



Title	顎関節断層X線画像の信頼性に関する研究
Author(s)	高橋, 章
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/35940
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

顎 関 節 断 層 X 線 画 像 の 信 頼 性 に 関 す る 研 究

高 橋 章

目 次

I. 緒 言

II. 断 層 画 像 の 信 頼 性 に 関 する 実 験 的 検 討

1. 材 料 な ら び に 方 法

1) 下 顎 頭 フ ァ ン ト ム の 作 製

2) 顎 関 節 フ ァ ン ト ム の 断 層 撮 影

3) 断 層 像 の 検 討

2. 結 果

1) 管 球 側 顎 関 節 像 と フ ィ ル ム 側 顎 関
節 像 と の 比 較

2) 顎 関 節 内 側 像 と 外 側 像 と の 比 較

3) 骨 皮 質 肥 厚 フ ァ ン ト ム の 断 層 像 に
つ い て の 検 討

4) 下 顎 頸 再 現 フ ァ ン ト ム の 断 層 像 に
つ い て の 検 討

5) フ ァ ン ト ム 外 形 の 違 い に よ る 断 層
像 の 比 較

6) 管 球 軌 道 の 違 い に よ る 断 層 像 の 比
較

① ズ レ の 比 較

② 明 瞭 度 の 比 較

③ ボ ケ 残 像 の 比 較

3. 小 括

III. 断 層 画 像 の 信 頼 域 に 関 す る 検 討

1. 材 料 と 方 法

2. 結 果

IV. 考 察

1. 撮 影 方 法 に つ い て

2. 画 像 の 評 価 に つ い て

3. 顎 関 節 の 位 置 付 け に つ い て

4. 顎 関 節 内 側、 外 側 の 像 に つ い て

5. 断 層 厚、 擬 似 輪 郭 に つ い て

6. 管 球 軌 道 に つ い て

7. 下 顎 頭 形 態 と の 関 連 性 に つ い て

V. 結 論

I. 緒言

近年、顎関節部疼痛、雑音、顎運動制限等を主訴として来院するいわゆる顎関節症患者は増加の傾向^{1) - 4)}にあり注目されている。

本疾患の診断、病態の把握、予後判定に際し、顎関節部X線検査法は関節ならびにその周辺部の状態を把握するうえで不可欠^{5) - 9)}であり、従来より単純X線撮影法^{10) - 17)}や断層X線撮影法^{18) - 28)}を用いた観察がなされてきた。しかし単純X線撮影法による像では、頭蓋骨や反対側顎関節の重積、X線斜入による歪や、下顎頭と関節窩との位置的ずれが生ずるため、顎関節の状態を正確に把握することとはできない^{5), 8), 18)}。一方、断層X線撮影法ではこれらの問題がなく、骨形態及び関節隙の詳細な把握ができるといった利点のため多用され、定性的^{8), 19) - 22)}、定量的^{5), 18), 22) - 28)}観察がなされている。しかし一般的に断層撮影時において、目的とする断面以外の解剖学的構造物による障害陰影や擬

似輪郭の形成のために実体と輪郭影の形状の不一致が起こり得るという報告がある²⁹⁾ -

³³⁾。ところが、これらの研究は生体撮影時とは全く異なる条件で行われており、生体の顎関節撮影時またはそれと同一条件下において、管球軌道、関節形態等によってこれらの現象がどの程度生じているかは未だ明らかにされていない。

本研究は、(1) 顎関節ファントムを用いて生体の顎関節断層X線撮影時と可及的同一条件下において、管球軌道、顎関節の形態及び位置付けを変化させた場合に生ずる断層像の明瞭度、ボケ残像、擬似輪郭の出現の有無について実験的に検討、さらに(2) 多数の乾燥頭蓋骨を用い下顎頭の形態とその断層画像の信頼域との関連性についても検討を加え、顎関節断層X線画像の信頼性とその限界を明らかにすることを目的とした。

II. 断層画像の信頼性に関する実験的検討

1. 材料ならびに方法

1) 下顎頭ファントムの作製

まずファントム作製時の参考とするために、下顎頭前後の形態の検討を行った。大阪大学歯科放射線学講座所有の乾燥頭蓋骨の下顎頭16側について前後方向単純X線写真を撮影し、Yale^{3,4)}の分類に従ってtype A (flat), type B (convex), type C (angled), type D (round) に分類した(図1)。type B, Dについては投影映像を円弧とみなし、その曲率半径を求めた。type Cについては水平面に対する下顎頭表面の傾斜角を求めた。その結果、type B, Dの曲率半径は10~20mm(平均 14.0 ± 3.46 mm), type Cの傾斜角は12~20°(平均 $18.3 \pm 4.09^\circ$)であった。

これらの分布をもとにして、2次元的な曲面あるいは傾斜を有する下顎頭ファントムを作製した(図2)。材質はポリウレタン樹脂に炭酸カルシウムを添加させたもので、炭酸

カルシウム含有量の重量百分率は、表層約 1 mm で 50 %、内部で 20 % とし、皮質骨あるいは海綿骨と同程度の X 線吸収度^{35) - 37)}となるようにした。また、骨皮質の肥厚した状態を想定し、外形は同一で、表層約 3 mm で炭酸カルシウム含有量が 50 % となる下顎頭ファントムも作製した（以下、皮質骨肥厚ファントムと称する）。さらに、下顎頸部でのくびれを考慮した下顎頭ファントムも作製した（図 2 の下、以下、下顎頸再現ファントムと称する）。

2) 顎関節ファントムの断層撮影

前項で述べた下顎頭ファントムについて断層撮影を行った。フィルム間の位置合わせのため、下顎頭ファントム周囲に 3 本の矯正用ワイヤを断層截面に対し垂直に立て、さらに截面の確認のため直径 0.5 mm のスチールボールを 10 mm 間隔でワイヤに沿って貼付した（図 3）。写真濃度を生体撮影時のそれに近似させるため、下顎頭ファントムを乾燥頭蓋骨の

下顎窩に置き、これらをアクリル製水槽中に固定して、水深と底板厚の合計が成人の平均的顔面幅径である14cmとなるよう水道水を満たした(図4、以下、顎関節ファントムと称する)。この状態で、矢状断を想定した断層撮影(単層または同時多層)を行った。撮影装置は多軌道断層撮影装置ポリトーム-U(Philips社製、焦点寸法 $0.3 \times 0.3 \text{ mm}$)、絞りは $10 \times 15 \text{ mm}$ (断面での照射野は $60 \times 80 \text{ mm}$)とし、カセット真上には照射野相当部以外のフィルムのカブリを防ぐ目的で半径45mmの穴の開いた円盤を置いた。フィルムはフジRX、カセットおよび増感紙は同時多層断層撮影用ブックカセット(2.20mm間隔7層、化成オプトニクス社製)または単層撮影用カセット(増感紙フジHi-screen standard)を使用した。現像はフジX-ray film processor FPM 400(33.5° C 、90秒)にて自動現像を行った。管球最大振角は、ICRU勧告³³⁾に従って測定し図5に示す結果を得た。撮影条件は、

コントラストを一定に保つために管電圧を一定（70kVp）とし、写真濃度は管電流を変化させることにより調整して、同時多層断層撮影時は300mAs、単層撮影時は120mAsとした。撮影時間は管球軌道により一定で、円、楕円軌道では3.0秒、ハイポサイクロイダル軌道では6.0秒であった。この撮影条件は大阪大学歯学部附属病院における患者撮影時と同一条件である。同時多層断層撮影法の断面間の幅は断層解析用テストチャート（Philips社製）を用い測定した結果2.0mmであることがわかった。撮影は原則として同時多層断層撮影を行い、下顎頭ファントム正中矢状面を中心とした2.0mm間隔14層、24mmの範囲で、2回ずつ撮影したが、断層像の厳密な比較の際には、必要に応じて同一増感紙を使用して単層撮影を行った。

3) 断層像の検討

断層写真の検討に際し類似の用語による混乱をさけるため本文中における用語を以下の

ごとく定義した。

断層像：断層写真の像

断面像：断層断面（Objective plane³⁸）における被写体をフィルム面（Film plane³⁸）に投影した像

被写体輪郭：断層断面における被写体の輪郭

輪郭影：ファントムの断層像の輪郭

得られた断層像の一枚を図6に示す。断層写真約1300枚の全てに対し、臨床像との対比を考慮して、輪郭影の視覚的な見えやすさ（周囲に対する鮮鋭度、コントラストを含めた総合的な評価）を明瞭度（clearness）と定義し、この明瞭度と、断層断面外の構造物を消去しきれずに残ったボケ残像（blurred image）の強さについて観察し、各断層像につき以下の基準で評点を付し比較検討した（図7）。

明 瞭 度

1. 輪郭を認識できない
2. 輪郭影の部分的断裂が認められる

3. 輪郭影は連続しているが不鮮明

4. 輪郭影は連続しており、鮮鋭度、コントラストともに大

ボケ残像の強度

1. 認められない

2. 存在は認識できるが、輪郭影は容易に認識できる

3. 強く、輪郭影の認識が困難

さらに、明瞭度が1以外の断層像に対し、矯正用ワイヤの断層像3点を各截面間の位置合わせの基準として、輪郭影をトレース、コンピュータ入力し、座標値を計算した。この座標値から、断層による拡大率を補正した各截面における輪郭影の上下的長さを計算し、その截面における被写体輪郭の長さとのズレを計算した。また、各截面間の輪郭影の座標値をスプライン関数³⁹⁾により補間し、ズレの傾向につき検討した。使用コンピュータは

I B M 社 製 マ イ ク ロ コ ン ピ ュ ー タ P C / A T
 で、 プ ロ グ ラ ム 言 語 は F O R T R A N に て 記
 述 し た。 な お、 撮 影、 現 像、 ト レ ー ス、 コ ン
 ピ ュ ー タ へ の 入 力 な の の 過 程 に お け る 累 積 誤
 差 を 知 る た め、 下 顎 頭 フ ァ ン ト ム 中 央 部 の 断
 層 写 真 2 2 6 枚 に つ い て 計 測 し た。 各 フ ァ ン ト
 ム の 上 下 的 長 さ を 3 回 ず つ 計 測 し た と こ ろ、
 平 均 2 5 . 0 1 mm で、 そ れ に 対 す る 輪 郭 影 の 上 下
 的 長 さ は 平 均 2 4 . 9 1 mm 、 標 準 偏 差 は ± 0.29 mm
 で あ っ た。 し た が っ て、 測 定 値 の ば ら つ き の
 約 9 5 % が 含 ま れ る 範 囲 は 0.29×2 , ± 0.58 mm
 で あ り、 こ の 値 を 計 測 の 誤 差 範 囲 と し た。

こ れ ら 明 瞭 度、 ボ ケ 残 像、 ズ レ を 判 定 基 準
 と し、

- 1) 管 球 側 顎 関 節 像 と フ ィ ル ム 側 顎 関 節
 像 と の 比 較
- 2) 顎 関 節 内 側 像 と 外 側 像 と の 比 較
- 3) 骨 皮 質 肥 厚 フ ァ ン ト ム の 断 層 像
- 4) 下 顎 頸 再 現 フ ァ ン ト ム の 断 層 像
- 5) フ ァ ン ト ム 外 形 の 違 い に よ る 断 層 像

の 比 較

6) 管 球 軌 道 の 違 い に よ る 断 層 像 の 比 較
に つ い て 検 討 し た。

2. 結 果

1) 管 球 側 顎 関 節 像 と フ ィ ル ム 側 顎 関 節 像 と の 比 較

同 一 下 顎 頭 フ ァ ン ト ム を、 乾 燥 頭 蓋 骨 の 左
右 関 節 窩 の う ち 管 球 寄 り の 関 節 窩 に 置 い た 場
合 (図 8 a) と、 フ ィ ル ム 寄 り の 関 節 窩 に 置
い た 場 合 (図 8 b) の 断 層 像 を 比 較 し た (図
9 の 上 段 と 中 段、 お よ び 図 1 0)。 そ の 結 果、
両 者 の 間 に は 明 瞭 度 お よ び ボ ケ 残 像 に つ い て
著 明 な 差 は み ら れ な か っ た。

2) 顎 関 節 内 側 像 と 外 側 像 と の 比 較

下 顎 頭 フ ァ ン ト ム の 正 中 矢 状 面 に 対 し て 対
称 的 な 位 置 に あ る 外 側 部 の 断 層 像 と 内 側 部 の
断 層 像 と の 比 較 を 行 っ た。 (図 9 の 第 一 列 と
第 三 列、 お よ び 図 1 0) ま た、 乾 燥 頭 蓋 骨 を 取
り 除 い た 状 態 で の 撮 影 も 行 っ た。 そ の 結 果、

外側部は、内側部に比べて明瞭度が劣り、かつボケ残像が強くなる傾向にあった。一方、乾燥頭蓋骨を除いた場合では外側部断層像と内側部断層像との間に明瞭度、ボケ残像に関して差は認められなかった。このことから、外側部にみられる著明なボケ残像の原因としては、頭蓋骨、特に顎関節外側部付近の構造物が考えられる。

3) 皮質骨肥厚ファントムの断層像についての検討

皮質骨肥厚ファントムの断層像と、同一形態のファントムの断層像とを比較した(図11、図12)。皮質骨肥厚ファントムは、ボケ残像が極めて強く、輪郭影の明瞭度も低下する傾向にあった。

4) 下顎頸再現ファントムの断層像についての検討

下顎頸相当部にくびれを付与したファントムの断層像と、付与しないファントムの断層像とを比較した(図13)。両者の間には明

瞭度、ボケ残像の差は認められなかった。したがって、断層像は、下顎頸部の形態には影響されないと考えられた。

5) ファントム外形の違いによる断層像の比較

頂部が平面から構成されているファントム（平坦型および屋根型）と、曲面から構成されているファントム（凸型）とについて断層像の比較を行った。比較の方法として、断面における下顎頭ファントム表面の接線と、断面とのなす角度の余角（図14：以下、傾斜角と称する。但し外側での傾斜角を正、内側での傾斜角を負とする。）を計測し、傾斜角と明瞭度との関係を検討した（図15）。それによると、頂部の形態が平面の下顎頭ファントムでは、傾斜角が $\pm 10^\circ$ および $\pm 20^\circ$ では輪郭影が得られたのに対し、傾斜角が $\pm 30^\circ$ では輪郭影の認識ができなかった。一方、頂部の形態が曲面のものでは、傾斜角が $\pm 40^\circ$ 程度になっても比較的明瞭な輪郭影が認められ

る傾向にあった。

6) 管球軌道の違いによる断層像の比較

① ズレの比較

図16に輪郭影の長さ与被写体輪郭の長さとのズレを示す。図16aは傾斜角が小さいファントムで、すべての断面においてズレは誤差範囲内だった。図16bは頂部の形態が曲面のファントムで、外側と内側とで輪郭影の長さには著明な違いはみられなかった。一方、被写体輪郭の長さとのズレはファントム中央部付近では誤差範囲内であったのに対し、ファントム両端付近では、傾斜角の増加とともに急激に増大した。図17は、軌道の違いによる、傾斜角とズレとの関係を調べたもので、傾斜角とズレの組合せとからなる標本点へスプライン関数を最小2乗法によりあてはめ、管球軌道別に回帰曲線として表現したものである。管球振角の大きな円軌道およびハイポサイクロイダル軌道では、ズレが誤差範囲内となる領域は傾斜角がおおむね $\pm 30^\circ$ 以内の範囲で

のに対し、管球振角の小さな小円軌道ではこの領域は小さく、管球振角の増大とともに大きくなった。すなわち、ズレの程度は管球振角に依存していた。

さらに、ズレの大きな部分では、截面間を結んだ補間曲線が、直線に近い形状となっている（図 16 b）。この範囲について各ファントム、管球軌道ごとに一次回帰を行い、回帰直線の傾斜角を求めた。図 18 はこの傾斜角と管球振角の関係を示したもので、両者がほぼ一致していることがわかった。すなわち、管球振角よりも大きな傾斜角では輪郭影と被写体輪郭との不一致がみられた。一方、傾斜角が管球振角以内のときは輪郭影は被写体輪郭に一致していたため、この領域を信頼域と呼ぶことにした。

