 臨 床

 日常臨床における側頭骨断層撮影
 ルーチン化の試み

 新川 敦*・松川 純一・坂本 裕
 本村 美雄**・新貝友三郎***

 A New Attempt at Standardization of Temporal
 Bone Tomography

 Atsushi Shinkawa,* Junichi Matsukawa, Yutaka Sakamoto,
 Yoshio Honmura,** Tomosaburo Shingai***

*(Tokai Univ.) **,*** (Kawasaki City Hosp.)

The introduction of the operation microscope and the progress of the hearing test apparatus into otology drastically altered the performance of tympanoplastic operations. The lack of application of the diagnostic aid sometimes forces the otologist to perform exploratory operations, as the conventional roentgens of the temporal bone, which usually provide information concerning the cholesteatoma, only pneumatization of the mastoid cells and inflammatory changes, rarely reveal pathologic conditions in or near the ossicles.

Thus we prefer the tomographic examination as a routine method. According to our experience with about 250 cases of ear tomography, posteroanterior projection of the temporal bone proved to be the most suitable for demonstration of the ossicles. We used Princeps 60 type tomographic apparatus with the use of the plesiosectional cassette, which involved five sets of matched intensifying screens. On our Princeps 60 tomography, the tube-film distance is 85 cm. and the extent of the tube is 30°. The resultant film gives excellent visualization of anatomic details such as the ossicles, radiologic spur, cochlea, lateral semicircular canal, internal meatus, etc. In the pre-operative tomographic examination, we added a lateral projection using a polytomographic apparatus, Toshiba C type.

I. 緒 言

日常臨床における耳疾患を診断する際、特に鼓室形成術の進歩、普及に伴ない術前に病巣所見、特に上鼓室、耳小骨の状態をできるだけ詳細、正確に把握する事は、手術適応の決定等に関して極

 *東海大学医学部耳鼻咽喉科学教室

**川崎市立川崎病院耳鼻咽喉科

***同理学診療科

めて望ましいことであり, そのためには鼓膜所見, 聴力検査, X線検査がいずれも必要不可欠である. しかし microscope の導入, 聴力検査法の進歩と比較した場合, X線検査に関する進歩はいまだ足踏み状態といわざるを得ないであろう. 特にそのルーチン撮影は, Schuller, Sonnenkalp, Mayer, Stenvers などの古典的な方法に頼っているのが現状である.

耳小骨を中心として上鼓室, 乳突洞の状態, 奇形, 変位の有無などを術前にできるだけ把握することは, 鼓室形成術の適応決定, 術式の決定, 手術事故防止などの面から, 極めて望ましいことである.

耳小骨を主たる目的とした単純撮影法は, 主としてフランスで試みられ, 1939年 Chausse III 法¹⁾ が, 1955年 Guillen 法²⁾ (一側経眼窩法) が報告されている. 他に Samuel³⁾, Welin⁴⁾, Crichlow⁵⁾, Owen⁶⁾ 等の報告をみ, 我国においても野中⁷⁾, 橋本⁸⁾, 窪田⁹⁾, 飯森¹⁰⁾, 末広¹¹⁾, 等数多くの先生達により研究, 報告されているが, いずれにおいても側頭骨は骨密度が高く, かつ微細にして複雑な構造をもつために, いかなる単純撮影法においても重影が避けがたく, 読影を難しくしている.

我々も種々の単純撮影法, 特に Guillen 法, Chausse III 法を試みたが, 必ずしも毎回情報量の多い写真が得られるとは限らず, 再現性がないために, ルーチン検査としての Guillen 法, Chausse III 法は断念せざるを得なかった. そこで我々はルーチン検査として断層撮影の導入を考えたが, 技術者の手間がかかること, 患者の被曝線量, 負担等の問題から初期にはかなりの抵抗があった. しかしながら屍体頭部を用い, 各種断層撮影装置を使用して断層面, 断層角度, 位置決め, 被曝線量測定などの基礎的研究に加え, 約 250 例の症例を対象とした臨床的検討を加えた結果, 先に述べた様なルーチン撮影としての諸条件をほぼ解決し, 技術的にも安定してほとんど失敗がなく, 毎回情報量の多い写真が得られるようになったため, その臨床的価値に注目している. 今回は我々の行っている側頭骨ルーチン断層撮影法の概略を示すと共に, 若干の考按を加えたので諸兄の御批判をおおきたい.

