上顎洞 X 線撮影法の規格化に関する研究

星山 寿男

Studies on roentgenographic standard projection for maxillary sinus

Toshio HOSHIYAMA

第1章 緒 言

口腔と鼻腔との間には、はなはだ密接な解剖学的関係があり、口腔外科、耳鼻科両科にまたがる疾患に歯性鼻副鼻腔炎がある。本疾患は境域疾患という特性上、診療上の困難さがあり、従来は両科がそれぞれ単独で病態の解明にあたっていた。

しかし教室の内田¹⁻⁷⁾は、早くから本疾患の病態については総合医学的見地から研究しなければならないと報告し、みずから口腔外科、耳鼻科両面から研究を遂行してきた。そして最近になり耳鼻科、口腔外科両科から協同して詳細な研究が行われるようになり、次第にその本態が明らかとなってきた⁸⁾。

また内田⁹⁾は本疾患における罹患側篩骨洞の態度についても早くから窺知し、その動向に注目していた。教室の鈴木⁹⁾は、手術例患者の72%に、また久代¹⁰⁾は保存療法をも含めた患者の30.8%に患側篩骨洞の陰影増強が認められたと報告し、さらに木暮¹¹⁾は、術後性上顎囊胞の患者にも篩骨洞の病変を併有するものが多かったと述べ、内田の理論を実際的に裏づけている。

このように現在では、上顎洞のみを観察の対象としていた昔日と異なり、鼻副鼻腔を1単位として扱っていかねばならないと同時に、当然他洞の形態、病的状態をも把握しておかねばならない。この点でX線診断のなす役割はきわめて大きいといえよう。

ウォーターズ法は、後頭-前頭方向撮影において後部の骨陰影が上顎洞内に重複される欠点を是正し副鼻腔病変をよりの確に診断するために Waters と Waldron (1915年)¹²⁾ によって考案されたX線撮影法で、現在欧米でも本邦でも施行されることが多いが、本法によって得られるX線像は、各副鼻腔が重複されることなく、よく判読できる反面、いわば半軸位という不安定な頭位の特性上、そのX線写真の再現性には問題を残していた。

そこで著者は、Broadbent (1931年)¹³⁾により初めて導入された頭部X線写真の規格化が矯正学の分野における各個体の診断、成長の経時的变化と予測、治療前後の比較や、個体間の比較検討をも可能ならしめた歴史に鑑み、これを鼻副鼻腔疾患にあてはめ、ウォーターズ法を規格化できれば、疾患の診断、経時的变化と予後、治療前後の比較が可能となるばかりでなく、各症例間の比較検討をもが可能となり、ひいては病態解明への強力な手がかりにも成りうると考え、本法の規格化を思い立った。すなわち、本法の規格化こそが病態解明への近道であり、進んで歯性鼻副鼻腔疾患の治療方針にも貢献できるものと信じ、従来より問題とされていた撮影角度を頭部X線規格写真という特性をいかして分析し、これを顎顔面形態との相関関係に結びつけ、積極的にウォーターズ法の規格化にとり組んでみた。

第2章 上顎洞ならびに周辺のX線解剖学的構造について

第1節 目的

ウォーターズ法は側頭骨錐体部を上顎洞底の下方に位置させることによって各副鼻腔が重複することなく投影される利点があり、とりわけ上顎洞の観察には有利な撮影法とされている。しかし、本法によって得られるX線解剖学的構造となると、副鼻腔そのものが元来解剖学的に複雑な部位であり、正常範囲内の変異も多く、また撮影角度の関係から後頭前頭方向撮影と比べた場合、理解が容易でない部分が生ずる。

上顎洞は上顎骨体の大部分を占める空間であり、解剖学的に前壁、後壁、上壁、下壁、内壁の5つの部分に分けられるが¹⁴⁾、ウォーターズ位のX線写真では比較的単純な投影像として観察され、解剖学的構造が不明であることが多い。

以上の理由から、著者は本研究の主眼となるウォーターズ法の規格化に先立ち、これに必要な上顎洞のX線解剖学的構造や、周辺の構造を明らかにしたいと考え、以下の分析を実施した。

第2節 研究対象ならびに研究方法

成人乾燥頭蓋骨5個を使用し、上顎洞や周辺の解剖学

東京医科大学口腔外科学教室(主任：内田安信教授)
Department of Oral Surgery, Tokyo Medical College (Chief: Prof. Yasunobu Uchida)

受付日：昭和56年1月16日

写真 1 固定装置

表 1 乾燥頭蓋骨撮影装置・条件

東芝ロータノード	
X線管装置形名	DRX-190(D)
焦点寸法	2.0/1.0 mm
最高管電圧	150 Kvp
固有濾過	0.7 mm AL 以上
管球焦点〜フィルム	100 cm
管電圧	80 Kvp
管電流	100 mA
時間	0.08〜0.14 sec.
増感紙	KYOKKO LT-II
リハホルムブレンド	5:1
フィルム	FUJI X-RAY FILM RX
現像	FUJI X-RAY PROCES-SOR RN