② 明瞭度の比較

図 19 に、ファントム傾斜角と明瞭度との関係を示す。円軌道および楕円軌道では信頼域外となる傾斜角の絶対値が大きな場合でも明

隙度の評点は高い傾向にある。それに対し、
 ハイポサイクロイダル軌道では、傾斜角が士
 30° 以内では高評点であるのに対し、士 30°
 を超えた場合、明隙度の急激な低下がみられ
 た（図 19a）。一方、ハイポサイクロイダル
 軌道の位相を変化させた場合の明隙度の変化
 について検討した結果は図 19b に示す通りで、
 ファントム傾斜角が士 20° 以内では大きな差
 は認められなかったが、最大振角 24° の部分
 が、ファントム外側部に対して接線となるハ
 イポサイクロイダル 2 では外側部輪郭影、内
 側部に対して接線となるハイポサイクロイダ
 ル 3 では内側部輪郭影の明隙度が最も低い結
 果となり、その反対側の、振角 18° で接線と
 なる部位では振角よりも大きな傾斜でも輪郭
 が認識されやすい傾向にあった。ハイポサイ
 クロイダル 1 では外側部、内側部ともに明隙
 度が良好で、かつ最大振角よりも大きな傾斜
 角のときに擬似輪郭が生じにくく、最も優れ
 ていた。このときの最大振角の上下方向の成

分角は23度であった。

③ ボケ残像の比較

前述のごとく、ボケ残像は截面外の構造物に起因するため、本実験においては截面ごとの検討が必要である。図20に各軌道ごとのボケ残像の強さを示す。いずれの軌道も、外側部は内側部と比較してボケ残像が強い傾向が認められる。軌道別に比較した場合、橢円軌道、円軌道の順に強く、ハイポサイクロイダル軌道では最も弱かった。

3. 小括

本実験結果からは管球側顎関節とフィルム側顎関節との間で断層像に大きな差は認められなかった。したがって、生体撮影において、管球側、フィルム側どちらの顎関節を撮影しても断層像には大きな影響はないと考えられた。顎関節外側部において、頭蓋骨の影響によるものと考えられる画質の劣化が認められた。ファントムのX線吸収度が高い場合には

ボケ残像が強くあらわれ、明瞭度が低下する傾向にあった。下顎頸の形態は断層像には大きな影響を及ぼさなかった。ファントム表面の傾斜角が管球の最大振角よりも大きな場合、輪郭影と被写体輪郭との間に不一致が生じた。

管球軌道の変化にともない断層像に変化がみられ、ハイポサイクロイダル軌道はボケ残像が少ないこと、信頼域外では輪郭影の明瞭度が低いために断面像を誤認する危険性が低い点で最も優れていた。また、ハイポサイクロイダル軌道の位相を変化させた場合、ボケ残像、明瞭度に変化がみられ、最も良好な断層像が得られたときの最大振角成分は 23° であった。

Ⅲ. 断層画像の信頼域に関する検討

顎関節ファントムを用いた実験結果から、下顎頭の形態と形成された断層画像との関連性が示されたため、種々の形態を有する乾燥頭蓋骨を用い、実際の顎関節断層X線撮影時における断層画像の信頼域について検討した。

1. 材料と方法

大阪大学歯学部口腔解剖学第二講座および歯科放射線学講座所有の乾燥頭蓋骨53体の下顎頭106側を使用した。下顎頭を含む頭蓋骨の眼耳平面を水平に位置づけた後に頭蓋骨のみ取り除き、下顎頭水平的長軸をフィルムの方長辺と一致させ写真撮影を行った。撮影方向は下顎頭1側につき上方、後方、前上方45度、及び後上方45度の4方向から行った。得られたフィルムの輪郭から下顎頭の前面、前上面、上面、後上面、後面に相当する5か所の部位につき下顎頭表面における接線とフィルム長辺とのなす角が23度となる部位を求めた(図

21)。この部位を断層撮影により形成される画像の信頼限界とし、下顎頭内での位置ごとに傾斜が23度以内となる領域すなわち信頼域について検討を行った。

2. 結果

表1に信頼限界の内側 - 外側間の距離、表2に下顎頭長軸の長さに対する信頼域の割合を示す。下顎頭形態の分類にはYale³⁴⁾の分類を用いた。断層撮影時における信頼域は、平均14.1mm、下顎頭内 - 外側間距離の約75%であることがわかった。下顎頭形態別に信頼域を比較した場合、type D は平均10.6mm (下顎頭の67%) と最も信頼域が小さく、次いでtype C, type B の順に大きくなり、type A では15.5mm (下顎頭の80%) であった。また、その範囲は、37% ~ 93% であった。また、下顎頭内での部位別に信頼域を比較してみると (図22)、下顎頭内側は外側と比較して信頼域は概して小さく、下顎頭外側上方、外側

後上方および内側前上方の部位で信頼域が小さくなる傾向にあった。また、下顎頭外側前上方または内側前上方において信頼域が極端に小さくなる形態のものもみられた。

IV. 考 察

いわゆる顎関節症患者において顎関節部の
 X線検査は極めて重要である^{5) - 9)}。顎関節
 症のX線診断において上村ら¹⁴⁾は、①顎関
 節を構成する骨の形態異常の有無、②関節窩
 と下顎頭の相対位置(顎頭位)の異常の有無、
 ③関節囊および関節円板の形態ならびに位置
 の異常の有無、④下顎頭の運動量の異常の有
 無、⑤下顎頭の運動過程の異常の有無のすべ
 てが診断の対象となるとしている。一方、顎
 関節症の本態の1つとして、関節円板を含む
 顎関節部軟組織の異常が考えられている<sup>40) -
 42)</sup>。関節部軟組織を描出する手段としては
 顎関節腔造影法^{42) - 45)}、CT(コンピュ
 ータ断層撮影法)⁴⁶⁾、MRI(核磁気共鳴
 法)⁴⁷⁾などの方法が挙げられる。しかし、
 顎関節腔造影法は外科的侵襲を伴い、かつ被
 曝量が多いといった問題点のために必ずしも
 全ての症例に適用するには至っていない。ま
 た、CT、MRIは外科的侵襲は伴わないが、

現状では解像力が不十分で、関節円板あるいは周囲軟組織の情報が十分に得られていない。そのため、顎関節症患者の診査にあたっては、関節部軟組織の検査に先だって、骨の形態異常の有無、および関節窩と下顎頭の相対位置の異常の有無を観察することにより顎関節部硬組織の異常を知るとともに軟組織の異常の程度を推測することが重要と考えられる。単純X線写真は撮影が比較的容易であるために従来より定性的(10) - (15)、定量的(16)・(17)観察に用いられてきている。しかしながら、顎関節周囲には頭蓋底、頸椎、乳突蜂巣、および反対側顎関節などの複雑な骨組織が存在し、診断に寄与しうる単純X線写真を得るためにはこれらの骨の重積をできる限り少なくせねばならず、照準に際しX線束の斜入は避けられない(48)。この斜入により関節窩と下顎頭の相対位置に歪が生ずるために、その評価には問題が多い。さらに、X線画像形成の上からX線束が接線を形成しうる領域のみが輪郭

として認識されるため、曲面からなる関節窩
 および下顎頭表面の輪郭形成に再現性が乏し
 く、詳細な変化を捉えることができない。こ
 のため、単純X線像では顎関節の形態的診断
 に限界があると考えられる^{2), 5), 8), 18)}。一
 方、断層X線撮影法では頭蓋骨、反対側およ
 び同側顎関節等の重積をぼかし去ることが可
 能で、断面の位置を変化させることにより顎
 関節を構成する骨のX線学的変化の有無と部
 位を詳細に知ることができ、下顎頭と関節窩
 の相対的位置関係を正確に調べることができ
 るという利点のために多用されている。また
 これらの点から顎関節症患者と正常者との比
 較、顎関節症患者内での症状別比較等の研究
 において骨変化や下顎頭位の判定に用いられ
 ている^{18) - 28)}。しかし、断層撮影時におい
 て、目的とする断面外の解剖学的構造物によ
 る障害陰影や擬似輪郭の形成のために被写体
 輪郭と輪郭影の形状の不一致が起こる場合が
 あり、金属柱^{29), 30)}やアクリル円柱³¹⁾、

あるいは顎関節摘出標本³²⁾、³³⁾などの断層X線写真で確認されている。しかしながら、これらの研究は、管電圧、被写体のX線吸収率などの条件が生体撮影時とは全く異なるため、写真上のコントラストが同一でなく、その結果を生体撮影時にそのまま適用できない。そのため、生体の顎関節撮影時と同一条件下において、管球軌道、関節形態等によってこれらの現象がどの程度生じているかを明らかにする必要がある。本研究では、臨床に用いられている顎関節同時多層断層撮影時にできる限り近い条件で実験を行った。

1. 撮影方法について

まず、乾燥頭蓋骨の下顎頭の形態を計測し、標準的な形態およびやや極端な形状の下顎頭ファントムを作製した。計測精度の向上のためファントム表面の形状は、下顎頭の前後の形態のみを考慮した平面あるいは2次元的な曲面から構成し、成形時の寸法誤差の小さい

ポリウレタン樹脂を使用した。写真上のコントラストを生体撮影時と一致させるためにポリウレタン樹脂に炭酸カルシウムを、骨皮質、海綿骨相当部に添加した。周囲のX線吸収率を一致させるために乾燥頭蓋骨を置き、軟組織についてはファントムを水中に浸漬することにより代用した。このことにより顎関節ファントム全体のX線吸収度については生体撮影時とほぼ同一の環境が得られた。管球軌道による曝射時間の違いについては、X線管電流を変化させることにより写真濃度を同一にし、管電圧の変化によって生ずるコントラストの変化を防いだ。照射野は、散乱線による画質の低下を防ぐために $10 \times 15 \text{ mm}$ （截面で $60 \times 80 \text{ mm}$ ）とし、顎関節部の描出に必要最小限の大きさとした。この程度の照射野では散乱線の含有率は低く、画質に影響しない⁴⁹⁾と考えられたため、グリッドは使用しなかった。

2. 画像の評価について

得られた像に対する評価として、濃度曲線を用いた評価法^{30), 50), 51)}も考えられるが、画質には写真濃度の他にコントラスト、鮮鋭度、粒状性などが影響する⁵²⁾。本研究では臨床に即して画質を総合的に判定するため、輪郭影の見えやすさを明瞭度 (clearness) とし、評価の対象とした。

断層撮影時に生ずる障害陰影は截面外の構造物の像がボケ像として合成され、断層面像に重複したもので、① 截面外の被写体の像が、ボケてはいるが消去しきれずに残ったボケ残像、② 管球の運動面に沿う被写体内構造によって起こり、線状となって記録される線陰影、③ 截面外の被写体のボケ像が次々と重なりあって中心部には核が現われ、周辺部のボケた陰影を形成する核陰影が含まれる⁵²⁾。従来用いられてきた blurred image^{53), 54)}, blurring^{55) - 57)}, blurred shadow⁵⁸⁾, halo effect³³⁾といった用語は、いずれも截面外の構造物によって生じたことが明らかで、

輪郭が明瞭でないボケ残像のことを指していると思われる。これに対して截面外の構造物の像が明瞭な輪郭を持つ場合があり、截面の像である true contour (本影輪郭) に対して spurious contour (疑似輪郭) と呼ばれている^{31), 58)}。従来、turning shadow²⁹⁾, spurious phenomenon³³⁾, phantom image⁵⁷⁾, parasite shadow^{31), 59)}, blurred detail⁵⁶⁾ と呼ばれる現象とはいずれもこの spurious contour と同一の現象を指しているものと考えられる。これは截面外の被写体により生じた障害陰影であり、線状の陰影であることから線陰影により形成されたと考えられる。本研究における断層像では核陰影は著名ではなかった。

3. 顎関節の位置付けについて

管球側顎関節とフィルム側顎関節のどちらを撮影したほうが良好な像が得られるかについて言及した論文は見あたらなかった。

Millerら⁶⁰⁾、Ricketts²³⁾、Blairら²⁴⁾は、
 撮影時にフィルムに近い方の顎関節を撮影し
 ているが、この位置付けの根拠となる理論的
 な説明はない。単純X線撮影法の場合、管球
 焦点が面線源であるために生ずる半影を小さ
 くする目的で、可能な限り被写体をフィルム
 に近づけることが原則になっているが、本研
 究で使用した断層撮影法（撮影時には被写体
 は固定され、管球とフィルムとが一定の位置
 関係を保ちながら移動する tomography⁶¹⁾と
 呼ばれる方式）では図23に示すように管球、
 断面、フィルムの位置的関係は一定で、被写
 体の移動により異なる断面が得られる。この
 場合、管球側顎関節撮影時とフィルム側顎関
 節撮影時とを比較すると、管球－顎関節－フ
 イルムの位置関係は同一で、頭蓋骨の位置が
 異なるのみである。断面外の構造物の像は、
 管球の運動のためフィルム上を移動すること
 によりボカされるが、その移動量は断面と構
 成要素との距離に依存し、断面から等距離に

ある管球側とフィルム側の点の移動量は近似的に等しい⁵²⁾。そのため、截面外の頭蓋骨についても管球側顎関節撮影時とフィルム側顎関節撮影時との間ではボケの大きさにはほとんど差はない。本研究においても両者の像の間には肉眼的には差が認められなかった。すなわち、断層撮影時において、管球側顎関節、フィルム側顎関節のどちらを撮影すべきか特に考慮する必要はないと考えられる。

4. 顎関節内側、外側の像について

下顎頭外側部断層像と内側部断層像とを比較した場合、本研究では外側部において、頭蓋骨の重積によりボケ残像が強く、画質の劣化が認められた。Eckerdal³³⁾は、顎関節摘出標本の断層写真による研究において、下顎頭外側と内側ではボケが増大したと述べている。その原因としては、外側では頭蓋骨側頭部、内側では頭蓋底および側頭骨錐体の重積の影響が大きく、さらに外側部では内側部下

顎頭の重積も原因のひとつであると述べており、外側部については本研究の結果と一致する。しかしながら、本研究では内側部は頭蓋底の重積は著明でなく、外側部と比較して良好な像が得られた。Eckerdalは、内側部での像の劣化の原因の一つに、この部の下顎頭表面の傾斜が急であることも挙げており、骨表面がX線束に対して接線が形成されないため像のボケが生ずるとしている。このことは、本研究の、断層撮影時における下顎頭の信頼域と関係することであるが、ボケ残像とは区別して考慮すべきことであり、頭蓋底のボケ残像が原因で内側部の像の劣化が生じているかは疑問であると考えられる。

5. 断層厚、擬似輪郭について

断層厚とは、視覚で認識できないボケの大きさの限度（ $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ ）まではボケを含んでいても鮮明と感じられ、その領域を断層の厚さと呼ぶと定義されている。すなわち、断

層厚は振角の大きさと被写体の大きさの関数である⁵²⁾。これは、断面の近傍の構造物の像がボケずに認められるという意味である。

断面に対して傾きを有する斜面の断層撮影では、傾斜面と断面との交線上で最も鮮明な像が得られ、その周囲では徐々に鮮鋭度が低下し⁶²⁾、断層厚の概念はこの中には入らない。

緩やかな傾斜面の場合、輪郭として得られる部位は、図16aのように斜面と断面との交線で、断層厚の概念は考えられないことがわか

る。一方、図16bのように、急傾斜面では輪郭影は斜面と断面との交線とは一致しなかったが、同じ傾斜をもつ屋根型のファントムでは輪郭が認識されなかったことより、この輪

郭影は線陰影により形成された擬似輪郭と考えられる。すなわち、このズレに断層厚の概念は適用すべきでないと考えられる。通常、

疑似輪郭影は、断面像の存在のために認識できないか、あるいは認識された場合でもコントラスト、鮮鋭度が劣る点で断面像との識別

は可能と考えられる。しかしながら、断面像のコントラストが低い場合、断面像と誤って認識される可能性がある⁶³⁾。針替⁶⁴⁾は、断層厚を左右する因子としてX線管振角、被写体の大きさのほかに(1)対象物の吸収度とX線管移動方向、(2)被写体の形状と厚さ(球、楕円柱、卵形等)、(3)管電圧をあげており、Eckerdal³³⁾は顎関節断層撮影時における断層厚はおおむね 3 ± 1 mm、最大5 mmと述べている。しかし、前述のように断層厚は振角と被写体対象物の大きさにのみ依存するものであり、両者の述べている断層厚とは、振角と被写体の大きさの他に、断面外の被写体の像のコントラストの変化をいったものと考えられる。顎関節では、外側端、内側端付近で断面像のコントラストは低い。このとき顎関節中央部付近は擬似輪郭影の原因となる場合があり、さらに中央部付近の形態は断面における被写体輪郭と類似の形態のため両者の鑑別が重要である。擬似輪郭影を断面像と