II. 我々の行っている側頭骨ルーチン断層撮影の概略

1. 断層撮影装置, 条件について

フランス CGR 社製 Princeps 60型 (図1)
断層方式: 円弧軌道
断層角度: 0 ~ 70° 可変であるが 30° を採用している.
管球断层面間距離: 85cm
拡大率: 1.1 ~ 1.5倍まで可変であるが, 1.2 倍を採用している.
絞り: 専用長型 Tubus 及び横方向可変特製絞り (試作品), (図3).
X線発生装置: 3 相インパルス 1000mA 組合わせ
X線管焦点: 1×1mm
多層カセット: 大日本塗料社製 STE 5-3 型 (試作品: 3mm 間隔 5 層)

撮影条件

管電圧: 68 K. V. P. ~ 80 K. V. P.
電 流: 100mA
時 間: 2.0秒
距 離: 85cm

撮影方向

後頭前頭位

2. 位置決めについて本装置は頭部断層専用設計されてあるため, 光照射により簡単に位置決めができる. 撮影の体位は座位で頭部は正しい baseline (OM線) をとる. 撮影前に医師が患者の外耳道孔の上鼓室の中心に該当する部位に, マジックインクで印をつける. これは図4の如く外耳道孔と鼓膜の位置関係に個人差があり, この処置により断層面をできるだけ正

図1 CGR社製 Princeps 60型

確に目的とする部位（上鼓室の中心）に近づけることが可能である。この印に本装置の側面光照射を左右それぞれ合わせることににより、簡単に位置決めができる。

3. 影像について

図5, 6は本装置により得られる影像とそのシェーマである。断层面, 個人差により細部

図2 装置プリンセプス60型（円弧軌道）

は異なるが、側頭骨の前方のフィルムでは、耳小骨の malleus, incus が一塊となって写り岬角、鼓室、上鼓室、蝸牛、外耳道、内耳道が明瞭に写し出される。更に慢性中耳炎の際に診断価値の高い上鼓室外側壁 (radiologic spur) を写し出す事ができる。これは従来の古典的単純撮影法では写し出すことが難しく、その診断的価値に注目している。後方のフィルムでは耳小骨は消え、乳突洞、外側半規管、前半規管、前庭がはっきりすると共に蝸牛の回転が消える。

臨床例 250例における検討ではほぼ全例に外耳道、耳小骨 (malleus, incus), 上鼓室外側

図3 既製ツープスと可変絞り

図 4 耳介と上鼓室中心の関係

図 5

図 6

壁、蝸牛、前半規管、外側半規管、前庭、内耳道が明瞭であり、stapes は写らない。また顔面神経管は水平部が写る場合もあるが、全例という訳ではない。

Ⅲ. 考

1. 側頭骨断層撮影ルーチン化の条件について

我々はルーチン化という事を考えた時、技術者側からの助言をも十分に検討し、必要最小限の条件として次のようなものを考えた。

- a. 患者が楽な体位で撮影できること
- b. 失敗をなくし作業能率を向上させるため、位置決めが簡単にできること
- c. 左右比較のため、同一フィルムに左右の同じ面が写ること
- d. 最大の診断情報量
- e. 最小の被曝線量

以上の条件をすべて満たすべく、屍体頭部を用いての各種断層撮影装置を比較検討し（後述）更に臨床例について検討を加えた結果、光照射により位置決め簡単な Princeps 60 型装置の円弧軌道を採用し、断層面は前頭面とした。

