した。さらに内耳道壁の、特に内耳道後壁の含気蜂巣の有無によって症例を2群分け、含気蜂巣が測定にどのような影響を与えるかも検討した。

結 果

骨量ファントムの5カ所の関心領域によって求められた検量線では、各症例ごとの回帰直線の相関係数は最大値が0.999、最小値が0.987であった。すべての症例においてこのように高い相関性が認められた。

各症例の左右耳別の炭酸カルシウム相当量を図4に示した。部位別の相当量においては、前壁、後壁ともに内耳道孔よりも内耳道底に高い傾向が認められた。この傾向は左右耳ともに同様であった。部位別左右差があるかどうかt検定にて検討したが、いずれの部位でも5%の危険率で有意差は認めなかった。以後、左右あわせた40耳について検討した。

40耳の部位別炭酸カルシウム相当量を図5に示した。各部位の最大値と最小値はそれぞれ、内耳道孔前

図5 左右合わせた40耳について検討した。前壁の内耳道孔においてバラツキがやや大きいものの、各部位ともほぼ同様な分布を示していた。

図6 計測値の分布状態について検討した。この図は内耳道孔後壁の計測値が正規分布（歪度：-0.0828，尖度：-0.3626）を示すことを表わしている。他のすべての部位においても同様に正規分布を示した。

壁：1735mg/cm³，927mg/cm³，内耳道底前壁：2008mg/cm³，1445mg/cm³，内耳道孔後壁：1699mg/

図7 各部位の平均値と標準偏差である。平均値でみると炭酸カルシウム相当量の大きい順に、内耳道底後壁，内耳道底前壁，前庭骨部，乳突洞外壁であった。内耳道孔は前壁，後壁のいずれにおいても低い値を示した。統計学的検討の結果，前壁と後壁の内耳道底どうし，内耳道孔後壁と乳突洞外壁以外の組み合わせはすべての2部位間に有意差を認めた。

cm³，1249mg/cm³，内耳道底後壁：2083mg/cm³，1528mg/cm³，前庭骨部：1900mg/cm³，1353mg/cm³，乳突洞外壁：1793mg/cm³，1304mg/cm³であった。各部位とも分布のばらつきはほぼ均等であったが，前壁の内耳道孔はそのばらつきが他の部位よりも大きい傾向にあった。しかし正規分布の検定では，すべての部位において測定値は正規分布を示した（図6）。各部位の平均値と標準偏差は（図7），内耳道孔前壁：1326±182mg/cm³，内耳道底前壁：1767±127mg/cm³，内耳道孔後壁：1507±104mg/cm³，内耳道底後壁：1819±116mg/cm³，前庭骨部：1662±131mg/cm³，乳突洞外壁：1535±109mg/cm³であった。平均値においては炭酸カルシウム相当量の高い順に，内耳道底後壁，内耳道底前壁，前庭骨部，乳突洞外壁，内耳道孔後壁そして内耳道孔前壁の順であった。分散分析（有意水準5%）で検討すると各部位の平均値は一樣でなく，さらに2部位間の有意差を検討するために Scheffé の対比較を行った。その結果，前壁と後壁の内耳道底どうし，内耳道孔後壁と乳突洞外壁の2つについては有意差を認めなかったが，その他の2部位間の組み合わせではいずれも有意差をみとめた（有意水準5%）。この結果

は、内耳道孔と内耳道底の比較において、前壁、後壁ともに有意に内耳道底の炭酸カルシウム相当量が高いことを示している。

次に含気蜂巣の問題であるが、内耳道前壁においては全例において画面上含気蜂巣が認められ、症例を2群に分けて検討できなかった。内耳道後壁においては含気蜂巣のある例とない例に分かれていた。後壁に蜂巣のある例は14名、25耳、蜂巣のない例は9名、15耳であり、そのうち3名、3耳は片側性の含気蜂巣を認めた。それぞれの炭酸カルシウム相当量の平均値と標準偏差は、前者においては $1501 \pm 112 \text{mg/cm}^3$ であり、後者においては $1510 \pm 104 \text{mg/cm}^3$ であった。t-検定 (t-Independent) では両者に有意差を認めなかった (危険率5%)。