誤認しないためには、擬似輪郭影が生じにくい軌道を選択すると共に、輪郭影のコントラスト、鮮鋭度を十分観察することが必要と考えられる。

従来の研究では断層厚の変化^{33), 65)}や、断層の歪^{58), 66), 67)}といった記述がなされているが、これらは擬似輪郭を計測して被写体と比較したものと考えられる。また、歪といった表現も、断面における被写体の形状の変化とは異なるために適切でないと考えられる。円軌道等では擬似輪郭が出現しやすい傾向にあったが、擬似輪郭影を断面像と誤認した場合、計測上問題があり、かつその断面での骨変化についての誤診を招く可能性があるため注意を要する。一方、ハイポサイクロイダル軌道では擬似輪郭は出現しにくいですが、断面像のコントラストが低い場合、*erosive bone change*^{11), 12), 14), 22)}と誤認しないよう注意することが重要と考えられる。

6. 管球軌道について

像形成に関わる重要な因子に、振角の大小と軌道の形が挙げられる。振角の大きさに関しては、小さな振角を用いて截面付近の構造物のコントラストを高める Zonography と、振角を大きくして截面外の構造物を大きくボカし去る薄層断層法とがある⁵⁷⁾。前者は、振角がおおむね 10° 以内のものを指す^{68) - 70)}。Zonography は、薄層断層法よりも断層厚が大きく、写真コントラストが良好である。白根⁷¹⁾ は、結像域以外の影像をボカし去る一方で鮮鋭な画像輪郭を得るために Combination Zonography を考案し、臨床応用している。本法ではコントラスト低下による像の誤認の危険性は低くなると考えられる。しかし、Korach ら⁷²⁾、Eckerdal³²⁾ が述べているように、振角の小さい Zonography では顎関節において、X 線吸収度の大きい頭蓋底や錐体の重積をボカしきれないため、必ずしもボケ残像に対するコントラストが良好にはならないと

考えられる。また今回の研究でも明らかによ
うに、振角の小さい断層撮影法では、信頼域
は極めて小さくなり、顎関節の外側及び内側
では断面像は得られず、顎関節中央部付近の
輪郭のみが像として認められることになる。

したがって、Zonographyを顎関節に應用する
場合は、顎関節中央部付近の情報のみが得ら
れると考えるべきで、外側部、内側部におけ
る骨変化や下顎頭－関節窩の位置については
評価が困難と考えられる。通常の顎関節では
ハイポサイクロイダル軌道で十分な明瞭度が
得られるため、あえてZonographyを第一選択
とする必要性は低いと考えられる。

Zonographyは、高い写真コントラストが得ら
れる特徴により、ハイポサイクロイダル軌道
で十分なコントラストが得られない極端な顎
関節の変形や、低年齢者で骨の石灰化が不十
分な場合に補助的に利用することが適してい
ると考えられる。

軌道の形に関しては、動きのある被写体に

対しては撮影時間の短縮のために直線軌道のような単純な形の軌道を選択せざるをえない場合がある⁷³⁾が、顎関節のように不随意の動きがなく、周囲にX線吸収度の高い骨組織が存在する場合には、それによって生ずる高濃度の障害陰影を避けるために複雑な形の軌道を使用^{74) - 77)}することに異論はないと考えられる。本研究にて使用した3種の軌道を比較すると、楕円軌道は直線に横幅をつけた場合に近く最も単純な軌道であり、次いで円軌道が単純な形状の軌道と考えられる。ハイポサイクロイダル軌道は三者のうち最も複雑な形状であり、X線束が多方向から照射されるため障害陰影となる截面外の構造物のフィルム上の動きは複雑になり、障害陰影をボカし去る効果が向上する⁷⁶⁾と考えられる。

Korachら⁷²⁾は、ボケ量が異なるため、対象によって軌道を変えるべきと述べており、顎関節矢状断層撮影時には、楕円軌道で、体軸に対して楕円の長軸を前方に45°回転さ

せた軌道を勧めている。しかしながら、その
 根拠についての記述はない。Eckerdal^{3,2)}は、
 軌道を変化させて顎関節摘出標本の断層撮影
 を行った結果、臨床応用に関しては、下顎頭
 前面が明瞭な像となる下顎枝と橢円の長軸と
 を一致させた方向の橢円軌道が優れていると
 している。しかしながらこの撮影法では顎関
 節後部が見えにくいいため位置関係が分かりに
 くいこと、また関節結節部に2重の輪郭影が
 みられるという欠点を述べている。総合的に
 は、ハイポサイクロイダル軌道が、関節その
 ものがよく見え、内外の障害陰影をさけ、よ
 り正確な解剖学的診査をするためには最も優
 れていると述べている。本研究でも、ハイポ
 サイクロイダル軌道が最も優れた像を示して
 いたが、特に、ボケ残像が出現する頻度が低
 いこと、擬似輪郭影を認め難いといったハイ
 ポサイクロイダル軌道の特色は重要と考えら
 れる。また、今回の研究で、ハイポサイクロ
 イダル軌道で、軌道の形は同一であるにもか

かわらず、位相を変化させたことによって輪郭影の明瞭度に変化がみられた。ハイポサイクロイダル2では内側部、ハイポサイクロイダル3では外側部において振角以上の傾斜でも明瞭度が高く、擬似輪郭影を截面像と誤認する危険性が大きいと考えられた。このために振角以上の傾斜を有する、信頼域の小さい部位に対してはこの位相とならないように考慮する必要があると考えられる。現在主に使用されている管球の軌道には、直線、円、楕円、ハイポサイクロイダル軌道のほかにはスパイラル軌道が多用されている⁷⁸⁾⁻⁸⁰⁾。本研究で使用した撮影装置にはスパイラル軌道はなく、比較できなかったが、撮影および現像条件を一致させた上での比較検討が必要であると考えられる。

7. 下顎頭形態との関連性について

ファントムを使用した実験より、被写体輪郭が正しく描出されるのは、表面の傾斜が管

球の最大振角内の領域であることがわかった。
 顎関節において、骨表面の傾斜が強い外側、
 内側部では輪郭影を認められない場合や、顎
 関節中央部から生じた擬似輪郭により像を誤
 認する危険性も存在すると考えられる。その
 ために、顎関節の形態を観察し、被写体輪郭
 が正しく再現される領域を熟知することが重
 要と考えられる。Lindblom¹⁶⁾ は下顎頭前後
 方向よりみた形態を2次曲線にて近似し、良
 好な結果が得られたとしている。しかしなが
 ら、この近似法では下顎頭周辺部ではデー
 タの不足のために精度が低いとしており、著
 者もこの2次曲線式を利用して23°の傾斜と
 なる部位を求めたが外側あるいは内側に大
 きく偏位しており信頼性は低かった。Yaleら⁶⁶⁾ ,
 Eckerdal³³⁾ は、断層撮影時において
 下顎頭と基準線(断層装置天板に対し垂直に
 交わる直線)とのなす角度が25°までの場
 合には実測上、被写体輪郭と輪郭影との良好な
 一致がみられるとしており、Eckerdalは顎

関節の2分の1ないし3分の2の部分で良好な像が得られたと述べている。さらにこの領域の分布はおおむね中央部から外側部に偏って存在し、下顎頭の断層像を前、上、後の3部位に分けて比較したところ上部は内側で像の再現性が劣り、後部では内側で良好な像が得られたと述べている。この原因としては下顎頭形態のばらつき（特に極端な腎臓状の形態を有する下顎頭ならびに下顎頭長軸角と前述の基準線とのなす角が大きいとき）および頭蓋底の重積を原因に挙げている。しかしながら個々の顎関節については良好な像が得られる領域の分布は複雑であると述べているのみである。実際の撮影時においては、個々の顎関節での断層撮影の信頼性に対する評価が重要と考えられる。

本研究では下顎頭を平面に投影した時の形態を前面、前上面、上面、後上面、後面それぞれについて計測した。下顎頭の水平的長軸が截面に対して垂直となる selective

tomography^{66), 81), 82)} の位置付けを考慮した方向からの投影像について観察した。下顎頭の垂直的長軸については患者撮影時において再現が困難であることから考慮せず、下顎頭の水平的長軸および体軸を基準軸とした。

その結果、下顎頭形態をYaleに従って分類したところ、その形態ごとに信頼域に差がみられること、下顎頭前上面、上面に極端に信頼域の小さい形態を有する下顎頭が存在することとがわかった。下顎頭頂部の前後的形態は回転パノラマ断層写真から十分判定可能であり⁸³⁾、それによって下顎頭をYaleに従って分類することにより断層撮影時における各下顎頭の信頼域をある程度類推することができるとも。また信頼限界付近において輪郭影の明瞭度が低い場合には強い傾斜により輪郭が描出されない可能性、あるいはそれが擬似輪郭影である可能性を疑うべきである。下顎頭表面の傾斜が強く信頼域が極端に小さい場合、その部で輪郭が認識されないことにより骨変化と誤

認する可能性がある。いわゆる骨関節症にみられるX線学的骨変化は外側部の前上方、上方に多いといわれている^{11), 12)}が、この部位では、強い傾斜による輪郭影の消失と初期の骨変化との鑑別は重要で、常に信頼限界の存在を考慮すべきであると考えられる。これらの擬似輪郭影等の存在が疑われたときは、他の撮影法、すなわち下顎頭垂直的長軸も考慮した selective tomography、あるいは前頭断断層撮影法などによって骨変化の有無を精査する必要がある。

V. 結 論

顎関節断層 X 線画像の信頼性と限界について検討するため、顎関節ファントムを作製し、生体と可及的同一条件下における断層像を作製、像の明瞭度、ボケ残像、疑似輪郭の出現の有無について検討した。さらに乾燥頭蓋骨を用い下顎頭の形態の分析を行い、断層撮影時の像の信頼域についても検討した。その結果、

1. 管球側顎関節とフィルム側顎関節との間で断層像に大きな差は認められなかった。また両者とも顎関節外側部において頭蓋骨の影響による画質の劣化がみられた。
2. 被写体表面の傾斜が管球の最大振角よりも大きい場合、輪郭影と被写体輪郭との不一致が生じた。
3. ハイポサイクロイダル軌道により、信頼域内での画質を良好に保ちつつ、信頼域外における疑似輪郭の発生を少なくすることが可能であった。またハイポサイクロイダル軌道

の位相により画質に変化が生じた。

4. 下顎頭において断層画像が正しく形成される領域は、下顎頭形態によって大きく変化し、断層撮影にあたって、下顎頭形態をあらかじめ知っておくことが必要と考えられた。

稿を終えるにあたり、終始御懇切な御指導御校閲を賜りました淵端孟教授に衷心より謝意を表します。また常に適切な御教示、御助言をいただきました藤下昌巳助教授、小倉壽博士、また実験に際し乾燥頭蓋骨の使用を御許可いただきました本学口腔解剖学第二講座堺章教授、北村清一郎助教授、ならびに本研究に際し種々のご援助をいただきました歯科放射線学教室員各位に感謝の意を表します。

A Study on Reliability of Tomographic Image of
the Temporomandibular Joint

Akira TAKAHASHI

Department of Oral & Maxillofacial Radiology

Osaka University Faculty of Dentistry

1-8, Yamadaoka, Suita, Osaka 565, Japan

Key words: Temporomandibular joint, Tomography, Blurred
image

The purpose of this study was to evaluate the reliability of tomographic images of the temporomandibular joint (TMJ).

Eight different types of phantom were made, simulating the shape of the condyle. The phantoms consisted of polyurethane and calcium carbonate in which the content of calcium carbonate varied between the portion of cortical bone and spongy bone to make those X-ray absorption equivalent to human condyle. The phantom attached to a human dry skull was tomographed using Polytome-U, under the conditions identical with that of tomography for the patients.

There was no significant difference of TMJ images between focus side and film side. The images of the medial part of TMJ were clearer than that of the lateral part influenced by superimposition of the zygoma.

The discrepancy of the contours on the focal plane between the phantom and the tomographic image occurred when the angle of inclination of the phantom surface was larger than the maximum exposure angle, 23 degrees in this apparatus. This might be resulted from misreading of spurious contours as the true contours.

Concerning the influence of focal movements to the image quality, the images obtained from hypocycloidal movements revealed superiority with minimum superimpositions and spurious contours, although the degree of the spurious contour and the contrast of the image varied when the phase of the hypocycloidal movements were altered. Any sectional images were not manifested by phantoms when the inclination of the phantom surface was larger than 23 degrees.

Furthermore, 106 condyles of human dry skull were examined on the area of which the inclination of the condylar surface was less than 23 degrees. The mean latero-medial distance of the area was 14.1mm, which corresponded to 75% of whole latero-medial distance of the condyle. In

medial side, the area was generally smaller than in lateral side. The area tended to be smaller in superior and postero-superior part of the lateral side, and in antero-superior part of the medial side respectively.

参 考 文 献

- 1) Zarb, G.A. and Carlsson, G.E. (1979): Temporomandibular joint - Function and dysfunction. Munksgaard, Copenhagen.
- 2) Bell, W.E. (1982): Clinical management of temporomandibular disorder. Year Book Medical Publishers, Inc., Chicago.
- 3) Hansson, T.L. (1986): Current concepts about the temporomandibular joint. J. Prosthet. Dent., 55, 370-371.
- 4) 柴田考典, 高橋庄二郎 (1984): 顎関節症の考え方と, その診断ならびに治療について (I). 日本歯科評論, 486, 45-56, 昭和59.
- 5) Ricketts, R.M. (1964): The temporomandibular joint. (Sarnat, B.G., editor) ed.2, Thomas Books, Springfield, 102-132.
- 6) Rosen, L.M. and Morgan, D.H. (1977): Diseases of the temporomandibular apparatus. A multidisciplinary approach. (Morgan, D.H., Hall, W.P. and Vanvas, S.J. editor) Mosby, St. Louis, 98-112.
- 7) Öberg, T. (1980): Temporomandibular joint problems. (Solberg, W. and Clark, G.T., editor) Quintessence Pub. Co., Chicago, 49-68.

- 8) Mongini, F. (1981): The importance of radiography in the diagnosis of TMJ dysfunctions. A comparative evaluation of transcranial radiographs and serial tomography. J. Prosthet. Dent., 45, 186-198.
- 9) 尾崎 裕司, 住田 修己, 古谷 昌昭, 丸山 剛郎 (1984): 顎口腔機能異常における顎関節に関する X 線的研究 第 3 報 顎関節構成要素の骨変化の観察. 補綴誌, 28, 72-79, 昭和 59.
- 10) 高久 暹 (1961): 正常ならびに病的顎関節の X 線学的研究. 口外誌, 7, 203-219, 昭和 36.
- 11) Petersson, A. and Nanthaviroj, S. (1975): Radiography of the temporomandibular joint utilizing in the transmaxillary projection. Dentomaxillofac. Radiol., 4, 76-83.
- 12) Hansson, L.G. and Petersson, A. (1978): Radiography of the temporomandibular joint using the transpharyngeal projection. Dentomaxillofac. Radiol., 7, 69-78.
- 13) Weinberg, L.A. (1984): Practical evaluation of the lateral temporomandibular joint radiograph. J. Prosthet. Dent., 51,

676-685.

14) 上村修三郎, 中村太保, 岩崎裕一, 瀧端
孟 (1979): 顎関節疾患に関する X 線診断学
的研究 - 顎関節症における関節の形態的
変化について -, 歯放, 19, 224-237,
昭和 54.

15) 上村修三郎, 朴昌植, 西原平八, 谷本
啓二, 山根由美子 (1978):
Orthopantomography による顎関節疾患の X
線診断. 歯放, 18, 296-304, 昭和 53.

16) Lindblom, G. (1960): On the anatomy and function of the
temporomandibular joint. Acta Odont. Scand. Suppl. 28.

17) Owen, A. H. (1984): Orthodontic/orthopedic treatment of
craniomandibular pain dysfunction. Part I. Diagnosis with
transcranial radiographs. J. Craniomandibular Pract. 2,
238-249.

18) Ricketts, R. M. (1953): Laminagraphy in the diagnosis of
temporomandibular joint disorders. J. Am. Dent. Assoc., 46,
620-648.