写真 2 ウォーターズ位X線写真(左側上顎洞) 前壁(鉛線)後壁(錫箔)
A: 前壁〜下壁移行部, B: 上壁〜後壁移行部, C: 前壁〜上壁移行部, D: 外側壁

写真 3 ウォーターズ位X線写真(写真2の対照)
C: 前壁〜上壁移行部, D: 外側壁

的要所に錫箔、鉛線で標識をつけ、矢状方向撮影のうち主としてウォーターズ位を中心に撮影したX線写真を分析の対象とした。標識に使用した鉛線は直径が 0.5 mm のものである。撮影時の乾燥頭蓋骨の固定は試作した固定装置(写真1)によって厳密に行い、撮影角度は固定装置に付属の製図用分度器で正確に測定した。撮影時の基準面には、ドイツ水平面を使用した。撮影角度は外眼角〜耳孔線(以下略して OM 線)を基準とした。なお、撮影条件は表1のごとくである。

第3節 研究成績

第1項 上顎洞の壁構造について

上顎洞を形成するおのおのの壁構造を明確にするとともに、その投影位置や移行部を確認した。

1. 前壁〜下壁移行部, 上壁〜後壁移行部

写真2は、乾燥頭蓋骨左側上顎洞前壁に鉛線、後壁に錫箔を付着して撮影したウォーターズ位X線写真で、写真3は、同一乾燥頭蓋骨を標識を付着せずに同一条件で撮影したX線写真である。写真2と3を対比して観察し

た結果、前壁〜下壁移行部(写真2-A)、ならびに上壁〜後壁移行部(写真2-B)の2か所はいずれもX線不透過物を付着して初めて認知される部位であることが明らかとなった。すなわち前壁から洞底部(下壁)への移行部と上壁から後壁への移行部は、ウォーターズ位X線写真上では、anatomic landmark として現われず、このようなX線解剖学的構造がウォーターズ位上顎洞を比較的単純な透過像として投影していることが明らかとなった。

2. 前壁〜上壁移行部, 外側壁

眼窩下縁に相当する前壁〜上壁移行部(写真2-C)と外側壁(写真2-D)は、ともにX線中心線に対して接線方向に投影されるため明瞭な線状陰影として投影される(写真3-C, D)。したがってこの2か所は、洞内の粘膜肥厚の程度や骨破壊有無の検索に有益な情報を得ることができる部位であることが判明した。

3. 前壁〜内側壁移行部

固有鼻腔側への気泡化の程度により2症例に分けて検

1: 気泡化良好例

2: 気泡化不良例

図 1 前壁～内壁移行部 (左上顎洞を下鼻甲介のレベルで水平断)

写真 4 気泡化良好例 (左側上顎洞)
前壁～内壁移行部に鉛線を付着(→), 鼻腔側壁(←) 写真 5 気泡化良好例 (写真 4 の対照)
前壁～内壁移行部は線状陰影として認められる(→), 鼻腔側壁(←)

討した。

1) 気泡化良好例

図 1-1 のごとく 前壁～内壁移行部が内壁 (鼻腔側壁) より正中側に気泡化している症例を良好例とした。乾燥頭蓋骨左側上顎洞の前壁～内壁移行部に鉛線を付着

写真 6 気泡化不良例 (左側上顎洞)
前壁～内壁移行部に鉛線を付着(→), 鼻腔側壁(←) 写真 7 気泡化不良例 (写真 6 の対照)
前壁～内壁移行部は不明, 鼻腔側壁(←)

して撮影したX線写真が写真 4 である。写真 5 は、鉛線を除去した写真 4 の対照である。写真 4 から明らかなごとく、気泡化良好例においては、前壁～内壁移行部は鼻腔側壁の内方に位置し、無標識の写真 5 においても同部は比較的明瞭な線状陰影として視認が可能であることがわかった。

2) 気泡化不良例

図 1-2 のごとく、前壁～内壁移行部が内壁 (鼻腔側壁) より外方に位置する症例を不良例とした。上記と同様、移行部に鉛線を付着し撮影したウォーターズ位X線写真が写真 6 であり、写真 7 は対照である。写真 6 の所見より、鉛線を付着した前壁～内壁移行部は内壁 (鼻腔側壁) より外方に位置していることがわかるが、鉛線を付着しない写真 7 においては同部は気泡化良好例の所見 (写真 5) とは異なり確認が不可能である。すなわち、気泡化不良例においては、前壁～内壁移行部は anatomic landmark として現われないことが明らかとなった。

4. 内壁 (鼻腔側壁)

左側上顎洞を用いた。上顎洞の内方に矢状面とはほぼ平

写真 8 ウォーターズ位鼻腔側壁(左側上顎洞)
矢印の示す線状陰影が鼻腔側壁(←)

写真 11 ウォーターズ位鼻腔側壁(←)
臨床例

写真 9 鼻腔側壁(乾燥頭蓋骨, 下鼻甲介を除去)
上顎骨上顎体鼻腔面(斜線), 口蓋骨鉛直板
(→)