考 察

聴神経腫瘍は病理組織学的に良性腫瘍であり、しかも内耳道が骨に囲まれた完全な閉鎖腔ではないにもかかわらず、その腫瘍は内耳道という硬い骨壁を拡大あるいは破壊する。このような腫瘍の特性についてはいまだに不明点が多い。腫瘍本体による慢性の物理的圧迫が骨壁拡大の大きな要因と考えられているが、さらに内耳道内における腫瘍の発生部位、腫瘍の増大方向も関与するとされている²⁾³⁾⁴⁾。発生した腫瘍が内側型であっても内耳道内に腫瘍が充満している場合が多いが³⁾、一般的に外側型に比べて内側型の方が内耳道の拡大あるいは破壊が少ないとされている⁴⁾。また内耳道拡大のレ線学的解析では、Valvassori⁷⁾が断層撮影をもとに 1) 骨皮質の不鮮明化 2) 内耳道垂直径の2mm以上の左右差 3) 内耳道後壁長の3mm以上の左右差 4) 横稜の変移、が認められる場合に聴神経腫瘍を疑うとしている。Thomsen⁸⁾は58症例において同じく断層撮影を用い、内耳道破壊は上壁に62%、下壁に38%、後壁に38%認められたとしている。しかし、これらの報告は内耳道各壁の全体的拡大所見は示しているが、内耳道孔と内耳道底という部分的拡大の相違については示していない。我々は21症例のレ線学的検索、特に内耳道の Target Imaging CT と断層撮影の比較検討の結果、腫瘍による内耳道の拡大は垂直径よりも水平径で明らかであり、さらにその拡大は内耳道底よりも内耳道孔で大きく、特に内耳道孔後壁の拡大が特徴的であると報告した¹⁾⁹⁾。内耳道上下壁の破壊に関しては、我々の報告と Thomsen のそれで異なる点もあるが、内耳道後壁の拡大あるいは破壊については

Valvassori や Thomsen の結果と一致するものである。そして内耳道孔の拡大が内耳道底のそれよりも大きいという所見より、我々は内耳道が拡大するのは単に腫瘍本体の問題だけではなく、それを取り巻く内耳道骨壁にも一要因があるのではないかと考えた。すなわち内耳道において骨硬度の部位的相違があり、そのため内耳道底に比べて抵抗の弱い内耳道孔が容易に拡大するのではないかと推測した。一般に側頭骨の病理標本や内耳道の CT フィルムを詳しく観察しても、含気蜂巣部以外の内耳道骨壁に骨硬度の部位的相違を示唆する所見は得られない。また我々の検索した範囲では、Anson ら¹⁰⁾の内耳道骨壁の発生学的相違についての記載があるものの、その骨硬度の部位的相違に関する記載はこれまでの成書²⁾³⁾⁴⁾¹⁰⁾¹¹⁾には認めなかった。そこで我々は整形外科領域あるいは婦人科領域で骨粗鬆症の検索に用いられている骨量ファントムを応用することによって、一見均一に見える内耳道壁に“骨硬度の部位的相違”があるかどうかを検討した。

1) 骨量ファントムに関する考察

骨量ファントムは1977年に、Genant¹²⁾が標準物質を磷酸水素カリウムとして、骨粗鬆症の腰椎海綿骨の骨塩量を検索したのが始まりである。その理由は、多種にわたる CT 装置では管電圧の相違や日内変動等の問題があり、単純に CT 値を用いて他の報告と比較すると誤差が大きくなるためである。しかし磷酸水素カリウムを標準物質とする場合、この物質は液体であるため溶解液の揮発によって濃度の経時的変化がみられる欠点を有していた。そこで本邦では骨量ファントム B-MAS (京都標本科学研究所製) のように、固体である炭酸カルシウムが標準物質として用いられるようになった⁵⁾⁶⁾。また骨の成分であるハイドロキシアパタイトを標準物質としてファントム盤に封入することも試みられている。標準物質をいずれにしても、骨量ファントムは放射線科領域で開発されて、現在では整形外科領域や婦人科領域における骨粗鬆症の研究に多く用いられている^{6)13)~16)}。この方法は、非侵襲的検査方法であり、レ線上の映像を数値化できるという特色を有しているため QCT (Quantitative Computed Tomography) 法と呼ばれている⁵⁾⁶⁾¹²⁾¹³⁾¹⁷⁾。しかし CT というレ線学的方法を用いるため、対象とする部位の実際の骨塩量を測定しているのではなく、骨量ファントム盤に封入された標準物質に相当する“相対値”を求めていることに注意すべきである。骨量ファントムが臨床的に応用され始めた当初、Posner¹⁸⁾、Revak¹⁹⁾