19) Mongini, F. (1977): Anatomic and clinical evaluation of the

relationship between the temporomandibular joint and occlusion. J. Prosthet. Dent., 38, 539-551.

20) Maruyama, T., Kuwabara, T., Mizumori, T., Miyauchi, S. and Kuroda, T. (1985): The effect of TMJ abnormalities on chewing movements. J. Osaka Univ. Dent. Sch., 25, 63-77.

21) 細木秀彦, 上村修三郎 (1987): 顎関節症患者における顎関節形態の X 線学的研究。
- 予備的検討 -。歯放, 27, 39-46,
昭和 42。

22) 小倉 壽 (1984): X 線断層撮影法による顎関節症の診断に関する研究 - 顎関節隙の三次元的計測 -。歯放, 24, 81-99,
昭和 59。

23) Ricketts, R.M. (1950): Variations of the temporomandibular joint as revealed by cephalometric laminagraphy. Am. J. Orthodontics, 36, 877-898.

24) Blair, G.S., Chalmes, I.M., Leggat, T.G., Buchman, W.B. (1973): Circular tomography of the temporomandibular joint. A critical evaluation of the accuracy and reproducibility of the technique. Oral Surg., 35, 416-427.

- 25) Katzberg, R.W., Keith, D.A., Eick, W.R. and Guralnick, W.C. (1983): Internal derangements of the temporomandibular joint. An assessment of condylar position in centric occlusion. J. Prosthet. Dent., 49, 250-264.
- 26) Sund, G., Eckerdal, O. and Astrand, P. (1983): Changes in the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami. J. Maxillofac. Surg., 11, 87-91.
- 27) Pullinger, A.G. and Hollender, L. (1986): Variation in condyle-fossa relationship according to different methods of evaluation in tomograms. Oral Surg., 67, 719-727.
- 28) Pullinger, A.G., Solberg, W.K., Hollender, L. and Guichet, D. (1986): Tomographic analysis of mandibular condyle position in diagnostic subgroups of temporomandibular disorders. J. Prosthet. Dent., 55, 723-729.
- 29) Marstrander, F. (1954): Fundamental problems in connection with image formation in tomography. Acta Radiol. Suppl. 116, 208-216.
- 30) Mattson, O. (1969): Control of a tomographic system. Acta Radiol. Diag., 8, 433-445.
- 31) Reichmann, S. (1972): Development of spurious contours of

spherical and cylindrical objects in tomography.

Acta Radiol. Diag., 12, 317-334

32) Eckerdal, O. (1971): Tomography of the temporomandibular joint. Medicamundi., 16, 144-150

33) Eckerdal, O. (1973): Tomography of the temporomandibular joint. Acta Radiol. Suppl. 324.

34) Yale, S.H., Allison, B.D. and Hauptfuehrer, J.D. (1966): An epidemiological assessment of mandibular condyle morphology. Oral Surg., 21, 169-177.

35) Cameron, J.R. and Skofronick, J.G. (1978): Medical physics. Wiley-Interscience Pub., New York. 38-63.

36) Rosenstein, M. (1976): Organ doses in diagnostic radiology. U.S. Dept. Health Education, Maryland.

37) 伊藤 博, 三浦貴士, 高田 博 (1980):
C T による骨密度および骨塩量の推定法に
ついて. 断層撮影会誌, 8, 42-47,
昭和55.

38) ICRU report 10f (1963): Methods of evaluating radiological equipment and materials. Washington D.C., U.S.A. 15-26.

39) 市田浩三, 吉本富士市 (1979): スプライ

ン関数とその応用. 教育出版, 東京, 昭和
54.

40) Farrar, W.B. (1978): Characteristics of the condylar path in
internal derangements of the TMJ. J. Prosthet. Dent., 39,
319-323.

41) Ireland, V.E. (1951): The problem of the clicking jaw.
Proc. Roy. Soc. Med., 44, 363-372

42) Westesson, P.L. (1982): Double-contrast arthrography and
internal derangement of the temporomandibular joint.
Swed. Dent. J. Suppl. 13.

43) 大西正俊 (1970): 顎関節腔内穿刺法とその
の応用に関する臨床的研究. 口病誌, 37,
178-207, 昭和45.

44) 藤下昌巳 (1986): 顎関節腔二重造影法に
よる診断自動化システムの開発に関する研
究. 昭和60年科学研究費助成金研究成果報
告書 (研究課題番号 59480390).

45) 北村信安, 高瀬裕志, 江口徹, 川名
豊, 前多一雄 (1986): 顎関節症患者に対す

る二重造影断層像所見について. 齒放, 26,
218-230, 昭和61.

46) Robers,D., Pettigrew,J., Udupa,J. and Ram,C. (1984):
Three-dimensional imaging and display of the
temporomandibular joint., Oral Surg., 58, 461-474.

47) Katzberg,R.W., Bessette,R.W., Tallents,R.H., Plewes,D.B.,
Manziona,J.V., Schenck,J.F. and Foster,T.H. (1986):Normal
and abnormal temporomandibular joint. MR imaging with
surface coil. Radiology, 158, 183-189.

48) 上村修三郎 (1981): 顎関節のX線像の
読み方. 日本歯科評論, 463, 57-68, 昭和
56.

49) 大塚昭義, 吉本政弘, 太田正治, 山根
智, 宇津見博基, 東田善治 (1977): 多軌
道断層撮影装置 (Polytome U) における照
射野とGroedel効果について. 日放技,
578-584, 昭和52.

50) Edholm,P. (1960):The tomogram. Its formation and content.
Acta Radiol. Suppl. 193.

51) Morgan,R.H. (1949):An analysis of the physical factors

controlling the diagnostic quality of roentgen images.

Am. J. Roentgenol., 62, 870-880.

52) 立入 弘, 山下一也, 速水昭宗(1985):
診療放射線技術. 上巻. 改訂5版, 南江堂,
東京, 昭和60.

53) Grossmann, G. (1935): Tomographie. I. Röntgenographische
Darstellung von Körperschnitten. Fortschr., Röntgenstr., 51,
191-208.

54) Grossmann, G. (1935): Tomographie. II. Theoretisches über
Tomographie. Fortschr., Röntgenstr., 51, 191-208.

55) Kieffer, J. (1938): The laminagraph and its variations.
Am. J. Roentgenol. and Radium Therapy, 39, 497-513.

56) Mattson, O. (1972): Formation of the tomographic image,
with special reference to blurring. Acta Radiol. Suppl. 318.

57) Christensen, E., Curry, T.S. and Dowdey, J.E. (1978): An
introduction to the physics of diagnostic radiology., ed.2,
Lea & Feabiger, Philadelphia, 249-267.

58) 飯久保正雄(1976): 多軌道断層撮影法に
おける輪郭形成過程の解析. 日大歯学,
50, 153-165, 昭和51.

- 59) Littleton, J.T. (1964): A visual examination of laminagraphic systems. Amer.J. Roentgenol., 91, 1153-1162.
- 60) Miller, T.L., Katzberg, R.W., Tallents, R.H., Besette, R.W. and Hayakawa, K. (1985): Temporomandibular joint clicking with nonreducing anterior displacement of the meniscus. Radiology, 154, 121-124.
- 61) Kieffer, J. (1939): Analysis of Laminagraphic motions and their values. Radiology, 33, 560-585.
- 62) Reichmann, S. (1972): Modified theory of the development of tomographic blurring. Acta Radiol. Diag., 12, 457-468.
- 63) 飯久保正雄, 佐藤襄司, 西山新一, 長田寛, 佐藤精明, 安藤正一 (1975): 断層撮影法による輪郭形成の解析. 歯放, 15, 6-16, 昭和 50.
- 64) 針替 栄 (1976): 新しい断層撮影の利用法 I. 直線断層撮影. 日放技, 31, 471-476, 昭和 51.
- 65) 佐々木昌宏, 向坂光雄 (1974): 被写体の大きさと断層撮影像の厚さ. 断層撮影会誌, 2, 1-3, 昭和 49.

- 66) Yale, S.H., Rosenberg, H.M., Ceballos, M. and Hauptfuehrer, J.D. (1961): Laminagraphic cephalometry in the analysis of mandibular condyle morphology. Oral Surg., 14, 793-805.
- 67) 中西省三 (1975): 断層撮影における障害陰影の解析. 日放技, 30, 594-598, 昭和50.
- 68) Lindblom, K. (1955): Rotation tomography at small angles. Acta Radiol., 43, 30-36.
- 69) Littleton, J.T. (1964): Some blurring characteristics of small angle tomography. Medicamundi, 10, 10-20.
- 70) 飯久保正雄, 佐藤襄司, 白根茂光, 鈴木滋, 佐藤精明 (1975): Zonographyによる画像形成について - とくに顎関節側方撮影へのアプローチ -. 歯放, 15, 17-23, 昭和50.
- 71) 白根茂光 (1978): Combination Zonography の顎顔面部における診断効果の検討. 歯放, 18, 1-12, 昭和53.
- 72) Korach, G., Vignaud, J. and Lichtenberg, G. (1966): Selective employment of the Polytome in accordance with type of

examination. Medicamundi, 11, 82-91.

73) Reichmann, S. (1973): Tomography of moving objects.

Acta Radiol. Diag., 14, 342-352.

74) Littleton, J.T. (1964): A visual examination of

laminagraphic systems. Amer. J. Roentgenol., 91, 1153-1162.

75) 松川 明 (1960): 断層撮影法の改良. 日

本医放会誌, 20, 2167-2190, 昭和35.

76) Stieve, F.E. (1965): The advantages of multidirectional

tube/film movement in comparison with unidirectional

movement in tomography. Medicamundi, 10, 49-52.

77) 中西省三, 小水 満 (1975): 断層撮影に

おける障害陰影について. 断層撮影会誌,

3, 10-12, 昭和50.

78) Spiegler, T. and Moler, C.L. (1973): The effective exposure

angle for spiral and hypocycloidal motion in tomography.

Radiology, 108, 173-179.

79) Astrand, K. and Reichmann, S. (1974): Optimised tomography.

Acta Radiol. Suppl. 338.

80) 細木秀彦, 上村修三郎 (1987): 顎関節側

面断層撮影の再現性. 歯放, 27, 33-38,

昭和 62 .

81) Rosencweig, D. and Martin, G. (1978): Selective tomography of the TMJ and the myofascial pain-dysfunction syndrome. J. Prosthet. Dent., 40, 67-74.

82) 細 木 秀 彦, 上 村 修 三 郎 (1986): 顎 関 節 側 面 断 層 撮 影 法 の 規 格 化 に 関 する 試 み と そ の 精 度. 歯 放, 26, 116-124, 昭和 61.

83) 高 橋 章, 小 倉 壽, 岩 崎 裕 一, 淵 端 孟 (1985): 顎 関 節 の X 線 像 に つ い て. 顎 関 節 研 究 会 誌, 6, 24, 昭和 60.

脚 注

大 阪 大 学 歯 学 部 歯 科 放 射 線 学 講 座

(主 任 : 淵 端 孟 教 授)

本 論 文 の 要 旨 は、 第 8 回 顎 関 節 研 究 会 (昭
和 6 2 年 7 月、 新 潟 市) お よ び 第 2 8 回 日 本
歯 科 放 射 線 学 会 総 会 (昭 和 6 2 年 1 0 月、 広
島 市) に て 発 表 し た。

な お、 本 研 究 費 の 一 部 は 昭 和 6 0 年 度 文 部
省 科 学 研 究 費 (一 般 研 究 B 課 題 番 号 5 9 4 8 0 3 9 0)
に よ っ た。

図・表の説明

- 図 1 前後方向からみた下顎頭形態の分類 (Y a l e)
A : flat, B : convex, C : angled, D : round
- 図 2 下顎頭ファントムの形態とそのX線像
第 1 段: 平坦型ファントム (type Aに相当)
第 2 段: 凸型ファントム (type B, Dに相当)
第 3 段: 屋根型ファントム (type Cに相当)
第 4 段: 下顎頸再現ファントム
- 図 3 下顎頭ファントムを固定したところ
- 図 4 撮影時の顎関節ファントムの状態
- 図 5 撮影に使用した軌道
楕円およびハイポサイクロイダル軌道では位相を変化させている。
数字は左右方向 (顎関節上下方向に相当) の最大振角成分を示す。
円軌道では振角を変化させている。
- 図 6 ファントム正中矢状面における断層像 (楕円軌道)
周囲のX線不透過像はスチールボールおよび矯正用ワイヤの像

図 7 明瞭度（上段）、ボケ残像（下段）

図 8 顎関節ファントムの位置付け

上方に管球、下方にフィルムが位置する。

a : 管球側顎関節撮影時 b : フィルム側顎関節撮影時

図 9 顎関節ファントムの位置付け、および断面の位置に伴う断層像の変化
顎関節外側部（左列）と内側部（右列）は、ファントム正中矢状面から 8 mm 離れた面を断面に設定したときの断層像を示す。

図 10 顎関節ファントムの位置付け、および断面の位置に伴う断層像の変化
横軸は、ファントムに対する断面の位置を示す（ファントム正中矢状面を 0 とする）。

図 11 骨皮質肥厚ファントムの断層像（右）

断面はファントム正中矢状面から 8 mm 外側に設定。左は対照

図 12 骨皮質肥厚ファントムにおけるボケ残像

図 13 下顎頸再現ファントムの断層像（右）

断面はファントム正中矢状面から 8 mm 外側に設定。左は対照

図 1 4 ファントム表面の傾斜角

断面 (Fo.p) におけるファントム表面の接線と、断面とのなす角度の余角を傾斜角 (α) と定義する。左は屋根型、右は凸型のファントムにおける傾斜角

図 1 5 ファントム形状の違いに伴う明瞭度の変化

実線は凸型、●および破線は平坦型、屋根型のファントム

図 1 6 輪郭影の長さ与被写体輪郭の長さとのズレ

下顎頭ファントムの前後方向観。断面は紙面に対し垂直方向となる。左側が外側。

ファントム内の上下方向の線分は、相当する断面における輪郭影の長さを示す。ファントム上部の太線は輪郭影の長さを補間したスプライン曲線、細線はファントム外形を示す。右側には 1 mm 間隔の目盛りをおく。

a : 傾斜角の小さいファントム。

b : 周辺で傾斜角が大きい形態のファントム。

図 1 7 ファントム表面の傾斜角とズレの関係

横軸は傾斜角、縦軸はズレ。実線は円軌道によるデータで、縦軸に近い方から順に 2° 、 4° 、 10° 、 15° 、 18.5° の振角によるもの。破線はハイポサイクロイダル 1 の軌道によるデータ。一点鎖線は誤差範囲

図 1 8 ズレと管球振角との関係

輪郭影の長さと被写体輪郭の長さとのズレが大きな部分につき、輪郭影とのデータ点(●)を一次回帰し、その傾き a を求めたもの。

図 1 9 傾斜角と明瞭度の関係

a : 楕円、円軌道 b : ハイポサイクロイダル軌道

図 2 0 軌道別のボケ残像の比較

横軸に、ファントムに対する断面の位置を示す(ファントム正中矢状面を0とする。)楕円軌道(△、▲)、円軌道(○)、ハイポサイクロイダル軌道(□)を示す。

図 2 1 下顎頭の信頼域の一例

体軸に垂直、かつ下顎頭水平的長軸に平行となる直線を基準軸とし、接線が基準軸に対して 23° 以内の傾きとなる部位を信頼域とする。

I (前面)、II (前上面)、III (上面)、IV (後上面)、V (後面)を示す。

左上: 下顎頭の上方より撮影

右上: 下顎頭の後方より撮影

左下: 下顎頭の後上方より撮影

右下: 下顎頭の前上方より撮影

図 2 2 下顎頭形態別の信頼域

下顎頭前後的形態(A~E)別の信頼域を示す。図の上方が下顎頭前方。影の区域は信頼域の最小値、両端の線分は平均、左右方向の線分は平均±標準偏差を示す。

図 2 3 フィルム側顎関節（左）撮影時と管球側顎関節（右）撮影時における
断層撮影装置に対する被写体の位置付け

表 1 信頼限界の内側－外側間の距離（mm）

表 2 下顎頭長軸に対する信頼域の長さの割合（％）

表 1

	前面	前上面	上面	後上面	後面	計
A (14)	16.4 ± 2.30 12.7 ~ 19.8	16.3 ± 2.00 12.8 ~ 19.1	15.9 ± 2.44 11.9 ~ 19.3	14.9 ± 2.73 10.0 ~ 18.5	13.8 ± 2.18 9.7 ~ 16.4	15.5 ± 2.54 9.7 ~ 19.8
B (50)	15.7 ± 1.65 12.6 ~ 20.9	13.8 ± 1.95 6.4 ~ 17.3	13.4 ± 1.91 7.6 ~ 17.3	12.5 ± 1.72 9.2 ~ 17.4	12.8 ± 1.71 8.4 ~ 17.3	13.6 ± 2.12 6.4 ~ 20.9
C (36)	16.7 ± 2.17 12.3 ~ 20.2	14.4 ± 2.71 7.9 ~ 18.6	13.9 ± 3.07 7.2 ~ 20.0	13.4 ± 2.93 7.6 ~ 18.6	13.8 ± 2.72 9.8 ~ 18.3	14.4 ± 2.98 7.2 ~ 20.2
D (6)	12.5 ± 0.62 11.7 ~ 13.2	11.6 ± 2.78 7.9 ~ 14.5	9.7 ± 1.74 7.2 ~ 10.9	8.7 ± 1.64 7.0 ~ 10.9	10.6 ± 1.05 9.2 ~ 11.8	10.6 ± 2.20 7.0 ~ 14.5
計 (106)	16.0 ± 2.06 11.7 ~ 20.9	14.3 ± 2.47 6.4 ~ 19.1	13.9 ± 2.72 7.2 ~ 20.0	13.0 ± 2.61 7.0 ~ 18.6	13.2 ± 2.30 9.2 ~ 18.3	14.1 ± 2.67 6.4 ~ 20.9