写真 12 後頭前頭位(写真11と同一症例)
鼻腔側壁は不明瞭(←)

写真 10 ウォーターズ位鼻腔側壁(左側上顎洞)
上顎骨上顎体鼻腔面に錫箔付着(←), 写
真 8 の矢印と一致している。

行に走る 明瞭な 1 本の 線状陰影(写真 8) が認められる。本線は従来の報告^{15,16)}からも明らかなごとく、鼻腔側壁として問題のない部位であるが、実際の鼻副鼻腔の解剖といかなる対応を示すかについての記載はみられて

いない。

鼻腔側壁は写真 9, 斜線の示す比較的平滑な面で矢状位をとる上顎骨上顎体鼻腔面と、後方の口蓋骨鉛直板との二部分から形成される¹⁷⁾。そこで著者は、写真 8 に現われた 鼻腔側壁の X 線解剖学的構造を明らかにするため、写真 9 の斜線部に相当する鼻腔側壁前方の上顎骨上顎体鼻腔面に錫箔を付着し、撮影を行った。写真 10 がその X 線写真である。付着した錫箔が接線方向に投影されて明瞭な線状陰影を形成している。本線は、写真 8 の矢印が示す鼻腔側壁に一致することが判明した。すなわち、鼻腔側壁としてウォーターズ位 X 線写真上に現われる明瞭な線状陰影は、上顎骨上顎体鼻腔面が接線方向に投影された結果であることが明らかとなった。

臨床例を供覧したい。写真 11, 12 は同一症例のウォーターズ位と後頭前頭位の X 線写真である。写真 11 のウォーターズ位では、矢印の示すごとく鼻腔側壁は明瞭な線状陰影として観察されるが、写真 12 の後頭前頭位ではほとんど確認が不可能である。このように、限られた方向からの撮影に診断の重点を置くことは不適当であるが、一方では特定の撮影法が特定の部位の診断に有用である

≡ 後壁

≡ 歯牙陰影による後壁の障害部位

図 2 写真2のトレース図 (左上顎洞)

写真 13 眼窩底

A : 眼窩底前方平面, B : 眼窩底後方隆起

写真 14 ウォーターズ位眼窩底
眼窩底前方平面(↓)

ことも事実である。このような意味から、ウォーターズ位は鼻腔側壁の診断に有用であることがわかった。

5. 下壁 (洞底部)

写真2, 図2から, ウォーターズ位上顎洞では, 洞底

写真 15 後頭頤位 (写真14と同一乾燥頭蓋骨)
眼窩底前方平面は消失している(↓)。

図 3 左側眼窩 鉛線付着部 (涙骨篩骨縫合)
(上條より)

部を示す洞底線は歯牙陰影により障害されて, 側方向撮影やデンタルフィルム上でみられるとき明瞭な線状陰影は観察されないことが明らかとなった。すなわち, 後壁に錫箔を付着したことにより, ウォーターズ位が上顎洞洞底部の観察に適していないことが実際的に裏づけられた。そして, 後壁の内下方 1/4 は歯牙陰影に障害され読影不可能な領域であることも確認できた。

6. 上壁 (眼窩底)

眼窩底は主として上顎骨眼窩面から成り, 前外側で頬骨眼窩面の一部, 後端では口蓋骨眼窩突起がこれに加わる¹⁷⁾。Fueger ら¹⁸⁾は, 前方の上顎骨眼窩面による比較的平滑な面を眼窩底前方平面 (写真13-A), 後方の口蓋骨眼窩突起による隆起を眼窩底後方隆起 (写真13-B) と呼んで眼窩底を2分し, これらの形態的特徴を生かして眼窩底骨折の診断に有用な撮影法を考案している。

写真14のごとく, ウォーターズ位上顎洞の眼窩下縁下方にこれと平行に走る線状陰影が認められる。本線は, 眼窩底前方平面が接線方向に投影された結果であり, 眼窩底として問題のないところであるが, 撮影角度がつかと写真15のごとく消失するので注意を要する構造と思われる。

第2項 篩骨洞について

写真 16 ウォーターズ位篩骨洞

A：涙骨篩骨縫合，B：後篩骨洞，C：上眼窩裂

- 1：前篩骨洞
- 2：後篩骨洞

図 4 篩骨洞の計測部位

乾燥頭蓋骨左側眼窩，涙骨篩骨縫合部（図3）に鉛線，後篩骨洞に錫箔を附着し，後頭前頭位からウォーターズ位を経て70°までの撮影を行い，撮影角度による前篩骨洞，後篩骨洞の観察範囲，位置変化を追跡した。なおこの際，解剖学的に後篩骨洞に近接する上眼窩裂に鉛線を附着した。ウォーターズ位X線写真を写真16に示す。