らによって基礎的実験が行われた。その報告によると、骨量ファントムによって長管骨で得られたカルシウム量測定値は、実際に骨組織を生化学的に計測して得られた値と1～5%の誤差範囲に納まるとしている。

しかし、この骨量ファントムを内耳道骨壁の解析に用いることは幾つかの問題点を有している。まず、本来このファントム盤は腰椎の骨塩量測定を目的としているため、頭部検索のためには大きすぎることである。我々はこれまでの報告⁵⁾⁶⁾を参考に、頭部とファントム盤の間に介在する空気の層を少なくするためにWater Bagを用い、この問題点を可能な限り排除するようにした。また検量線設定に用いた画像と内耳道測定に用いた画像の拡大率が異なるという問題があるため、他の正常成人5症例において補充実験を行った。すなわち骨量ファントム盤の各配合ロッドも同様に部分拡大再構成し、非拡大画像と拡大画像との平均値CTの相違を検討した。その結果、非拡大画像を基準にするとその誤差範囲は各ロッドごとに $\pm 3.28\%$ 、 $\pm 0.98\%$ 、 $\pm 1.72\%$ 、 $\pm 0.44\%$ 、 $\pm 0.74\%$ であり、平均 $\pm 1.19\%$ の誤差範囲に納まるものであった。つぎに配合ロッドの中の炭酸カルシウム濃度の問題がある。このB-MASは腰椎海綿骨の骨塩量測定を目的としているため、炭酸カルシウム濃度が最大で約 $224\text{mg}/\text{cm}^3$ しかない。しかし我々の測定による内耳道骨壁の炭酸カルシウム相当量は $1400\text{—}2000\text{mg}/\text{cm}^3$ とはるかに高い濃度を示しており、海綿骨と異なるこのような高濃度の部位を測定した場合、誤差がどの程度になるのか不明である。一般に検量線を設定する場合、高濃度の配合ロッドは予測されるCT値より低い値を示す傾向にあるため得られた検量線は直線性を示さず、その程度もCT機種間で差がみられる⁶⁾。この問題を考慮すると、我々の測定による内耳道骨壁の炭酸カルシウム相当量は実際よりも低い値を示す可能性があるが、今回その補正は行わなかった。しかし基本的骨量と同時に赤色髄や黄色髄を含む海綿骨よりも、高骨量を示す骨皮質の方がQCT法における測定誤差が少ないという報告¹³⁾がある。また組織学的に内耳道骨壁は腰椎や長管骨の骨皮質に類似しており¹⁰⁾¹¹⁾、さらに長管骨骨皮質の骨密度は $1.6\text{—}2.0\text{g}/\text{cm}^3$ という報告²⁰⁾もある。このような報告を参考にすると、これまで内耳道骨壁に関する報告は検索した範囲では認めないものの、今回我々が示した測定値 $1400\text{—}2000\text{mg}/\text{cm}^3$ は信頼性の高いものであると推察される。骨量ファントム制作者によれば、現在の技術力では $1400\text{—}2000\text{mg}/\text{cm}^3$ ほ

どの高濃度の炭酸カルシウムを配合ロッドへ均一に封入することは不可能とのことであった。今後骨量ファントムはハイドロキシアパタイト含有に変更される予定であり、それによって本来の骨構造を反映した数値が得られるようになれば、内耳道骨壁の骨塩量測定もより精度の高いものになると考えられる。

2) 内耳道骨壁の部位別骨塩量の相違に関する考察

部位別の炭酸カルシウム相当量(図4)においては、左右の内耳道で有意差は認めなかった。これは正常耳においては左右合わせた統計学的検討が可能かどうかという根拠となり、また聴神経腫瘍の症例を検討するに際しては、左右に分かれた患側耳を同等に扱ってよいのかという基礎的データとなる。