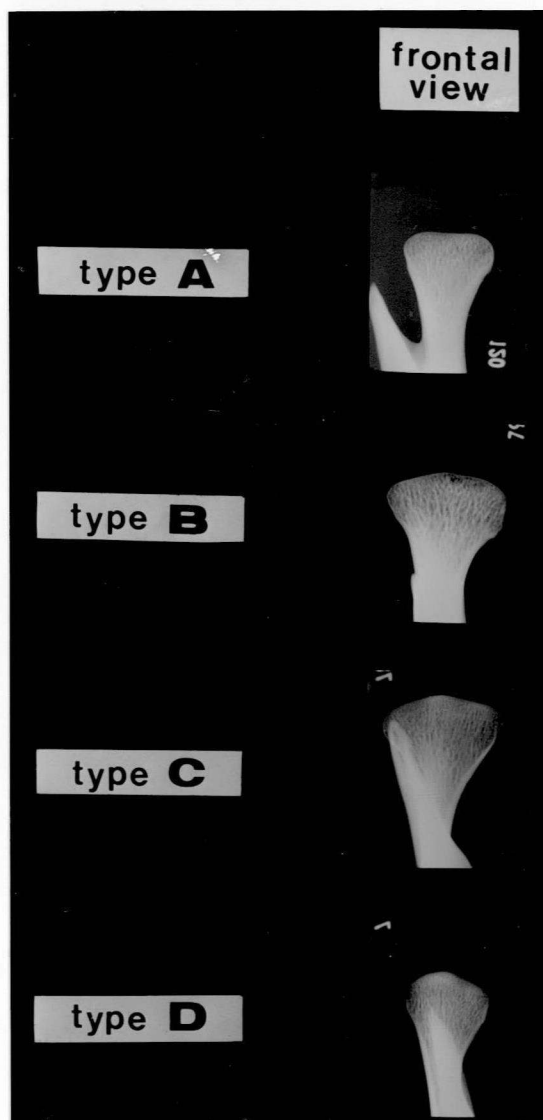
平均 ± 標準偏差
最小値 ~ 最大値

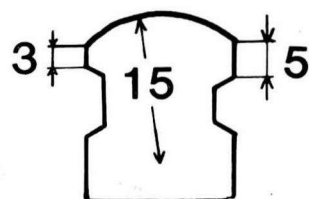
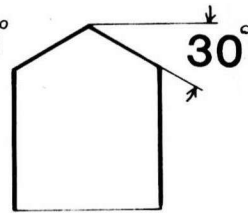
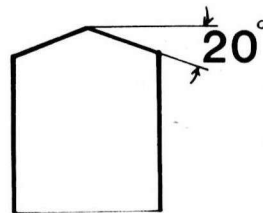
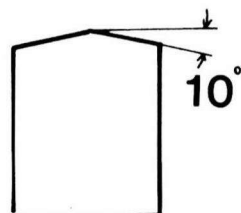
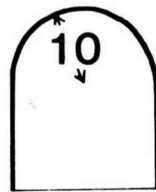
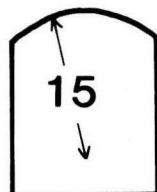
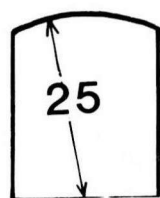
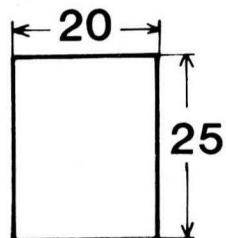
表 2

	前面	前上面	上面	後上面	後面	計
A (14)	85 ± 3.8 78 ~ 91	85 ± 4.2 77 ~ 91	82 ± 3.2 77 ~ 90	77 ± 5.8 64 ~ 85	72 ± 5.8 60 ~ 78	80 ± 7.0 60 ~ 91
B (50)	86 ± 4.3 74 ~ 93	76 ± 10.7 37 ~ 89	74 ± 9.0 44 ~ 90	69 ± 7.0 53 ~ 81	70 ± 7.2 54 ~ 86	75 ± 10.1 37 ~ 93
C (36)	86 ± 4.1 72 ~ 92	75 ± 12.3 44 ~ 93	72 ± 13.4 41 ~ 93	68 ± 10.2 42 ~ 85	71 ± 8.0 56 ~ 90	74 ± 11.8 41 ~ 93
D (6)	80 ± 4.4 74 ~ 85	73 ± 13.6 54 ~ 84	61 ± 9.7 49 ~ 73	55 ± 5.6 48 ~ 61	67 ± 4.6 62 ~ 73	67 ± 12.1 48 ~ 85
計 (106)	86 ± 4.4 72 ~ 93	76 ± 11.2 37 ~ 93	74 ± 11.0 41 ~ 93	69 ± 8.9 42 ~ 85	70 ± 7.3 54 ~ 90	75 ± 10.7 37 ~ 93

平均 ± 標準偏差
最小値 ~ 最大値

図 1





10mm thick

[mm]

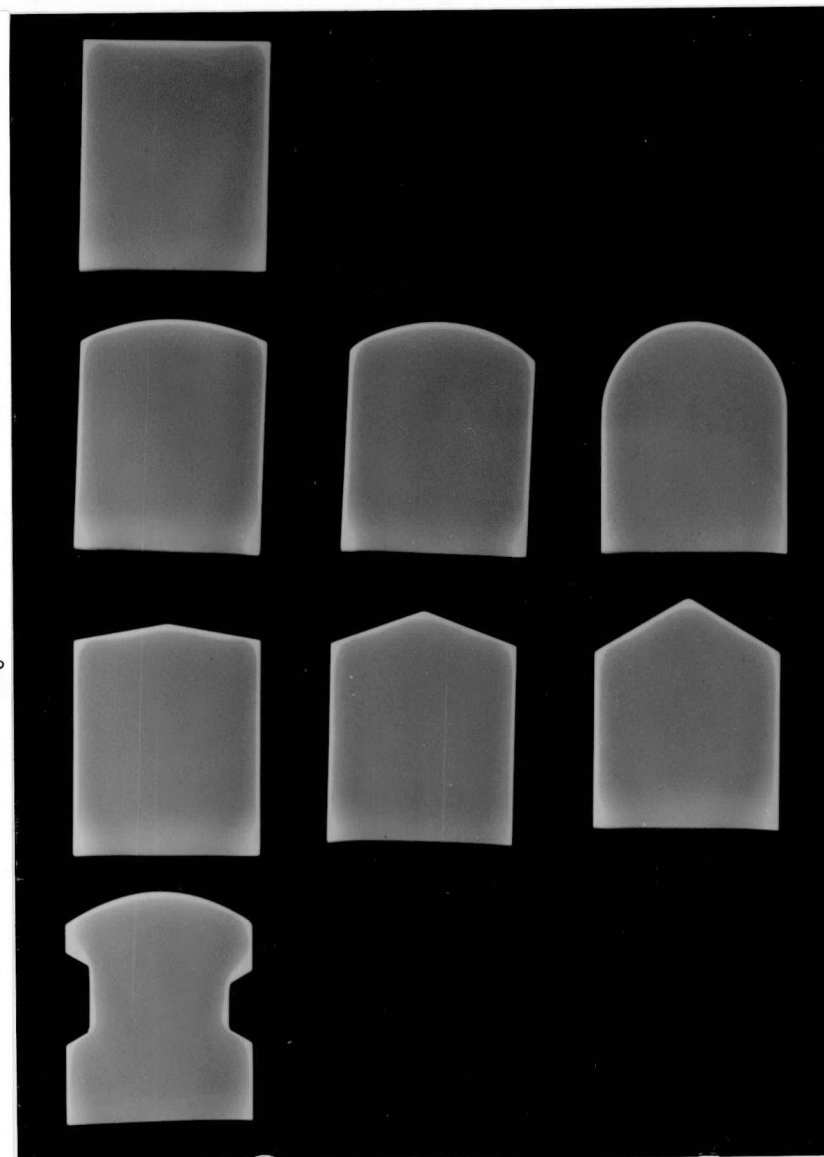


图 3

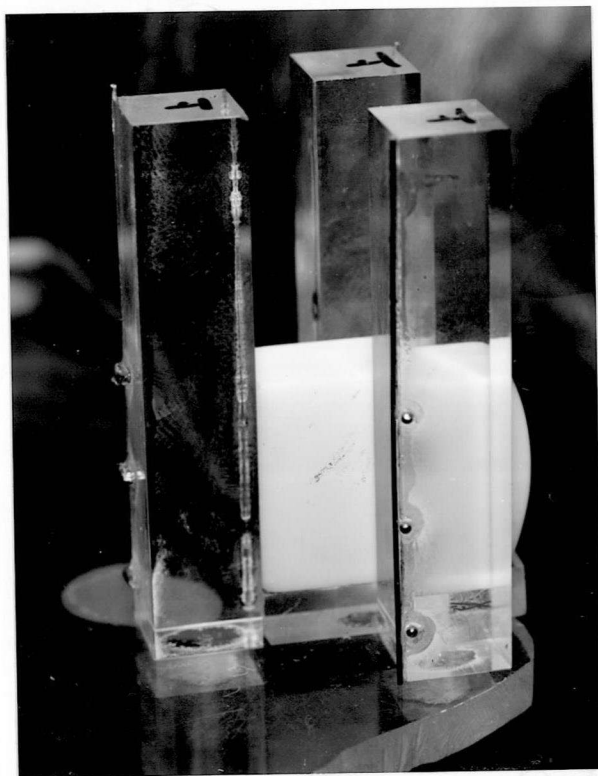
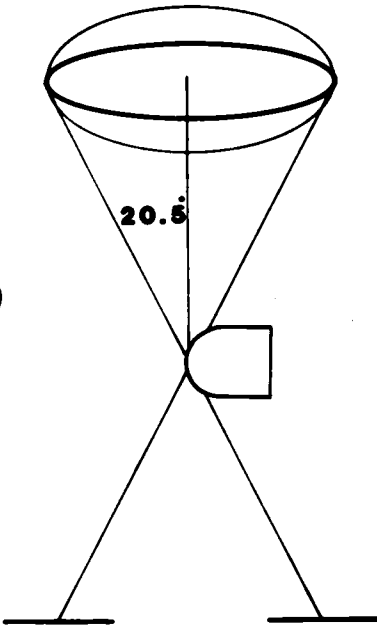