2. 被曝線量の軽減について

まず照射野については画質を低下させる側頭部の体外X線（散乱線）を極力絞りとむ様、既製 Tubus の先端に試作の照射野可変の絞

按

この方法により外耳、中耳、内耳奇形、中耳真珠腫、聴神経腫瘍等に関し診断価値が高いと思われ、特に1枚のフィルムで左右の比較が容易であることが本法の利点である。

り（図3）を取付け、被写体の大きさに応じて絞りを調節し、上下はフィルム上で5cmとして被曝線量の減少と共に画質の向上に努めた（図7）。

更に頭部に於けるX線被曝線量で最も問題となる水晶体、角膜に関して、それらを想定した両眼瞼部と後頭部にTLD素子を添付し、前頭→後頭撮影と後頭→前頭撮影を行ない、被曝線量を測定し画質と共に比較検討を加えた（図8）。その結果前頭後頭撮影では、X線管側の左右眼瞼部A、Bはそれぞれ7.72R、8.05R、フィルム側の後頭部Cは28.1mRであった。次に後頭前頭撮影では、X線管側の後頭部Cは9.45R、フィルム側の左右眼瞼部A、Bはそれぞれ31.5mR、30.5mRであった。測定箇所ごと3本の素子間の線量には大きな差は認められなかった。以上の結論として前頭→後頭から後頭→前頭方向に曝写をかえることにより、眼瞼部位の被曝線量は1/200～1/300に減少させることが可能である。そこで我々は水晶体、角膜保

図7

図8 熱蛍光線量計 (TLD1200型: 大日本塗料製) 各部位3素子による平均値: 3回曝射量測定: 神奈川県成人病センター

護の目的から臨床例では後頭前頭位で撮影することにした。なお前頭後頭方向と後頭前頭方向で得られる両者のフィルムの比較では、画質にはほとんど差が認められなかった (図9)。

次に多層カセットを使用することにより、1回の撮影で5枚のフィルムが撮影されるため必然的に被曝線量は減少する。我々は側頭骨専用に3mm間隔5層の多層カセットを試作し臨床に用いている。Phantomを用いた多層増感紙の管電圧と各層における濃度差を図10に示した。

濃度差の最大値は種々異なるも各層における影像是診断上特に支障はない。また多層カセットを使用することにより、作業時間は1人につき3～5分に減少させることが可能になった。

3. 各種断層撮影装置の比較検討 (屍体頭部による)

我々は東芝Dレヤー (円弧軌道), CGR社 Princeps 60型 (円弧軌道), 東芝Cレヤー (円軌道, クローバ軌道) の3種断層撮影装置を用いて各軌道, 管球移動方向, 回転角度に関して, 屍体頭部による比較検討を加えた。

a. 各軌道における比較

側頭骨を対象とした断層撮影に関する原則的な理論として

- 1) 焦点-断层面間距離を大きくする
- 2) 断层面フィルム間距離を小さくする
- 3) 振角を小さくする (60°以内)
- 4) 焦点の小さいX線管を使用する

の4つの点が一般に良い断層写真を得るための条件である¹²⁾。

同じ円弧軌道であるDレヤーと Princeps 60型との影像の比較では、Princeps 60型の方が照準面フィルム間距離が短い事、管球移動方向が頭部に対して左右移動方向である事、更に、1000mA 装置を用いているためか、Dレヤーの500mA 装置の写真よりもコントラスト及び鮮鋭度が共にすぐれている (図11)。

円弧軌道と円軌道方式との比較では、像の

図9 左は後頭→前頭方向, 右は前頭→後頭方向

管電圧と各層の濃度差

図10

図11 東芝Dレーヤーと Princeps 60型との比較

	D レーヤー	Princeps 60型
断層方式	円孤軌道	円孤軌道
管球照準面間距離	100cm	85cm
照準面 フィルム間距離	30cm (拡大率 1.3倍)	17cm (拡大率 1.2倍)
天 板	有 (散乱線大)	無 (散乱線小)
散乱線除去法	ブッキー方式	リスホルム方式
照射野絞り	多層絞りの1枚羽根	長形試作 Tubus
X線発生装置	单相500 mA (低電圧撮影不可能)	3相 1000 mA (低電圧撮影可能)