左右合わせた40耳の検討では(図7)、炭酸カルシウム相当量の高い順に内耳道底後壁、内耳道底前壁、前庭骨部、乳突洞外壁であった。内耳道孔は前壁、後壁ともに低い値を示した。統計学的検討の結果、前壁と後壁の内耳道底どうし、乳突洞外壁と内耳道孔後壁には有意差を認めなかったが、その他の2部位間はいずれの組み合わせで炭酸カルシウム相当量に有意差を認めた。つまり内耳道孔と内耳道底の比較においては、前壁と後壁の組み合わせにかかわらず、内耳道孔の炭酸カルシウム相当量は内耳道底のそれよりも低い値を示していた。一般に骨硬度はカルシウム含有量と相關するため^{21)~25)}、この結果からすれば内耳道孔の骨壁は内耳道底の骨壁に比べて骨硬度が低いと判断され、我々が本研究の際にたてた内耳道骨壁に骨硬度の相違があるという仮説を示唆するものであった。Ansonら¹⁰⁾によれば、骨迷路は外層よりperiosteal layer, enchondral layer, endosteal layerと呼ばれており、内耳道壁は胎生5カ月で骨化が始まり、6カ月でperiosteal layerが内耳道骨壁を形成する。このperiosteal layerに含気化が起こるのであるが、成人の内耳道骨壁を構成するのはこのperiosteal layerが大部分を占め、enchondral layerとendosteal layerは膜迷路の周囲にわずかに残存するにすぎない。今回測定した内耳道底が本来のperiosteal layerか石灰化したenchondral layerかCT画面上は明らかでないが、少なくとも内耳道孔はperiosteal layer由来であり、同じ骨迷路でありながら両部位のカルシウム含有量が異なることを示している。もちろんこの結果のみで、聴神経腫瘍による内耳道拡大のすべてを説明することはできない。しかし内耳道拡大の要因として腫瘍本体の問題だけでなく、内耳道骨壁の骨硬度の問題も関与

ることを示唆するものである。

次に内耳道の含気蜂巣の問題であるが、前壁の内耳道孔は全例において含気化が認められ、その約3分の2においてフィルム上のボケが生じていた。前壁においては内耳道孔を構成する骨壁は薄く、隣接する2つの構造物（骨と空気）のCT値の差が大きい場合に出現するPartial volume effectによってボケの像が強くなったと考えられる。内耳道孔前壁の測定に際しては、この影響が強かったことは否めない。一方、内耳道後壁の含気蜂巣は約3分の2の症例で認められたが、フィルム上のボケの所見はほとんど認めなかった。含気蜂巣のある症例でも内耳道後壁を構成する骨壁はかなりの厚さで残っており、そのためROIの設定が十分で測定誤差が少なく、含気化のある症例とない症例において測定値の差を認めなかったと推察された。

ま と め

1) 正常成人20名（40耳）において、内耳CTに骨量ファントムを併用することにより、内耳道骨壁の炭酸カルシウム相当量の部位別相違について検討した。

2) 炭酸カルシウム相当量は、内耳の各部位において左右差はなかった。

3) 部位別相当量が高い順に、内耳道底後壁、内耳道底前壁、前庭骨部、乳突洞外壁、内耳道孔後壁、内耳道孔前壁の順であった。統計学的検討の結果、前壁、後壁ともに内耳道孔は内耳道底にくらべて有意に炭酸カルシウム相当量が少なかった。

4) 一般に骨硬度はカルシウム含有量と相関するので、内耳道孔の骨硬度は内耳道底のそれよりも低いことが示唆された。このことは、聴神経腫瘍においては内耳道孔が内耳道底よりも拡大しやすいという現象を説明する一要因であると考えられた。

文 献

- 1) 辺土名 仁, 池田敦子, 佐藤玲子, 小松崎 篤: 聴神経腫瘍における水平、垂直方向の内耳道拡大の相異について. 日耳鼻 95: 1198-1205, 1992.
- 2) Kerr AG, Groves J: Scott-Brown's Otolaryngology, Fifth edition. Butterworth, London, 1987.
- 3) 小松崎 篤: 内耳道病変の臨床. 東京医学社, 東京, 1987.
- 4) 小松崎 篤編: 聴神経腫瘍<耳鼻咽喉科・頭頸部外科 Mook No. 10>. 金原出版, 東京, 1988.
- 5) 小山和行: QCT 実施上のガイドライン. 医学のあゆ

み 156: 271-275, 1991.