1. 前篩骨洞

前篩骨洞の撮影角度による観察範囲の評価判定法として，乾燥頭蓋骨に鉛線を附着した涙骨篩骨縫合陰影上端より梨状口に至る水平距離を用いた。図4は写真16のトレース図で計測部位を示す。結果を表2に示すごとく，撮影角度0°～10°ではほぼ前篩骨洞の観察範囲に変化はみられないが，以後撮影角度に比例して観察範囲は幾何学的減少をたどり，60°では0mm，すなわち涙骨篩骨縫合上縁と梨状口が重複し観察が不可能となることがわかる。ウォーターズ位をここでは広範囲に解釈し撮影角度を45°～55°とすれば，前篩骨洞の観察範囲は後頭前頭位のおおよそ1/4となることが明らかとなった。しか

表 2 前篩骨洞

涙骨篩骨縫合上縁より梨状口に至る水平距離と撮影角度との関係

表 3 後篩骨洞

涙骨篩骨縫合上縁より後篩骨洞に至る垂直距離と撮影角度との関係

し，前篩骨洞は写真16からもわかるように，後篩骨洞とはよく分離して投影され，かつ蝶形骨洞との重複も避けられるため前篩骨洞を単独で観察できる点でウォーターズ位は有効であることが確かめられた。

2. 後篩骨洞

後篩骨洞の撮影角度による観察範囲，位置変化の指標として涙骨篩骨縫合上端より後篩骨洞に至る垂直距離を用いた。図4に計測部位を，結果を表3に示す。撮影角度の増加に従い，後篩骨洞は前篩骨洞から次第に分離する傾向が表3から明確となった。写真16からも後篩骨洞が前篩骨洞とよく分離している所見がわかるが，後篩骨洞の読影となるとウォーターズ位では梨状口縁が接線方向に投影されて強い障害陰影を形成するため，所見を完全に把握することはむずかしいと考えられる。また後篩骨洞は写真16のごとく，その一部が上顎洞内に重複するため，上顎洞そのものが不透過性を呈する場合には当然のことながら後篩骨洞単独の所見の把握はむずかしくなることも考えられる。したがって，ウォーターズ位は後篩骨洞そのものの観察には不適當と考えた方が無難であると思われた。ただし，上顎洞内に投影される上眼窩裂は，写真16からもわかるごとく，後篩骨洞の位置判読には主要なる指標となることが判明した。

第3章 ウォーターズ法の規格化について

第1節 目的

ウォーターズ位X線写真の撮影法に関しては，対象とする副鼻腔自体に変異が多いこと，また頭蓋形，顎顔面

写真 17 頭部固定装置

1: 分度器, 2: sliding guide plate, 3: ear rod

形態の差異によりその撮影角度はかなり左右されるものである¹⁹⁾。原法が発表されて以来、今日に至るまで数多くの変法や工夫が加えられ実際の臨床の場でそれなりの効果をあげてきた。しかしながら、撮影時の頭位の正確性、再現性については、いわば半軸位というウォーターズ位の特性から依然として問題の残るところであり²⁰⁾、疾患の診断や経過観察、予後判定のよりどころとしてのX線写真の信頼度にはある程度の限界があった。

そこで著者は、従来の撮影法を整理統合し、ウォーターズ法が矢状方向撮影の一環であることを考え、ここに明確な撮影基準を築き解剖学的知識に裏づけされた、正確で再現性に優れた規格撮影法を確立したいと考え、以下の分析を実施した。規格化にあたってその分析は、硬組織上に留まることなく、さらに進めて軟組織上に撮影時のパラメーターを求めてみた。

第2節 研究対象ならびに研究方法

第1項 研究対象

研究の対象は東京医科大学口腔外科を訪ずれた患者で、上顎部に疾患を有しX線精査の必要であった多数症例のうち、著者の担当した51症例である。症例の内訳は、歯性上顎洞炎、術後性上顎嚢胞、上顎骨骨折、上顎嚢胞、上顎腫瘍で、性年齢別では男性32症例、女性19症例、年齢は17～85歳である。

第2項 研究方法

1. 基準線

撮影時の基準線には、ドイツ水平面とOM線の2種類があり、従来この種のX線撮影にあたって基準となるのはドイツ水平面である。しかしこれは主として頭蓋骨を対象にして定められているため、実際の撮影に際しては眼窩下縁を被写体側面から見通して決定することがむずかしくかつ不便である²¹⁾。そこで著者は、本研究に使用する基準線としては、臨床の場で簡単でしかも動揺の少ないOM線を選択することにした。

2. 頭部固定装置

表 4 ウォーターズ法撮影装置・条件

東芝ロータノード	
X線管装置形名	DRX-190(D)
焦点寸法	2.0/1.0 mm
最高管電圧	150 Kvp
固有濾過	0.7 mm AL 以上
管球焦点～フィルム	100 cm
管電圧	78～84 Kvp
管電流	200 mA
時間	0.4～0.6 sec.
増感紙	KYOKKO LT-II
リスホルムブレンド	10:1
フィルム	FUJI X-RAY FILM RX
現像	FUJI X-RAY PROCES- SOR RN