“ぼかし”の問題においては理論的に同一振角では円軌道の方が数倍ぼかしの効果は大きくなり、断層面の薄い鮮鋭なX線像が得られる。

円軌道とクローバ軌道との比較では、円軌道は多方向性の運動として最も簡単な運動で、断層面の厚さと細部の分解能を一定に保つ利点があるも、ぼけ像が規則正しく重なることにより疑像を生じるのに対し、クローバ軌道は円軌道より更に多方向性のある運動で、完全にぼかし

の効果を得られ、断層像に歪みが認められない。

実際に各軌道におけるフィルム上での比較では、狭軌道断層の円孤軌道断層（Dレーヤー及び Princeps 60型）と広軌道断層（円及びクローバ断層）とでは、ぼかしの効果においてはるかに広軌道断層がすぐれ、円軌道とクローバ軌道では、耳小骨及びその周辺の微細構造をよく現出する点では、クローバ軌道の方がより診断価

値のある情報量の多いX線像が得られることがわかった。

b. 撮影方向について

撮影方向は今までのX線単純撮影法では、X線中心線の入射角度の正確な決定が耳小骨を現出する要点であり、従って種々の位置において頭部を固定させる装置が必要であった。しかし我々は断層撮影という点を考慮し、解剖学的に比較的理解しやすい前頭面と矢状面のみを使用し、特殊な固定装置を用いなかった。

c. X線入射角度について

3種の断層撮影装置の中で特に角度を $0^{\circ} \sim 70^{\circ}$ の間で自由に換えられる Princeps 60型を用いた検討では、角度を大きくするに従い薄く切れるが散乱線が多くなるためにコントラストが悪くなる。得られた多数のフィルムによる検討では 30° が適当と考えている。これについては三島¹³⁾ 他多くの人々が 50° が至当と報告しているが、今後検討する問題であろう。

d. 管球移動方向と影像について

東芝Dレヤーでは理論的にも尖鋭度が悪いが(図11)、実際にフィルムを用いた影像上の検討でも管球移動方向に像の形が伸展され、耳小骨、spurなどの正確な形態を示さないため、フィルムより得られる情報量は単純写真でのものより少ないと考えた。佐久間¹⁴⁾ は頭部断層撮影を円弧軌道で行ない、錘体部に関してはほとんど診断価値がないと述べている。

Princeps 60型では、前頭面に関しては像の流れはほとんど無視でき、ルーチン化にも成功した。しかし矢状面については目的とする耳小骨は写し出すことができない。これは耳小骨が矢状面において周囲の骨との間隔が狭いために耳小骨前後の骨の陰影により重積することによるものと考えられる。

東芝Cレヤーでは特にクローバ軌道において、鮮鋭度、コントラスト共にすぐれた写真が得られる。しかしルーチン検査としての条件である被曝線量、位置決めに関して、なお不十分な点が多い。

4. 側頭骨断層撮影の臨床的意義及び将来の展望

側頭骨断層撮影は Bartelink¹⁵⁾ (1932) の迷路截断撮影の報告が始めと思われる。その後 Kohler¹⁶⁾ (1937), Schutz¹⁷⁾ (1938), Munteau und Fink¹⁸⁾ (1941), Poschel (1943) Birkner²⁰⁾ (1948), Fischgold²¹⁾ (1952), Orlandini²²⁾ (1954) 等により報告されたが、円弧軌道装置のために診断情報量はさほど大きくなかった。最近になり Frey²³⁾ (1956), Mundnich²⁴⁾ (1957) は hypocycloid 軌道装置を使用して側頭骨断層撮影法を報告し Tarp²⁵⁾ (1959), Brunner²⁶⁾ (1961), Valvassori²⁷⁾ (1961) らにより追試され、その診断は飛躍的な進歩をとげている。