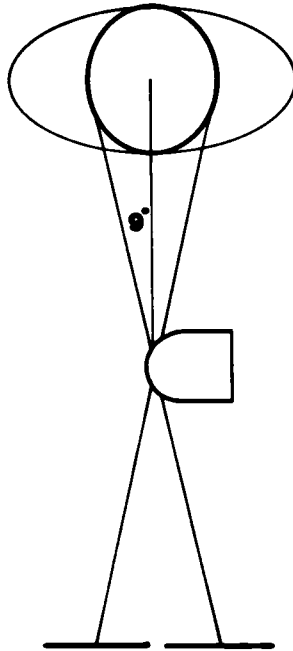
图 4



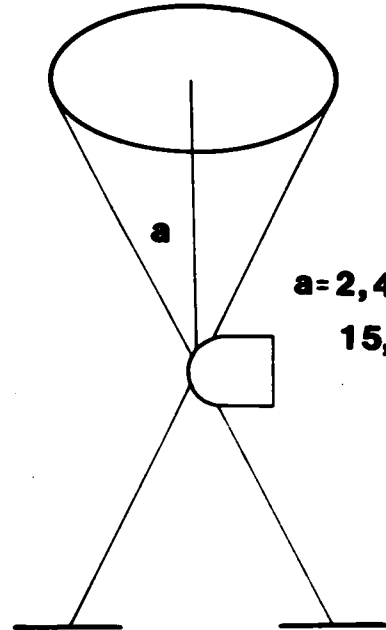
elliptical 1



elliptical 2

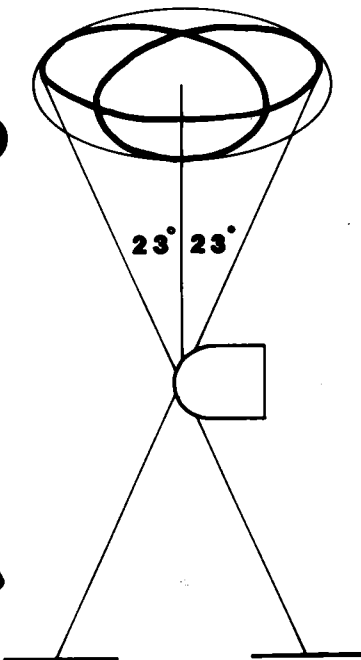


circular

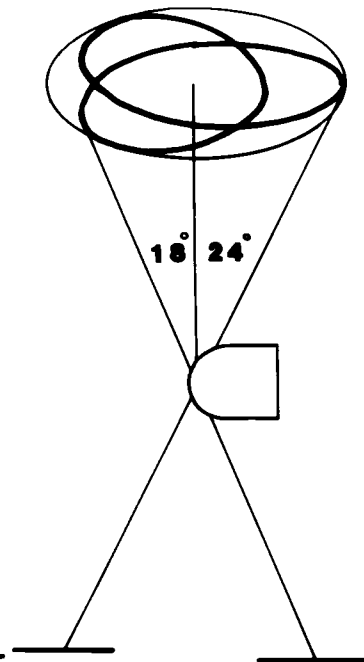


$a=2,4,6,8,10,15,18.5^\circ$

hypocycloidal 1



hypocycloidal 2



hypocycloidal 3

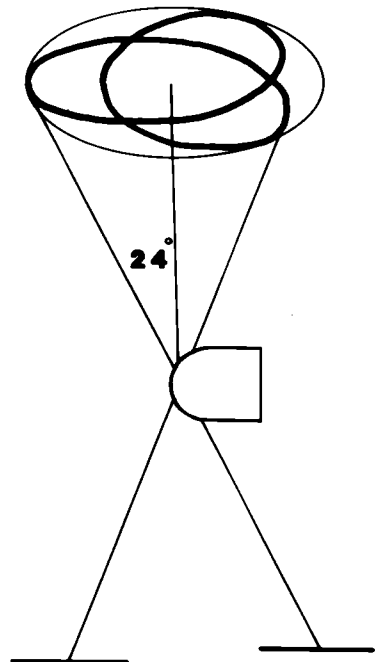
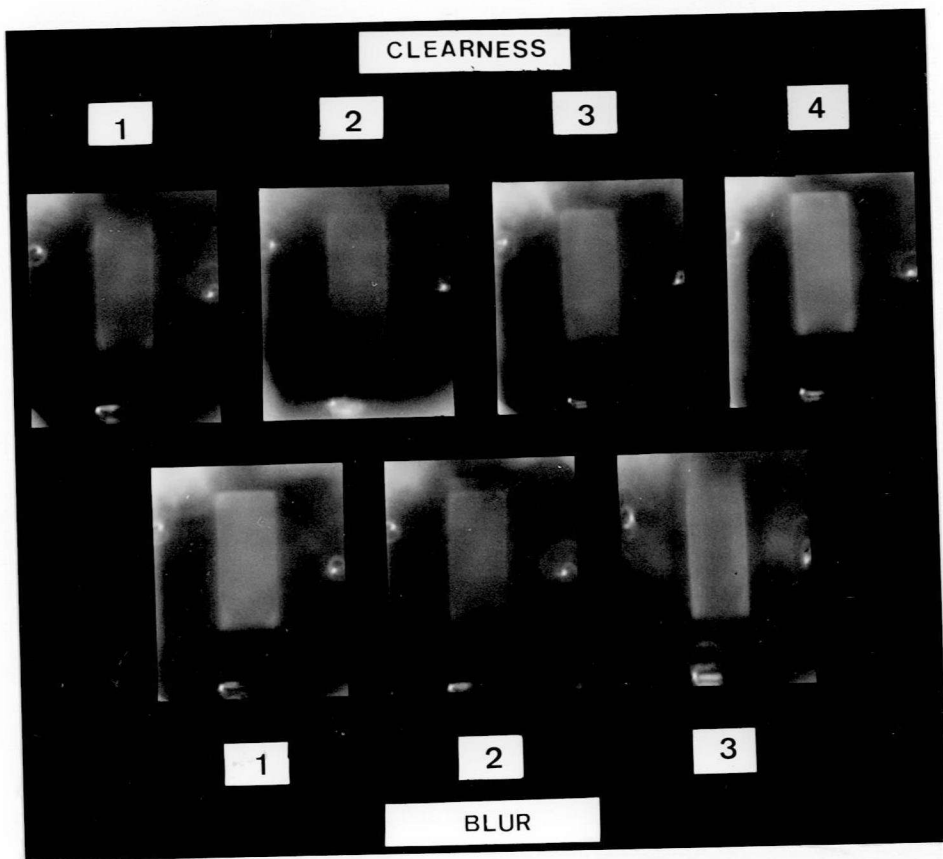
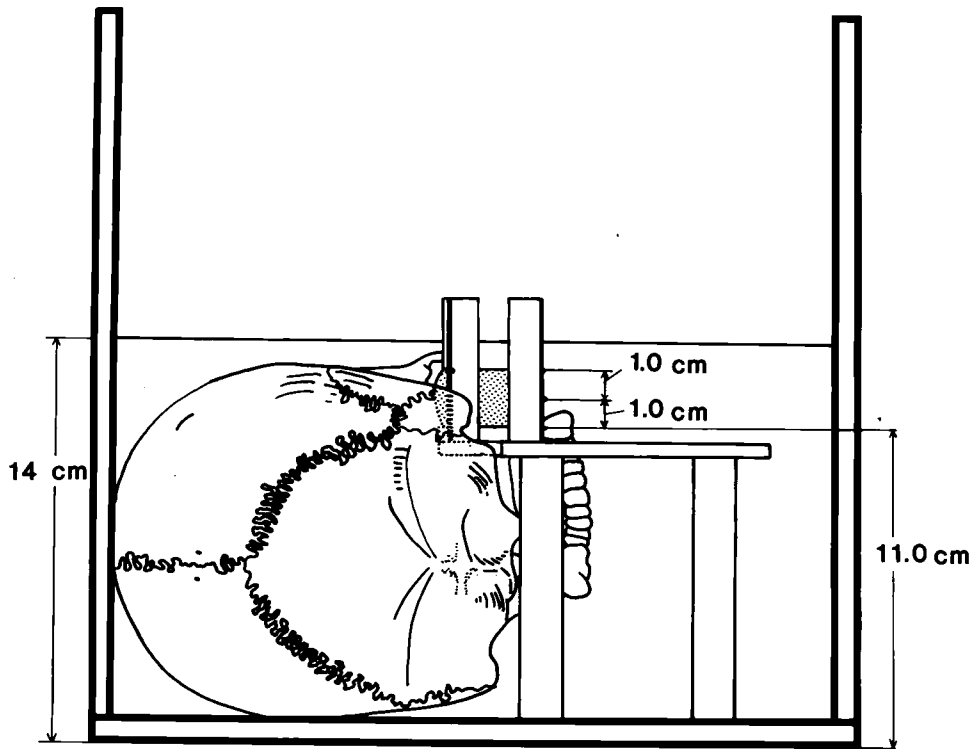




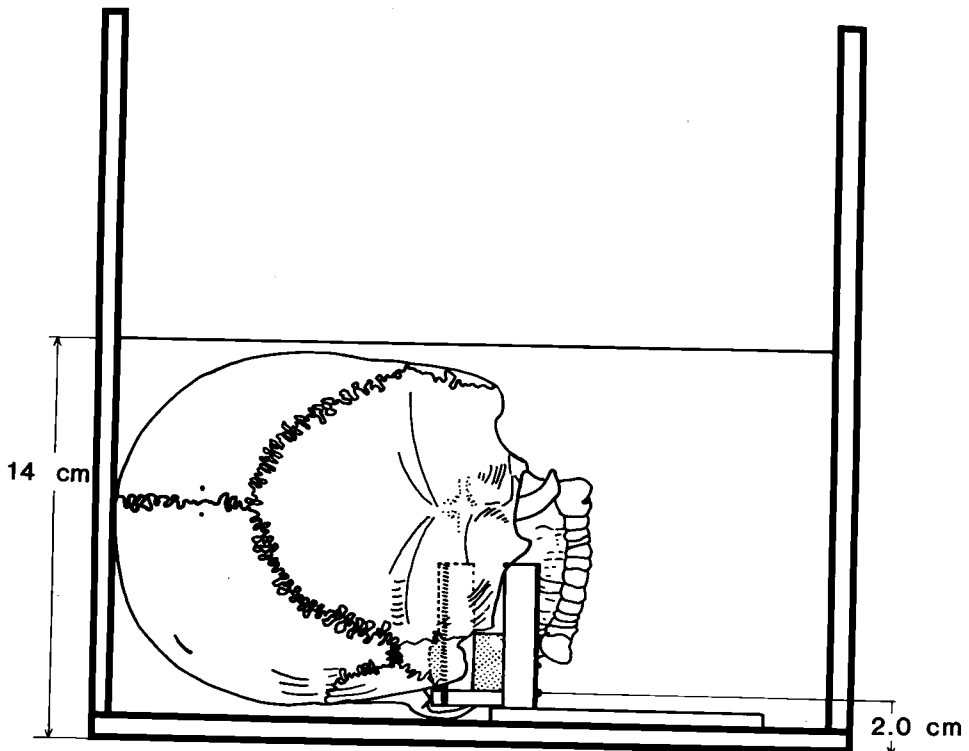
図 7

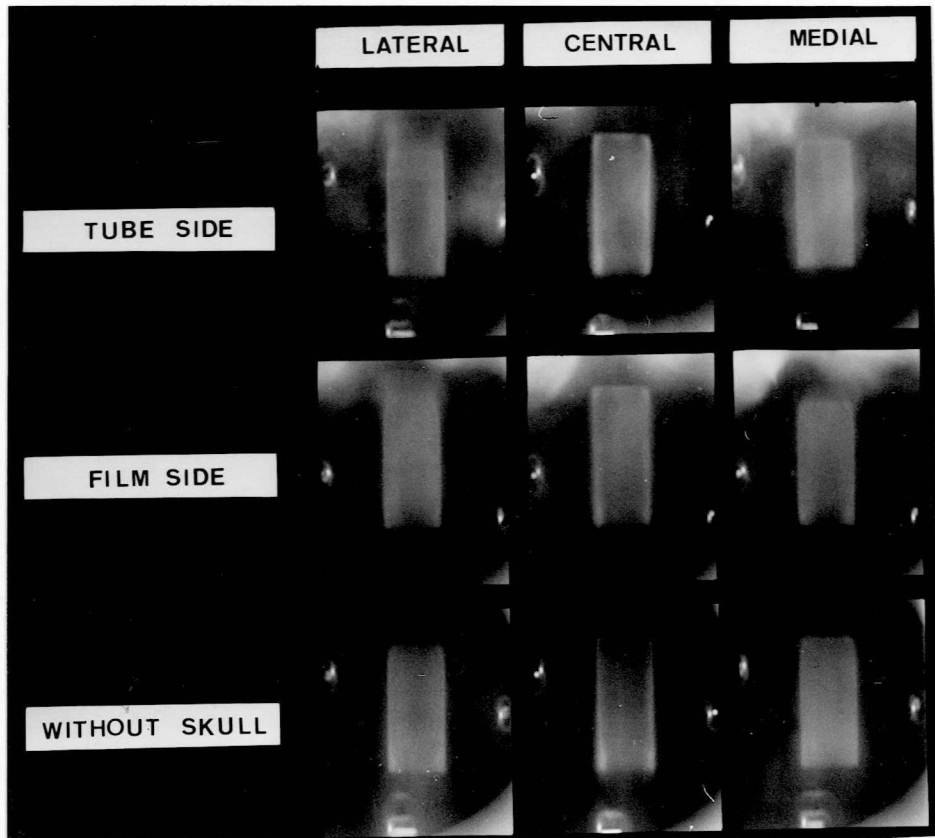


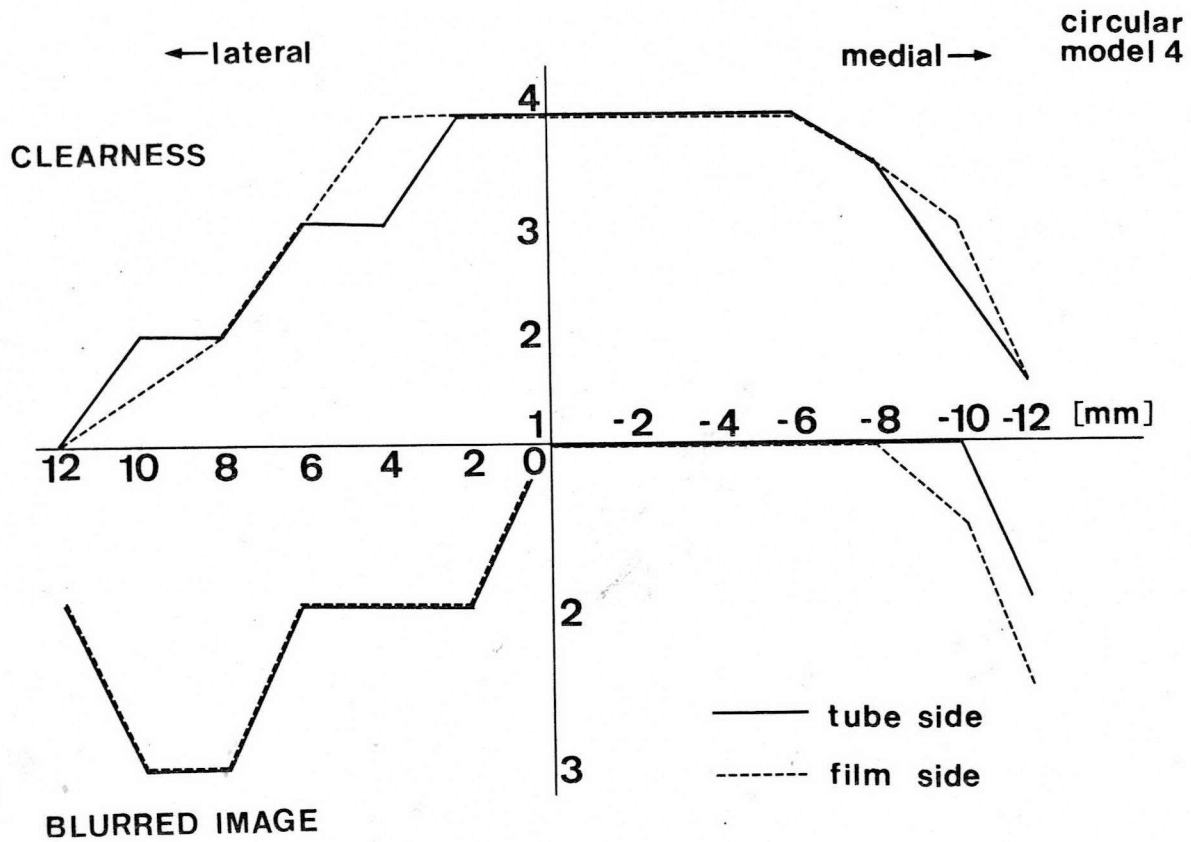
a



b







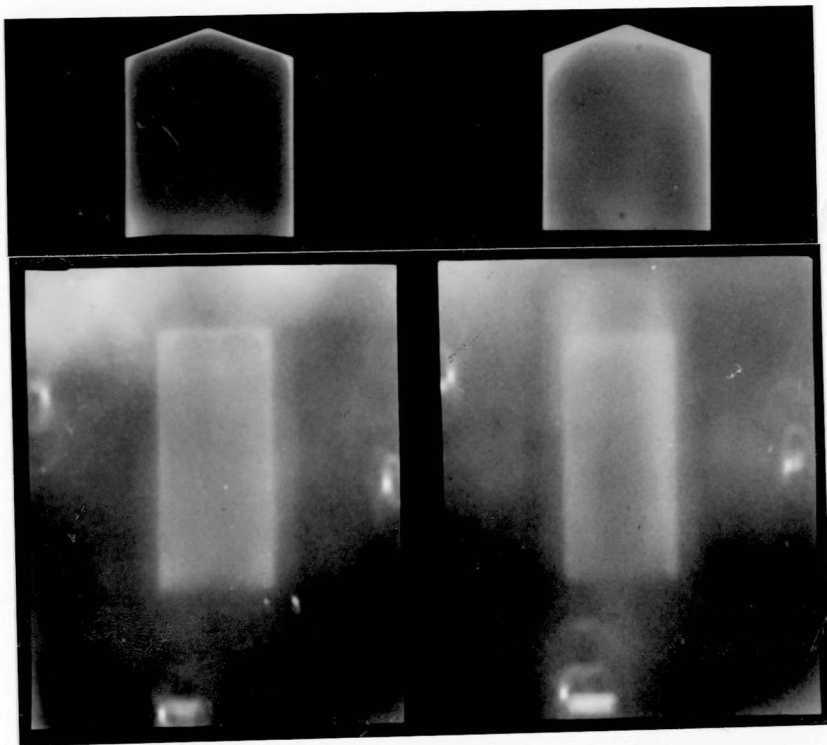
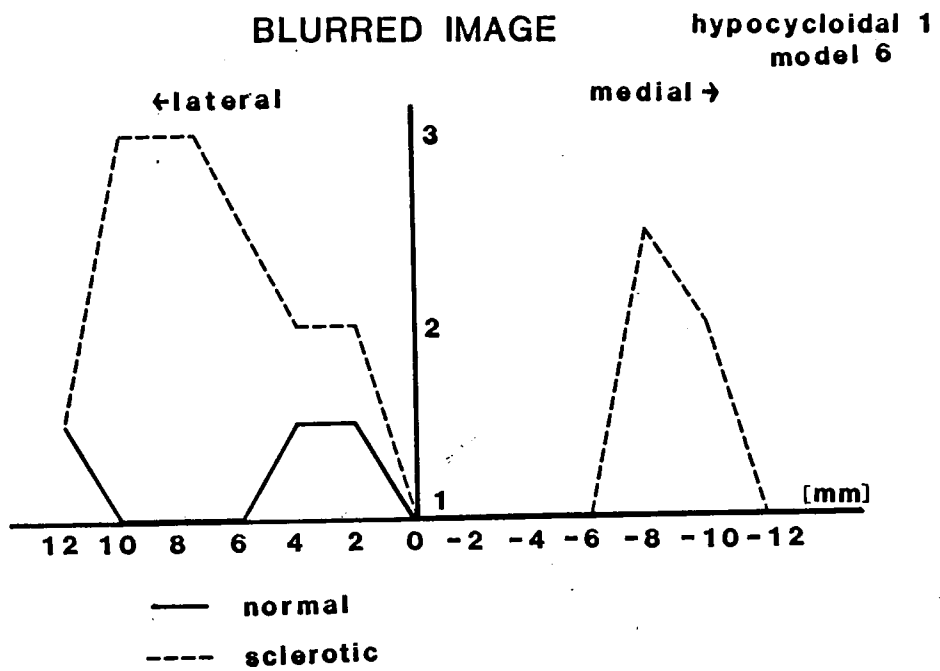
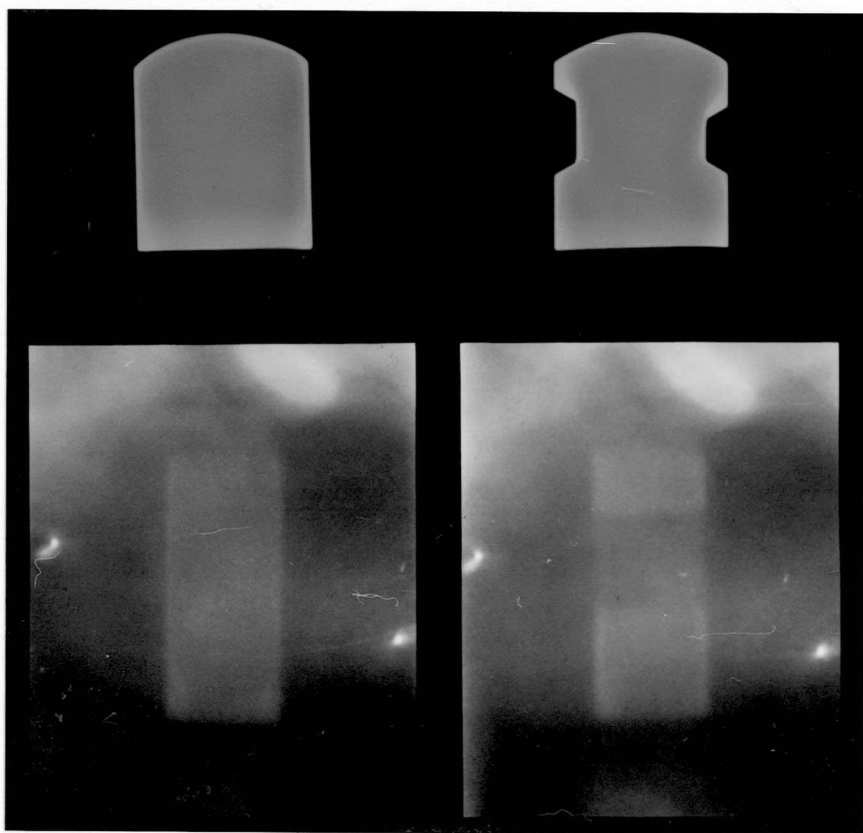