セファログラム撮影装置・条件

東京エンジン社製 T-1型頭部X線規格写真撮影装置	
X線管球焦点～耳棒	150 cm
X線管球焦点～フィルム	160 cm
定格出力	90/120 Kvp 15 mA 1 sec.
管電圧	120 Kvp
管電流	15 mA
時間	0.8～1.2 sec.
増感紙	KYOKKO HS
リスホルムブレンド	5:1
フィルム	FUJI X-RAY FILM RX
現像	FUJI X-RAY PROCESSOR RN

研究にあたって著者は、写真17のようなウォーターズ位専用の頭部固定装置を試作し、本装置を使用して撮影されたX線写真をもって分析の対象とした。

固定器は、頭部の位置づけが容易に操作、確認できるよう、透明アクリル樹脂で製作し、ear rodは、頭部X線規格写真撮影装置で得られたセファログラムと可及的同一条件となるよう、同装置のear rodと同一直径(8mm)のアルミニウム棒を用いた。左右のear rodは天板に固定し、患者の頭位、頭蓋形態に応じて左右が一体となって連動するよう工夫した。撮影時の頭位は、本装置に装着した製図用分度器(写真17-1)ならびにこれに付属したsliding guide plate(写真17-2)を用いて正確に行い、撮影角度はカセットに垂直な面がOM線となす角度を用いた。頭部の固定は左右のear rod、患者頭部の3点支持で十分であると思われたが、より厳密な固定を達成すべく前額部に支持装置を追加した。

3. 撮影法ならびに分析法

頭部固定装置を使用して、OM線を基準に45°～60°

写真 18 各撮影角度による上顎洞と錐体との位置関係 (矢印は錐体)

を5°間隔で撮影角度を変え、症例により3～4枚の撮影を施行した。ここで得られたウォーターズ位X線写真から個人の至適撮影角度を算出し、矢状方向からの分析資料とした。一方、これと並行して側方向からの分析の資料として同一症例のセファログラムを撮影し、セファログラムの分析項目とウォーターズ位至適撮影角度との相関関係から、個人の顎顔面形態に調和した撮影法を検討した。なお、セファログラムの撮影時には軟組織フィルターを使用して軟組織側影が明瞭に現出されるようにするとともに、軟組織フィルターでも現出できない生体上の解剖学的要所、外眼角と口角には直径1mmの鉛球を拡大率を最小限に抑えるべく、フィルム面に近い右側に付着した。撮影に使用した装置ならびに条件は表4のごとくである。

第3節 研究成績

第1項 ウォーターズ位X線写真の分析

5°間隔で撮影された3～4枚のX線写真から、ウォーターズ位の撮影目的に合った撮影角度、すなわち至適撮影角度を検討すべく以下の分析を実施した。

1. 至適撮影角度の判定基準

写真18は、頭部固定装置を使用してOM線に対し45°、50°、55°、60°の撮影を施行した典型的な臨床症例のX線写真である。各撮影角度の変化による所見を、上顎洞と錐体との位置関係を中心に述べてみたい。

45°：錐体が上顎洞の1/4～1/5重複し、重複した洞内所見と外側壁は不明瞭である。

50°：錐体は45°に比べてやや下方に移動するものの依然として上顎洞に重複している。また、洞内に小臼歯歯根が現われ障害となっている。

55°：錐体は最後方臼歯歯頸部に位置し、外側壁や内壁(鼻腔側壁)の所見がきれいに判読できるとともに、上顎洞の輪郭も明瞭である。しかしながら小臼歯、大臼歯歯根が洞内に突出し読影の障害となっている。

60°：錐体は上顎洞の下方に位置するため錐体による障害はなくなるものの、歯牙陰影が洞内に強く突出し、上顎洞のみならず各副鼻腔の輪郭にも歪を生じている。

このように5°という比較的小さな撮影角度の差によっても、得られる所見に大きな差が出ることは、とりもなおさず撮影対象としての副鼻腔の複雑さを示すものであろう。各撮影角度によるX線写真をつぶさに観察していくと、前述の乾燥頭蓋骨による分析結果と同様に、浅い角度では錐体が、深い角度では歯牙歯根が洞内に重複し、この付近の撮影角度では洞底部は常に歯牙あるいは錐体によって障害され、側方向撮影や口内法デンタルフィルム上に観察されるとき洞底線は認められないことが確認できた。したがって、従来より成書に記載されてきたごとく、錐体を上顎洞底部より下げるというウォーターズ法の撮影原理はあくまでも原理であり、そのまま