- 6) 鈴木 聰, 奥村秀雄, 山本逸雄: QCT 法. 臨放 35: 49-56, 1990.
- 7) Valvassori GE: The abnormal internal auditory canal; The diagnosis of acoustic neuroma. Radiology 92: 449-459, 1969.
- 8) Thomsen J, Reiter S, Borum P et al: Tomography of the internal acoustic meatus. J Lary Otol 95: 1191-1204, 1981.
- 9) 辺土名 仁, 池田敦子: 聴神経腫瘍診断のための内耳道径の比率. 埼玉県医学会雑誌 26: 543-549, 1991.
- 10) Anson BJ, Donaldson JA: Surgical anatomy of the temporal bone. Third edition. Saunders, Philadelphia, 1981.
- 11) 野村恭也 編: 臨床耳鼻咽喉科・頭頸部外科全書<耳一基礎1>. 金原出版, 東京, 1985.
- 12) Genant HK, Boyd DP: Quantitative bone mineral analysis using dual energy computed tomography. Invest Radiol 12: 545-551, 1977.
- 13) Cann CE: Quantitative CT for determination of bone mineral density: a review. Radiology 166: 509-522, 1988.
- 14) Currey JD: The mechanical properties of bone. Clin Orthop Res 73: 210-231, 1970.
- 15) Genant HK, Ettinger B, Cann CE: Osteoporosis: Assessment by quantitative computed tomography. Orthop Clinics North Amer 16: 557-568, 1985.
- 16) Lotz JC, Hayes WC: The use of quantitative computed tomography to estimate risk of fracture of the hip from falls. J Bone Joint Surg 72: 689-700, 1990.
- 17) Cann CE: Quantitative CT applications; Comparison of current scanners. Radiology 162: 257-261, 1987.
- 18) Posner I, Griffiths HJ: Comparison of CT scanning with photon absorptiometric measurement of bone mineral content in the appendicular skeleton. Invest Radiol 12: 524-544, 1977.
- 19) Revak CS: Mineral content of cortical bone measured by computed tomography. J Comput Assist Tomogr 4: 342-350, 1980.
- 20) Carter DR, Hayes WC: Bone compressive strength; The influence of density and strain rate. Science 194: 1174-1176, 1976.
- 21) Amprino R: Investigations on some physical properties of bone tissue. Acta Anat 34: 161-186, 1958.
- 22) Bartley MH, Arnold JS, Haslam RK: The relation-

- ship of bone strength and bone quantity in health, disease and aging. *J Gerontol* 21: 517-521, 1966.
- 23) Carlström D: Micro-hardness measurements on single harversian systems in bone. *Experientia* 10: 171-172, 1954.
 - 24) Dalén N, Hellström LG, Jacobson B: Bone mineral content and mechanical strength of the femoral neck. *Acta Orthop Scand* 47: 503-508, 1976.
 - 25) Weaver JK: The microscopic hardness of bone. *J Bone Joint Surg* 48: 273-288, 1966.
 - 26) Isherwood I, Rutherford RA, Tubbs RR: Determination of bone mineral content using CT scanning. *A J R* 127: 593-594, 1976.
 - 27) Mueller KH, Trias A, Ray RD: Bone density and composition. *J Bone Joint Surg* 48: 140-148, 1966.
 - 28) Reilly DT, Burstein AH: The mechanical properties of cortical bone. *J Bone Joint Surg* 56: 1001-1023, 1974.
 - 29) Dolan KD: Asymmetry of the internal auditory canals without acoustic neuroma. *Ann Otol* 87: 815-820, 1978.
 - 30) Phelps PD, Lloyd GAS: *Diagnostic imaging of the ear*. Springer-Verlag, London, 1990.
 - 31) Shaffer KA, Houghton VM, Wilson CR: High resolution computed tomography of the temporal bone. *Radiology* 134: 409-414, 1980.
 - 32) Bloom W, Fawcett DW: *A textbook of histology*, Tenth edition. Saunders, Philadelphia, 1982.
-
- 本研究のために数多くのご協力をいただいた川口工業総合病院放射線科川島勇技師長をはじめとする4名の技師の方々に感謝します。また本論文作成にあたり貴重なご助言をいただいた東京大学医学部放射線科小山和行先生に深謝します。なお本研究は第93回日本耳鼻咽喉科学会総会(名古屋)にて口演した。
-
- (1992年7月20日受稿 1992年12月3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