我国でも松川²⁸⁾ (1955) は円軌道の断層撮影装置を開発し、佐久間¹⁴⁾ (1958), 坂倉²⁹⁾ (1960) が側頭骨に応用し報告している。他に円弧軌道について三島¹³⁾ (1959) が、多軌道で柳原³⁰⁾ (1967), 石井^{31) 32)} (1969), 中井³³⁾ (1972) らの報告がある。しかしながら、我国においては側頭骨断層撮影は今だ一般化していないように思われ、特に日常臨床のルーチン検査として利用している施設は少ないように思われる。この理由として装置の特殊性、更に側頭骨の様な極めて微細にして複雑な構造をもつものに対して、1回のみの撮影で目的とする耳小骨及びその周囲のフィルムを得ることが非常に難しいため、必然的に多回の撮影と長時間を要し、ひいては被曝線量の増加をきたす事にその因があると思われる。この欠点を除くために1回の被曝で多層撮影を可能にする同時多層断層撮影が Ziedes des Plantes³⁴⁾ (1933) により考案されている。側頭骨に対しての同時多層断層撮影は、坂倉²⁹⁾, Lapayowker³⁵⁾ (1962), 石井^{31) 32)}, 中井³³⁾ が応用し、実用化されている。坂倉は円弧軌道、円軌道それぞれに、Lapayowker は円弧軌道で前頭面において 1mm 間隔 4 層で施行しており、石井は橢円軌道で 3mm 間隔 5 層の前頭面を、中井は hypocycloid 軌道で 1.5mm

間隔 6～8 層の前頭面，矢状面について多層カセットを使用している。

我々も円弧軌道方式を用いた前頭面で 3mm 間隔 5 層の同時多層断層撮影法に成功し，臨床でルーチン外来 X 線検査として用い，単純 X 線写真では得にくい側頭骨細部の写真が得られている。円弧軌道方式による側頭骨同時多層断層撮影法は装置が一般に普及している点，簡単な改良で撮影できる点など極めて有意義な日常検査

法であると考えられる。

しかし手術を目的とした術前 X 線検査法としては，前述の検討のごとく *hypocycloid* 軌道（クローバ軌道）でより微細な構造を把握し，病態をくわしく知り，計画性のある手術を行なう必要があるものとする。それには，単に情報量が多いというだけではなく，患者の被曝線量，負担，技術者の手間等十分に考慮される必要があるのはいうまでもない事である。

IV. 結 語

1. Princeps 60 型円弧軌道方式による 3mm 間隔 5 層の同時多層断層撮影法を行ない，日常ルーチン検査に用いている。
2. 撮影方向は被曝線量の問題から後頭前頭位で撮影する前頭面を採用した。
3. 本法により通常 X 線単純写真で得られ難い耳小骨，上鼓室外側壁（spur），蝸牛，前半規管，外側半規管，内耳道などがほとんど失敗なく撮影することが可能である。
4. 手術を目的とした精密検査では，鼓膜所見，聴力検査，X 線検査をいずれも詳細に検討する必要があるが，X 線検査としては，*hypocycloid* 軌道による微細な検討が必要であろう。

稿を終るに臨み，御指導，御校閲を頂いた東海大学医学部三宅浩郷教授，並びに慶応義塾大学斎藤成司教授に感謝いたします。

本研究に対し終始積極的に御協力いただいた川崎市立病院理学診療科諸兄に深甚なる感謝の意を表します。

本論文の要旨は日本耳鼻咽喉科学会関東地方会第 482 回，第 485 回，第 2 回臨床耳科学会において発表した。

文 献

- 1) Chausse, C.: L'incidence III et la Copo-chirurgie. Acta Otorhinolaryngology 3: 513, 1949.
- 2) Portman, G. Guillen, G.: Radiodiagnostic en Otologie. Masson et Cie, Paris, 1959.
- 3) Samuel, E. Theron, C.: The radiology of the auditory ossicles. Brit. J. Radiol. 25: 245, 1952.
- 4) Welin, S.: Radiology of the temporal bone. J. Laryng. 69: 515, 1955.
- 5) Crichlow, T. V.: Discussion on mastoid radiology. J. Laryng. 69: 531, 1955.
- 6) Owen, G. R. Compere, W. E. Jr.: Radiologic examination of the temporal bone. Shambaugh, G. E.: Surgery of the ear, p. 90, Philadelphia, Saunders, 1959.
- 7) 野中康弘: 耳小骨の X 線学的研究，第 1 報正常耳の耳小骨像について。日耳鼻 65: 1343, 1962.
- 8) 橋本泰彦，他: 中耳腔の X 線撮影とその判読について。日耳鼻 67: 1493, 1964.
- 9) 窪田博之: 人数室のレ線学的研究(1)，阪市大医誌 9: 5481, 1960.
- 10) 飯森堯: 耳小骨のレ線学的観察。日耳鼻 69: 525, 1967.
- 11) 末広恵三: 耳小骨のレ線像（鑑骨を中心として）耳鼻臨床 60: 55, 1967.
- 12) 綱川高美: 断層撮影の理論と技術，結核予防会。1965.
- 13) 三島則美: 聴器の断層レ線学的研究。日耳鼻 62: 2505, 1959.
- 14) 佐久間寛: 円弧軌道移動方式断層撮影法の研究（第 20 報）。日医放 18: 66, 1958.
- 15) Bartelink, D. L.: Röntgenschnitte. Fortschr. Röntgenstr. 47: 399, 1933.