図 5 至適撮影角度の計測法 (1)
斜線は錐体

図 6 撮影角度による錐体の位置変化
上顎最後方臼歯歯頸部を基準

至適撮影角度の判定基準として適用した場合、洞底線そのものが不明であることから、判定法としては実際的でないことがわかる。

そこで著者は、錐体と上顎洞外側壁ならびに上顎最後方臼歯の相対的位置関係に着目してみた。すなわち、本症例 55° のごとく錐体が上顎最後方臼歯歯頸部に位置すれば上顎洞外側壁の所見がきれいに判読できるのみならず、同部の粘膜肥厚も明確にわかり、上顎洞の輪郭も明瞭で各副鼻腔が重複することなく投影される。また、60° の所見より全体に歪が少なく副鼻腔の形態が理解しやすいとともに得られる情報に過不足がない。以上を総合して判断した結果、著者は錐体が上顎最後方臼歯歯頸部に位置するときの撮影角度を、ウォーターズ位至適撮影角度と判定するのが最も妥当であるとの結論に達した。

2. 至適撮影角度の計測法

頭部固定装置を使用して 45°~60° を 5° 間隔で撮影さ

B. L. : 上顎最後方臼歯歯頸部
斜線 : 錐体
M. S. : 上顎洞 (左側)
図 7 至適撮影角度の計測法 (2)

表 5 ウォーターズ位至適撮影角度計測結果

れた実際のX線写真を観察してみると、錐体が上顎最後方臼歯歯頸部に一致している症例は少なく、45°と50°の間、あるいは50°と55°の間というようにむしろ各撮影角度の間に位置している症例の方が多いように思われた。そこで、一致しない場合の至適撮影角度の計算方法を乾燥頭蓋骨を使用して検討してみた。

乾燥頭蓋骨 5 個を前述の頭部固定装置を使用して、OM 線を基準に 0°~60° (実際はドイツ水平面基準で -10°~50°) までを 10° 間隔で撮影した。そして得られたX線写真について図 5 のごとく、錐体が上顎最後方臼歯歯頸部より上方に位置するものをプラス、下方に位置するものをマイナスとして写真上の距離を実測した。結果は図 6 のごとくである。すなわち撮影角度 0°~60° までの錐体の位置の変化はわずかな曲線を描くが、症例の分析に対象となる 45°~60° の間では、ほぼ直線とみなして差支えないことがわかった。そして、この比例関係を実際の症例写真にあてはめて各個人の至適撮影角度の算出を行った。計算法の 1 例を図 7 に示す。左は撮影角度 50°、右は 55° の模式図である。50° では錐体は上顎最後方臼歯歯頸部の上方 6 mm に、55° では下方 4 mm に

図 8 セファログラム計測点 (硬組織上)

	MEAN	S.D.	-	+
Facial Angle	85.1	3.15	+	+
Angle of Convexity	8.5	5.14	+	+
A-B Plane	-5.9	2.99	+	+
F M Angle	28.5	3.93	+	+
Y Axis	65.9	3.85	+	+
Occlusal Plane	11.6	4.20	+	+
Interincisal	120.8	8.10	+	+
L1 to Mand. Plane	95.3	7.39	+	+
L1 to Occ. Plane	23.8	5.94	+	+
Distance U1 to A-P	6.6	2.15	+	+
S N A	83.04	3.26	+	+
S N B	78.72	3.15	+	+
A. B. Diff.	4.32	2.19	+	+
U1 to SN	107.94	4.91	+	+

図 9 セファログラム計測項目

位置している。乾燥頭蓋骨による基礎的検討結果から、両者の距離と撮影角度には近似的に比例関係が成立するから、 $50^{\circ} + 5^{\circ}(6/6 + 4) = 53^{\circ}$ となり、本症例の至適撮影角度が求められることになる。このようにして反対側に

も同様の計算を行い、左右の平均値をもって症例のウォーターズ位至適撮影角度とした。

3. 計測結果

分析の対象となった男性32症例124枚、女性19症例43枚、計51症例167枚のX線写真からウォーターズ位至適撮影角度を求めた結果は表5のごとくである。従来より平均値とされる 55° ^{22,23)} に最も高い頻度がみられたが、症例数は51症例中11症例と全体の21.6%を占めるのみであった。そして、残り78.4%、40症例の至適撮影角度は最小48°から最大61°と広範囲に及び、全体的に分散している傾向が窺われた。以上の結果から、従来より平均値とされてきた撮影角度で全症例を撮影したと単純に仮定した場合、満足できる症例は21.6%にしか満たず、残りの78.4%は当初の撮影目的が達せられない計算になる。したがって、ウォーターズ位の撮影にあたっては、画一的な撮影角度を設定して撮影を指示し、施行することはきわめて危険であり、ここに各個人の顎顔面形態に調和した撮影法の必要性があるとの考えを持つに至った。

第2項 頭部X線規格写真側貌の分析

分析の対象は、ウォーターズ位至適撮影角度を分析した症例と同一の症例で、男性32症例、女性19症例の計51症例である。

1. 硬組織形態からの分析

1) Skeletal Pattern, Denture Pattern による分析

通法に従い下記の計測点を設定した。

(1) 計測点 (図8)