<p>A 96—0617—20571</p> <p>日耳鼻</p> <p>質問表を用いた難聴児スクリーニングに関する方法論的研究 第2編：1歳6カ月児健康診査における 正常児と難聴児の回答率について 西岡慶子（社保広島市民）波多野 篤（岡山済生会） 斉藤雅里（岡山市民）木口真樹（中国中央）前田 学 増田 游（岡山大）大崎勝一郎（徳島大・難聴診療部） 青山英康（岡山大・衛生学） 市町村主催の1歳6カ月児健康診査において難聴に関する質問に対し 回答した者のうち小学1年の入学時に聴力正常と判定された児童165名 と難聴児通園施設における難聴児37名の同様の回答を比較し検討した結 果を報告した。児の聴力に関する質問の回答率すべてに有意差があり、 また家族に難聴者がいるなどの質問に有意差があり、出産時の仮死や黄 疸では差がなかった。回答率のなかで特に著しい差のある項目は、質問 6, 7, 8, 10, 11, 16, 18であった。また実施に際して、有用性が高 く、普遍性のある項目は、難聴の疑いをもったか否かという項目のほか 8, 10, 18と考えられた。</p>	<p>A 96—0601—23522</p> <p>日耳鼻</p> <p>結合音耳響放射（DPOAE）測定における アーチファクトについて 川島宣義・大久保英樹・阿瀬雄治・草刈 潤（筑波大） モルモットを用いて結合音耳響放射における測定上の問題点、特に アーチファクトについて検討した。 1) 測定系を構成する測定器の問題として倍音の発生、周波数特性、 入出力時の非線形性、その例としてf_1, f_2の音圧差によるアーチファク トの結合音の発生等について報告した。 2) 蝸牛の active process による反応はアノキシア負荷後速やか にノイズ中に消失したので、アーチファクト等と容易に鑑別できた。 3) 刺激音と結合音の入出力曲線を示すグラフの折れ曲がり点から、 結合音が生体由来かアーチファクトかの鑑別について検討した。</p>
<p>A 96—0626—30392</p> <p>日耳鼻</p> <p>副鼻腔検査法としての acoustic rhinometry の応用 —実験的研究— 加瀬康弘 市村恵一・飯沼壽孝（東大分院） 副鼻腔検査法としての acoustic rhinometry の有用性を検討する目的 で管状ファントームによる実験を施行した。管状ファントームの側孔の 直径が2mmでも測定結果に影響することが判明した。管状ファントー ムの側孔に固定したシリンジの容積変化（0から50mlの範囲では5ml ずつの変化、10から15mlの範囲では1mlずつの変化）を検出できた。シ リンジの容積が20ml以下ならば側孔の直径が4mmでも正確に測定で きた。シリンジの容積が大きくなる程、正確な測定のためにより大きな 側孔が必要であった。鼻腔と副鼻腔が十分に交通している症例では副鼻 腔検査法として acoustic rhinometry は応用可能性である。</p>	<p>A 96—0609—25016</p> <p>日耳鼻</p> <p>骨量ファントームを用いた内耳道壁の骨塩量の測定 辺土名 仁・佐藤玲子（川口工業総合） 村岡秀樹・小松崎 篤（東医歯大） 正常成人20名（40耳）の内耳CTに骨量ファントームを併用することに より、内耳道壁の炭酸カルシウム相当量の部位的相違について検討した。 炭酸カルシウム相当量が高い順に内耳道底後壁、内耳道底前壁、前庭骨 部、乳突洞外壁、内耳道孔後壁、内耳道孔前壁であった。部位別の左右 差はなかったが、内耳道孔は内耳道底にくらべて前壁、後壁とも有意に 炭酸カルシウム相当量が少なかった。一般に骨硬度はカルシウム含有量 と相関するので、内耳道孔の骨硬度は内耳道底のそれよりも低いことが 示唆され、このことは聴神経腫瘍における内耳道拡大の現象を説明する 一要因であると考えられた。</p>