- 16) Kohler, A.: Fortschr. Röntgenstr. 56: 60, 1937.
- 17) Schutz, W.: Röntgenschichtaufnahmen des normalen Wartenvorsatzes und der Felsenbeinpyramide. Z. Hals-Nas-Ohr. HK. 43: 435, 1938.
- 18) Munteau, E. und Fx ink, J.: Das Röntgenogram des Felsenbeines. Fortschr. Röntgenstr. 63: 183, 1941.
- 19) Poschel, M.: Der tomographische Querschnitt durch das Felsenbein. Fortschr. Röntgenstr. 63: 174, 1943.
- 20) Birkner, R.: Der tomographische Horizontal-schnitt des Felsenbeines. Fortschr. Röntgenstr. 71: 349, 1949.
- 21) Fischgold, M., David, M. und Rergeat, P.: Masson, Paris, 1952.
- 22) Orlandini, L., et Rabaiotti, A.: Arch. Ital. Otol. 65: 203, 1954.
- 23) Frey, K. W.: Schichtaufnahmen des Felsenbeines mit polyzyklischer Ver-wischnung. Fortschr. Geb. Röntgenstrahlen. 85: 433, 1956.
- 24) Mundnich, K, und Frey, K. W.: Das Röntgen-schichtbild des Ohres. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1959.
- 25) Tarp, O.: Tomography of the temporal bone with polytome. Acta Radiol. 51: 105~116, 1959.
- 26) Brunner, S., Petersen, O., and Stoksted, P.: Tomography of auditory ossicles. Acta Radiol. 56: 20~29, 1961.
- 27) Valvassori, G. E.: Laminography of the ear: Normal roentgenographic anatomy. Am. J. Roentgenol. 89: 1168~, 1963.
- 28) 松川明, 他: 円軌道移動方式断層撮影の研究第1報撮影装置について. 日医放 15: 549, 1955.
- 29) 坂倉幹: 耳鼻科領域における同時多層撮影の基礎的研究. 耳鼻臨床 53: 711, 1960.
- 30) 柳原尚明, 他: 聴神経腫瘍のレ線学的診断 I. 内耳道断層撮影. 耳鼻臨床 60: 1076, 1967.
- 31) 石井哲夫, 他: 側頭骨における Multidirectional Tomography に関する研究. I. 先天性外耳道閉鎖症. 耳喉 41: 573, 1969.
- 32) 石井哲夫, 他: 側頭骨の多軌道断層撮影. II. 内耳奇形. Audiology Jap. 16: 25, 1973.
- 33) 中井義明, 他: 側頭骨における断層撮影. 耳鼻臨床 65: 547, 1972.
- 34) Ziedes des Plantes, B. G.: A new method of differentiation in roentgenography (Planigraphy.) Acta Radiol. 13: 182, 1932.
- 35) Lapayowker, M. S., Ronis, M. L., Woloshin, H. J.: The use of plesiosectional tomography in otology. The Laryngoscope LXXV: 1837~1846, 1965.

原稿到着: 昭和52年11月10日
 別刷請求先: 新川敦
 ☎259-11神奈川県伊勢原市望星台
 東海大学医学部耳鼻咽喉科学教室