图 1 2





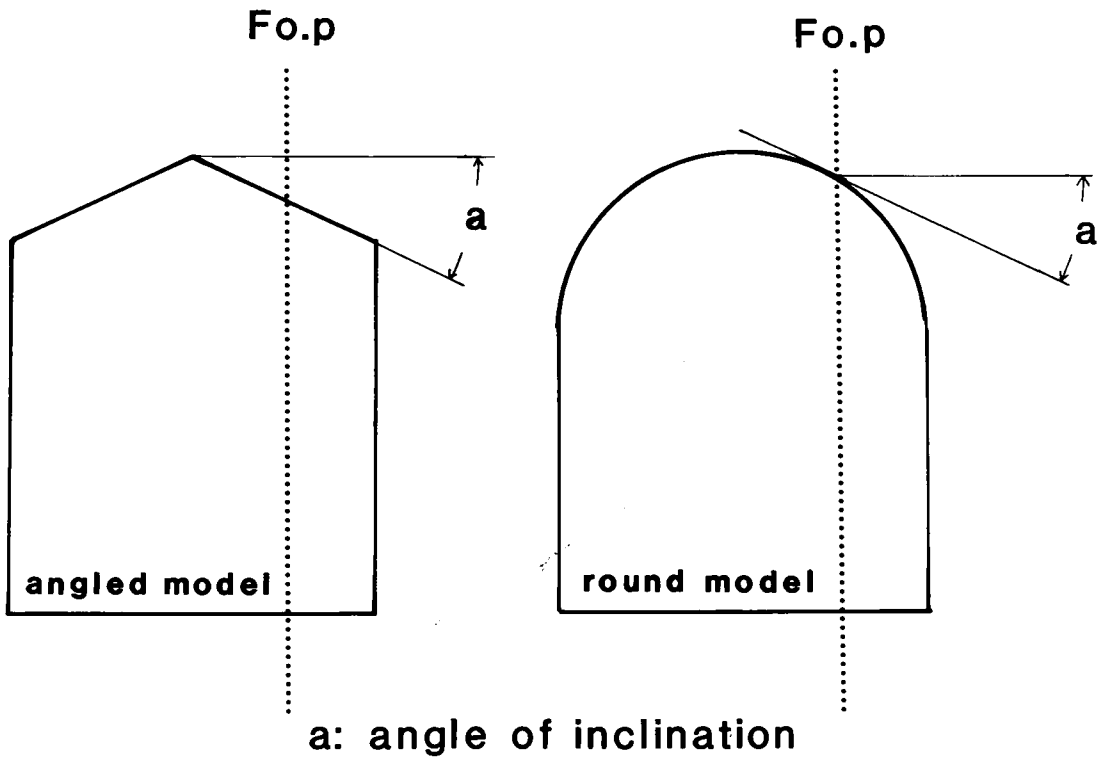
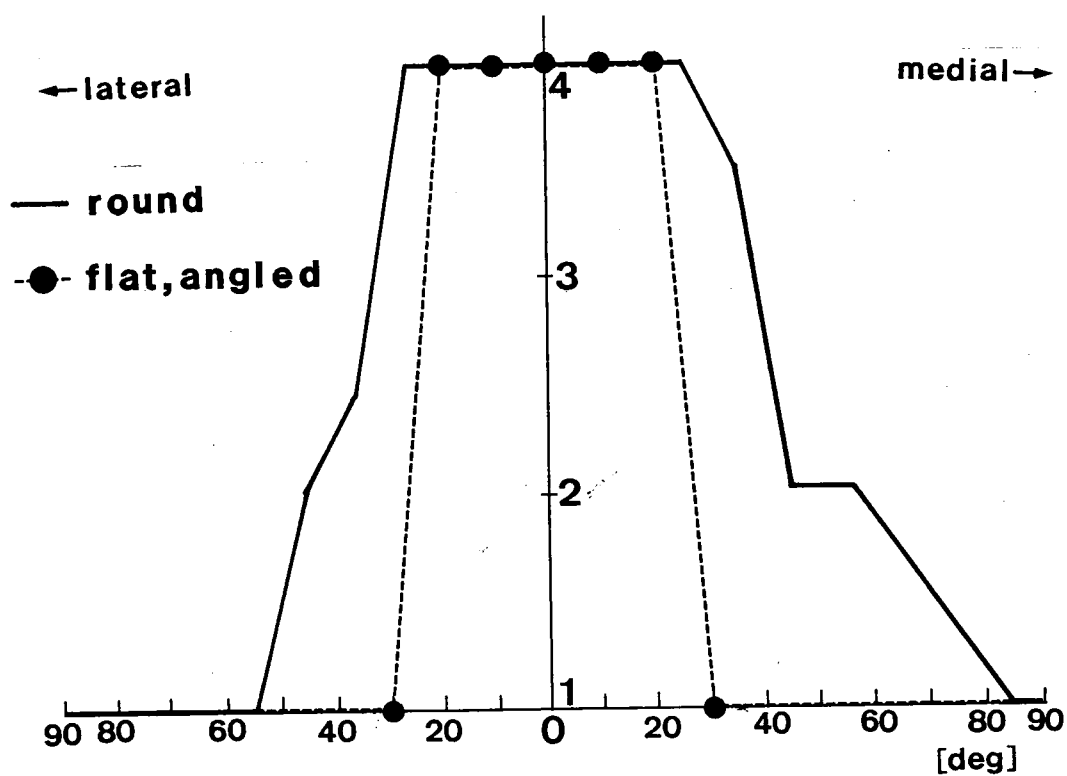
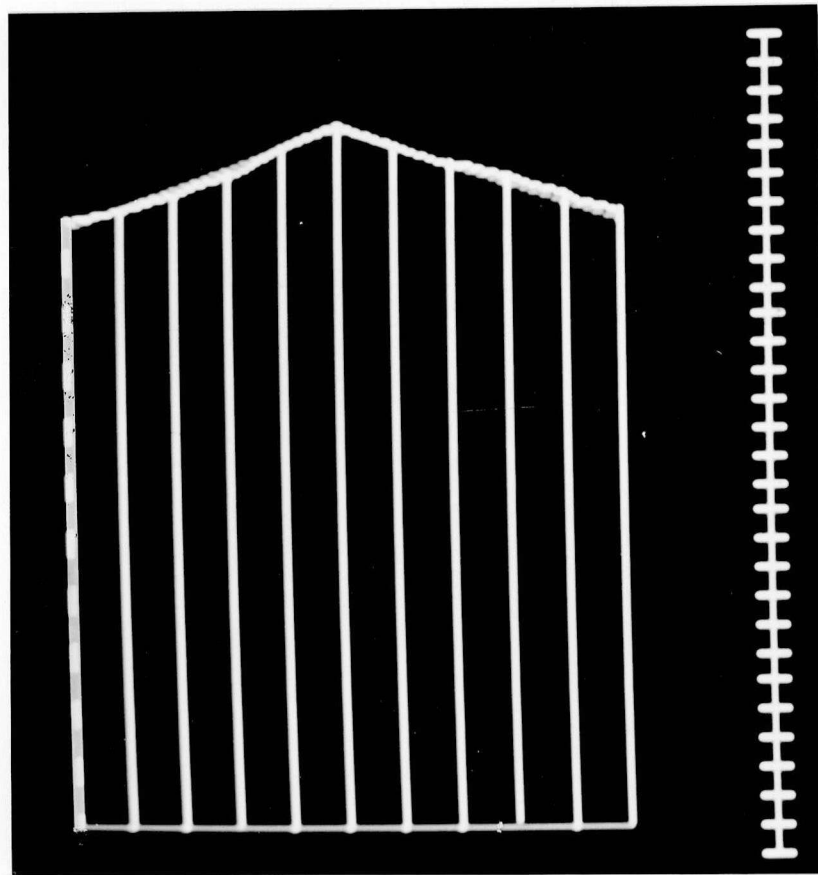