- Nasion (N) : 前頭鼻骨縫合
- Sella turcica (S) : 蝶形骨トルコ鞍の中心点
- Orbitale (Or) : 眼窩骨縁最下点
- Porion (Po) : 外耳道
- Point A (A) : 上顎骨歯槽基底の前方限界
- Point B (B) : 下顎骨歯槽基底の前方限界
- Pogonion (Pog) : 下顎頭隆起の最突出点
- Gnathion (Gn) : 顔面平面と下顎下縁平面とのなす角の二等分線が頭隆起骨縁像と交わる点
- Menton (Me) : 頤の正中断面像の最下点
- Gonion (Go) : 顎関節頭後縁と下顎角後縁部を結んだ線と下顎下縁平面が交わる点

(2) 計測項目 (図9)

図9に示すとき計測項目に従い、Downs 法により10項目、Northwestern 法により4項目、計14項目について分析した。

(3) 計測結果 (表6)

計測結果を表6に示す。各計測項目の最大値と最小値は比較的広範囲に及び、また標準偏差値も図9の平均的な値と比べて大きいことから、本研究の対象となった症例は必ずしも標準的な顎顔面形態を有する症例のみならず、これからはみ出た症例も含まれていることがわかる。

表 6 セファログラム計測結果 (52症例)

計 測 項 目	平 均 値	最 小 値	最 大 値	分 散	標 準 偏 差
Facial Angle	86.000	76.800	99.500	17.499	4.183
Angle of Convexity	3.931	-17.000	16.000	41.947	6.477
A-B Plane	-3.085	-12.000	11.000	19.736	4.443
F M Angle	31.979	20.500	45.500	38.692	6.220
Y Axis	64.708	55.500	75.300	16.993	4.122
Occlusal Plane	11.264	1.500	21.200	19.106	4.371
Interincisal	123.438	103.000	142.000	119.968	10.953
Ll to Mand. Plane	92.226	72.500	110.000	75.744	8.703
Ll to Occ. Plane	22.233	-4.500	39.200	80.238	8.958
Distance Ul to AP	10.436	1.000	20.000	15.029	3.877
SNA	79.849	71.000	88.500	14.182	3.766
SNB	77.823	70.000	91.000	19.146	4.376
A. B. Diff.	2.000	-8.000	7.000	8.135	2.852
Ul to SN	105.372	87.000	118.500	69.140	8.315

(4) ウォーターズ位至適撮影角度との相関関係

上記セファログラムの計測値とウォーターズ位至適撮影角度との相関関係を次のような計算式により求めた。

- ① 平均値 $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$
- ② 標準偏差 $S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$
- ③ 標準誤差 $S.E.M. = \frac{S}{\sqrt{n-1}}$, ただし $S = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$
- ④ 変異係数 $C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$
- ⑤ 相関係数 $r = \frac{n\sum x_1x_2 - (\sum x_1)(\sum x_2)}{\sqrt{(n\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2)(n\sum x_2^2 - (\sum x_2)^2)}}$
- ⑥ t テスト $t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\delta \bar{x}_1^2 + \delta \bar{x}_2^2}}$, ただし $\delta \bar{x}_1 = \frac{S_1'}{\sqrt{n_1-1}}$
 $S_1' = \sqrt{\frac{n_1\sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}{n_1(n_1-1)}}$
 $\delta \bar{x}_2 = \frac{S_2'}{\sqrt{n_2-1}}$
 $S_2' = \sqrt{\frac{n_2\sum x_2^2 - (\sum x_2)^2}{n_2(n_2-1)}}$

n : 標本数, x₁, x₂ : 計測値

結果は表 7 に示すごとくである。セファログラムの14個の計測項目のうち、ウォーターズ位至適撮影角度に相関の強い項目は、

表 7 ウォーターズ位至適撮影角度との相関関係 (1)

セファログラム計測項目	相 関 係 数 (r)
Facial Angle	-0.339*
Angle of Convexity	0.071
A-B Plane	0.040
FM Angle	0.334*
Y Axis	0.468**
Occlusal Plane	0.127
Interincisal	-0.030
Ll to Mand. Plane	-0.138
Ll to Occ. Plane	0.170
Distance Ul to A-P	0.007
SNA	-0.223
SNB	-0.218
A.B. Diff.	0.049
Ul to SN	-0.124

**p<0.01
*p<0.05

1. Facial Angle (顔面角)
2. F M Angle (フランクフルト下顎下縁平面角)
3. Y Axis (Y軸角)

の3項目であり、これらの共通点を追っていくと、計測点の基礎がすべて下顎骨上にあることに気づいた。すなわち、これらの3項目はすべて下顎骨の発育形態や発育方向の影響を受けやすい計測項目であることが明らかになったわけである。したがって以上の分析結果から、頭蓋骨ならびに顔面骨に対応する下顎骨の発育形態や位置的關係が、ウォーターズ位至適撮影角度となんらかの相

図 10 セファログラム計測点
(下顎硬組織上)

図 11 中頭蓋底の計測法
中頭蓋底の高さ(T)

表 8 ウォーターズ位至適撮影角度との相関関係 (2)