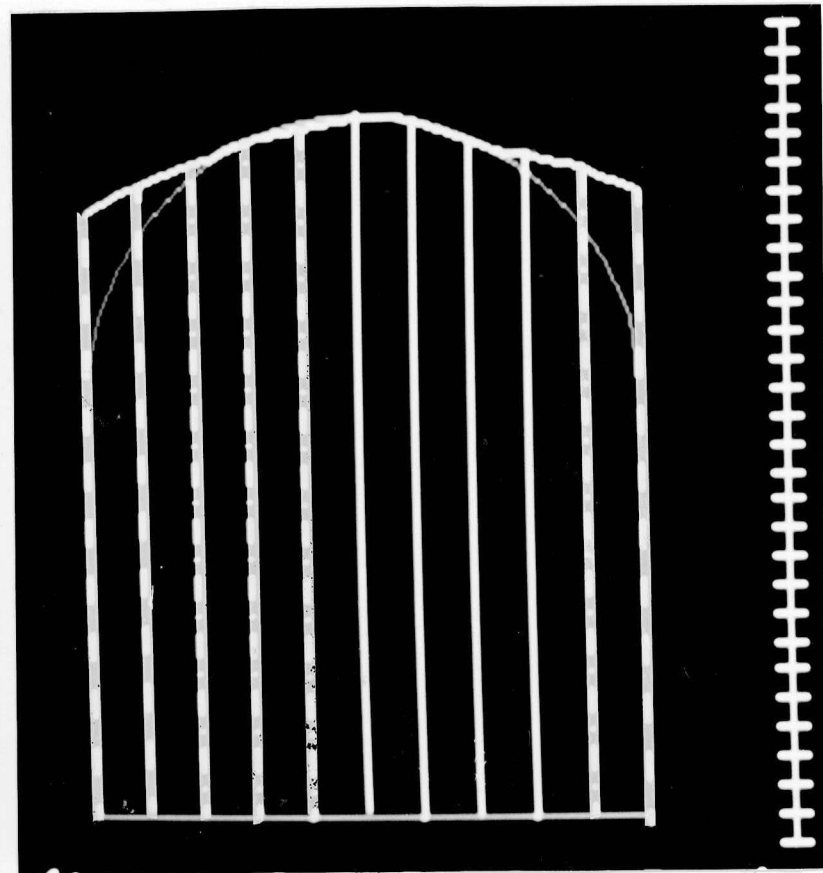
図 15

hypocycloidal 1





a



b

図 1 7

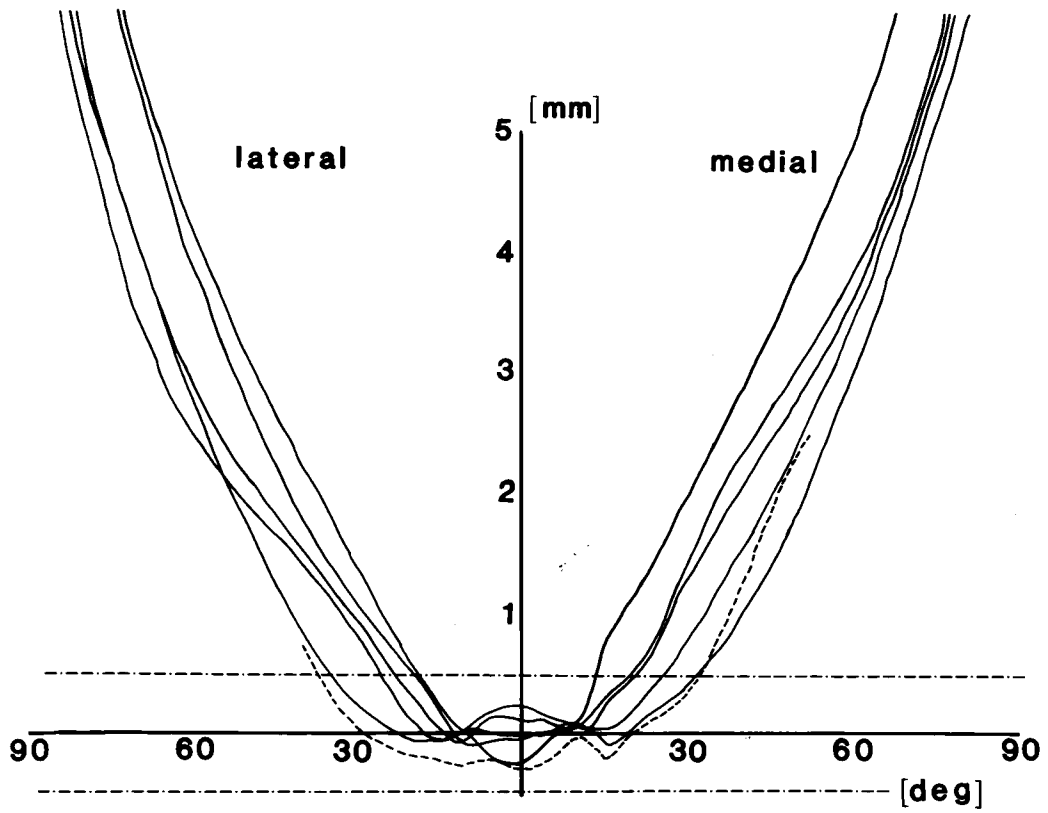


図 18

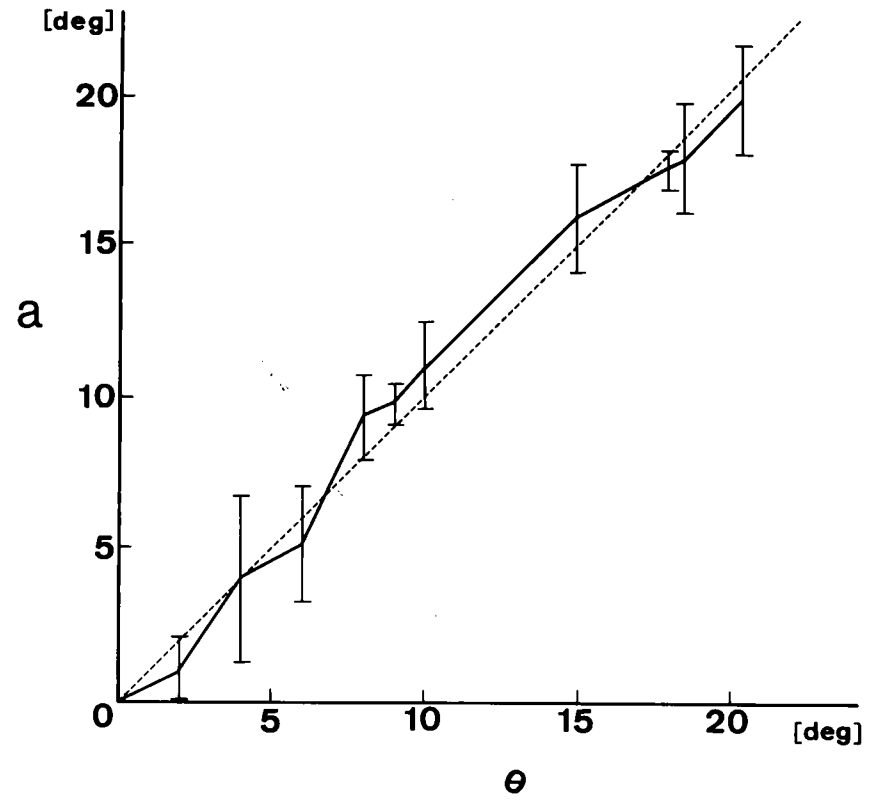
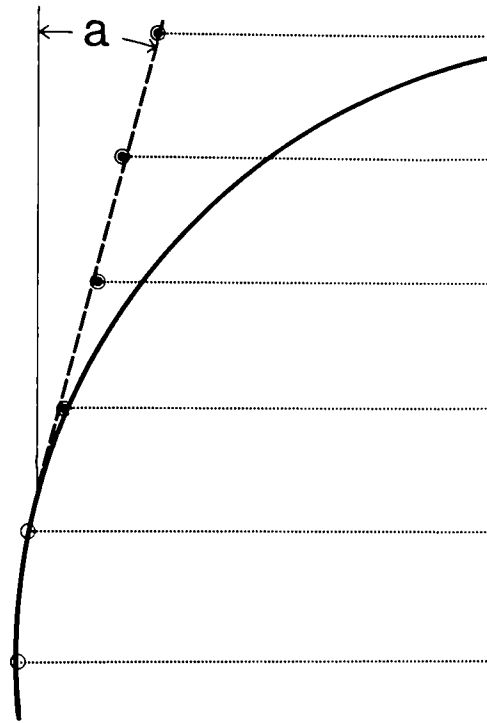


図 19 a

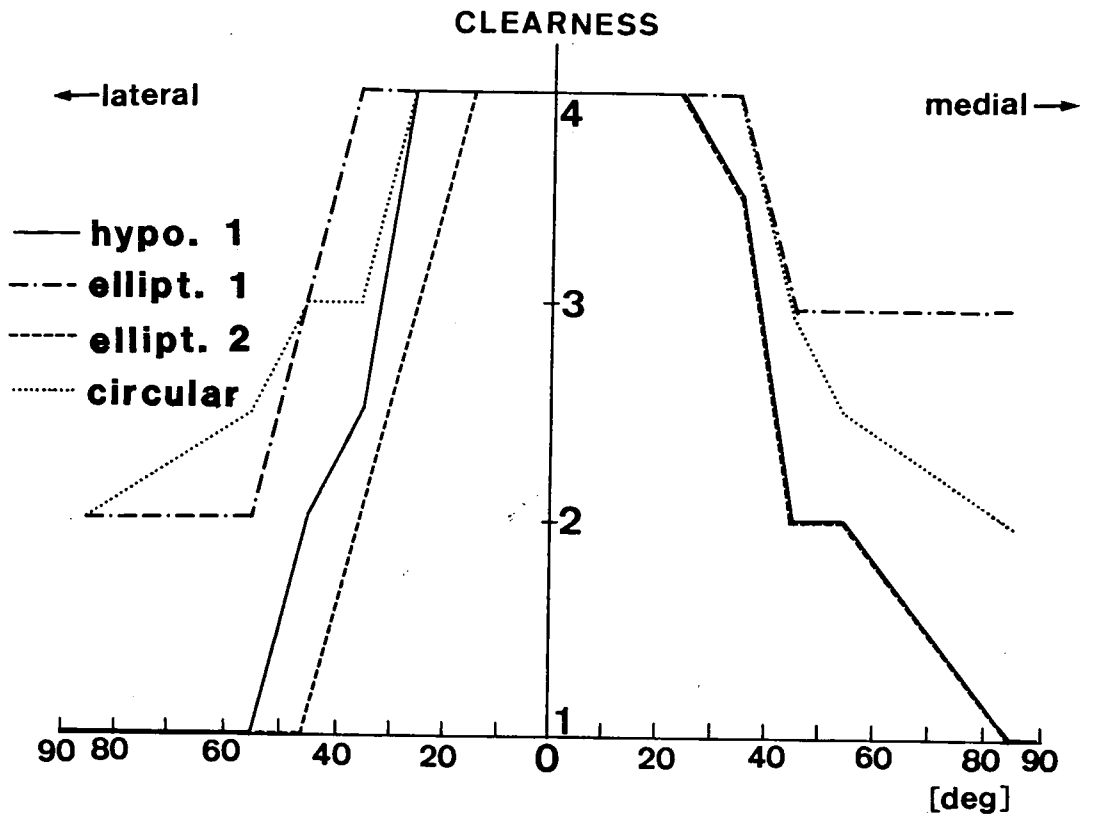


図 19 b

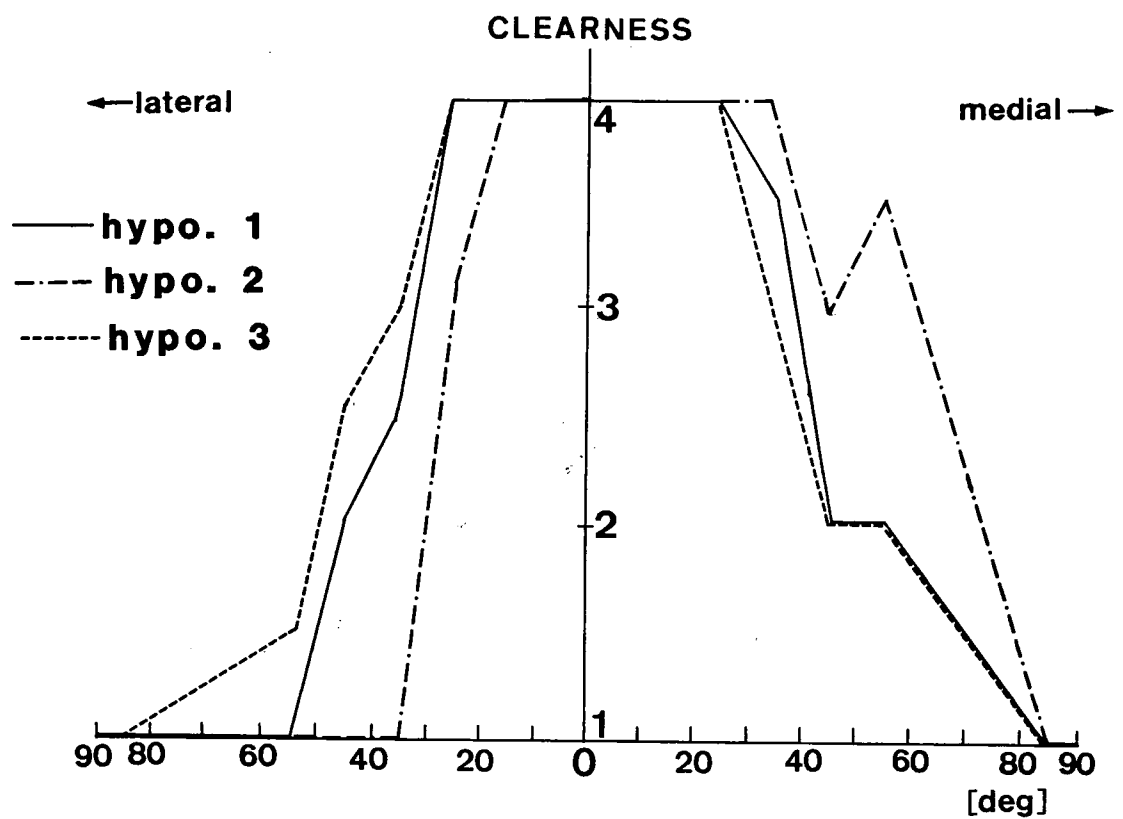


図 20

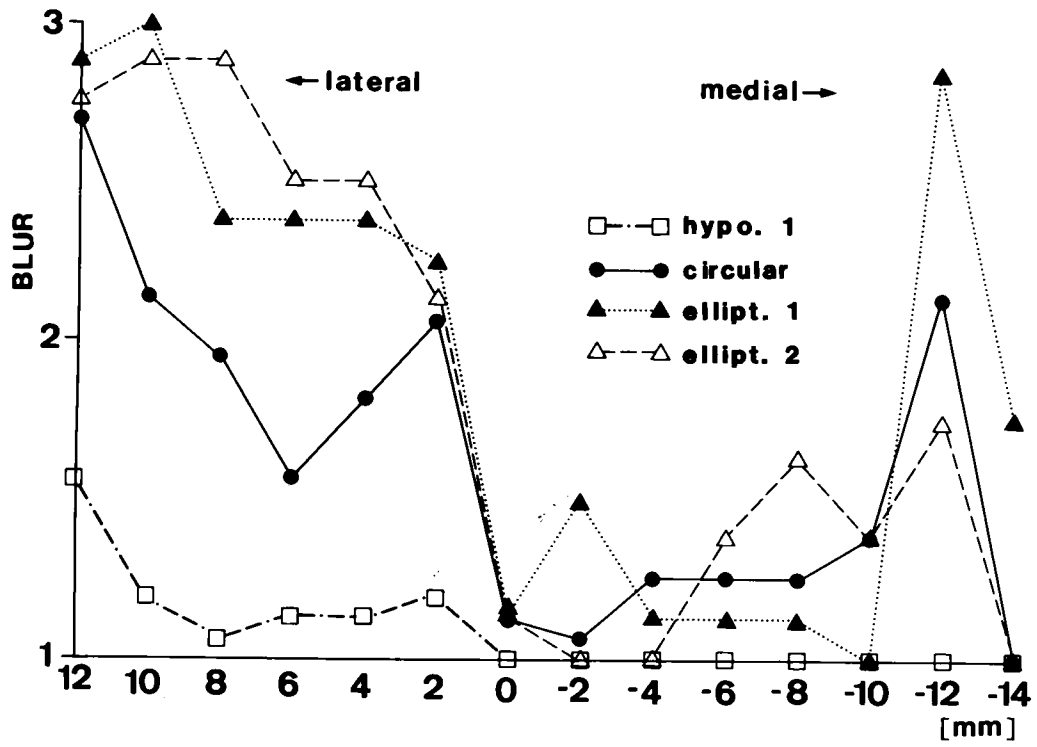


图 2 1

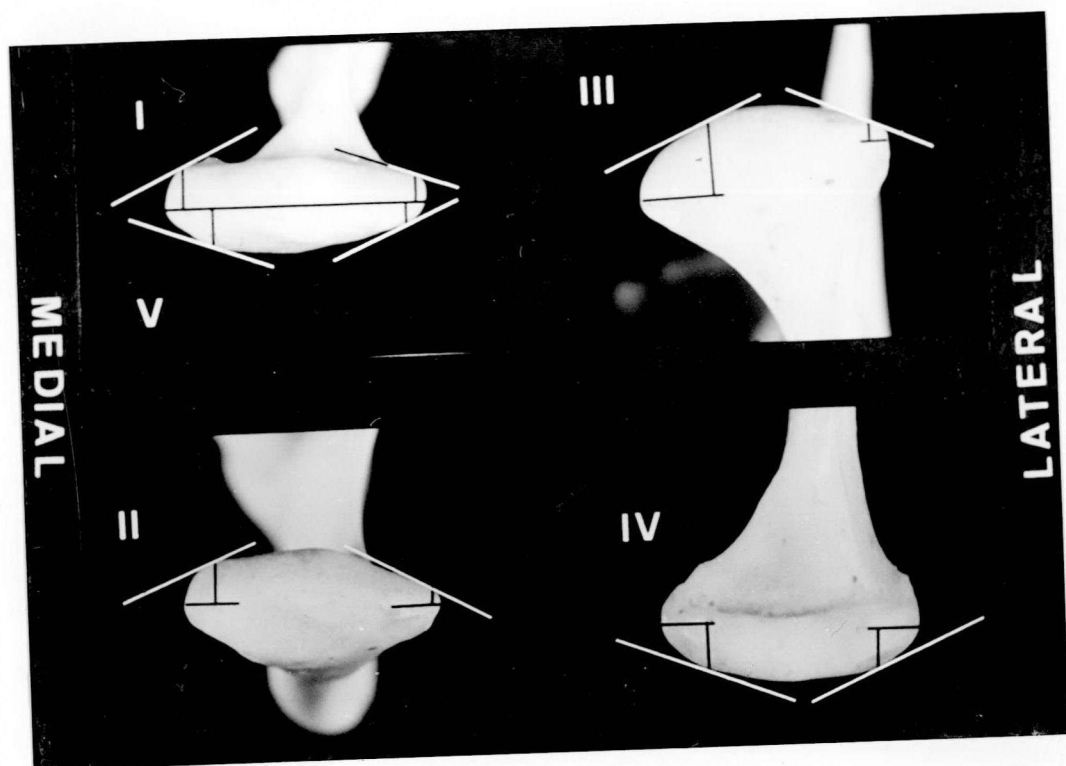


図 2 2

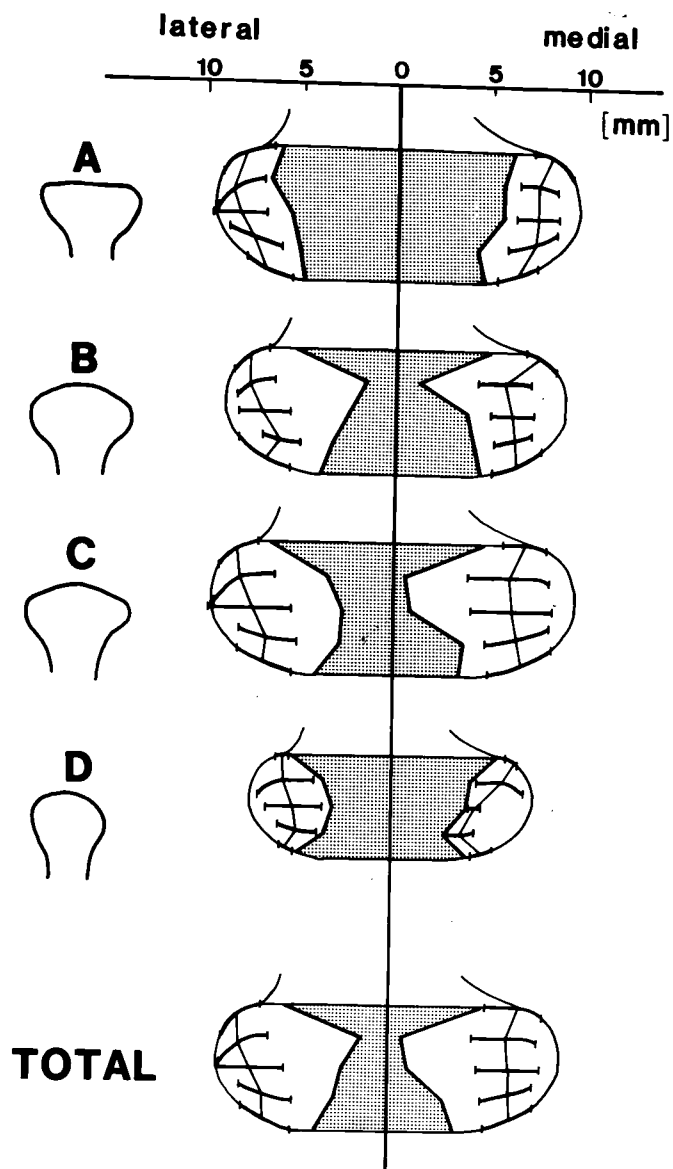


图 23