セファログラム計測項目	相 関 関 係 (r)
LI-U	0.775**
LI-L	0.764**
B	0.723**
Pog	0.626**

**p<0.01

関があることが示唆された。

2) 下顎骨硬組織上の計測点による分析

ウォーターズ位至適撮影角度と下顎骨との相関関係をさらに詳細に検討すべく、著者は新たに下顎骨硬組織上に計測点を2点 (LI-U: 下顎中切歯切端, LI-L: 下顎中切歯歯頸部) を追加した。そしてこの2点とB点, Pog点の計4点から、それぞれPoへ直線を引き、おのおのがOM線となす角度をセファログラム上で計測した(図10)。そして前記と同様の方法で、ウォーターズ位至適撮影角度との相関関係を求めた。結果は表8に示すごとく、4点とも表7の結果と比べて高値を示したが、なかでもLI-Uが特に強い相関を持つことが明らかとなった。

3) 中頭蓋底の高さの分析

ウォーターズ位至適撮影角度の判定基準として著者は、上顎最後方臼歯歯頸部と錐体との位置関係に着目したが、撮影角度に影響を与える要素に当然のことながら頭蓋における錐体の高さが考えられた。耳科領域では、これを中頭蓋底の高さ²⁴⁾として乳様突起削開手術時の関心事の1つとしているが、著者はセファログラム側貌からこの中頭蓋底の高さを計測し、得られた数値とウォーターズ位至適撮影角度との相関関係を求めた。

(1) 計測法

計測法は 大島の方法²⁵⁾をセファログラム側貌に準用

表 9 ウォーターズ位至適撮影角度との相関関係 (3)

セファログラム計測項目	相 関 関 係 (r)
中頭蓋底の高さ(T)	0.529**

**p<0.01

し、図11のごとくフランクフルト平面を基準としてPoより後方10mmの点においてこれより垂線を立て、フィルム側の中頭蓋底の交叉点に至る該線上よりの距離をもって中頭蓋底の高さとした。

(2) 計測結果とウォーターズ位至適撮影角度との相関関係

各症例の中頭蓋底の高さとウォーターズ位至適撮影角度との相関係数は $r=0.529$ と比較的高値が得られた(表9)。

4) 硬組織形態とウォーターズ位至適撮影角度との重回帰分析

著者は、ウォーターズ位至適撮影角度と強い相関関係のある要素を顎顔面形態から抽出する目的で、セファログラム上にDowns法, Northwestern法から14項目、下顎骨硬組織上から4項目、中頭蓋底から1項目の計19個の計測項目を設定した。そして、これらの計測値とウォーターズ位至適撮影角度との相関関係を単相関で分析したところ、撮影角度に関連ある要素に、顔面角、フランクフルト下顎下縁平面角、Y軸角、下顎中切歯切端の位置、中頭蓋底の高さをあげることができた。しかし、これまでに分析して得られた数値はそれぞれ単相関の数値、すなわちおのおのの計測項目と撮影角度との1対1の相関値であり、撮影角度に関与していると思われる複雑な顎顔面形態の一部分を観察しているにすぎない。

そこで著者は、この撮影角度に影響を与えている顎顔面形態の各要素を総合的見地から分析するため、前記19個の計測項目と至適撮影角度との重回帰分析を試みた。

表 10 重回帰分析

Step 1	Entering	Mult. R	100RR*	DF(RES)	V(RES)
	Ll-U	0.7751	59.00	37	5.4937
	Variable	STD. B	B	D(B)	T=B/D(B)
	Ll-U	0.77509	0.93056	0.12470	1.562
	Constant 1		16.47559	5.10427	3.228
Step 2	Entering	Mult. R	100RR*	DF(RES)	V(RES)
	T	0.8018	62.30	36	5.0520
	Variable	STD. B	B	D(B)	T=B/D(B)
	T	0.22899	0.50695	0.24633	3.228
	Ll-U	0.67302	0.80802	0.13359	3.228
	Constant 1		14.40641	4.99694	2.883
Step 3	Entering	Mult. R	100RR*	DF(RES)	V(RES)
	Ll-L	0.8211	64.63	35	4.7400
	Variable	STD. B	B	D(B)	T=B/D(B)
	T	0.28272	0.62588	0.24725	2.883
	Ll-U	0.18506	0.22218	0.34442	2.883
	Ll-L	0.49899	0.65937	0.35925	2.883
	Constant 1		6.28848	6.55655	0.959
Step 4	“Leaving”	Mult. R	100RR*	DF(RES)	V(RES)
	Ll-U	0.8187	65.20	36	4.6631
	Variable	STD. B	B	D(B)	T=B/D(B)
	T	0.31186	0.69040	0.22428	0.959
	Ll-L	0.66152	0.87414	0.13387	0.959
	Constant 1		4.56493	5.93830	0.769
Step 5	Entering	Mult. R	100RR*	DF(RES)	V(RES)
	Facial Angle	0.8471	69.33	35	4.1092
	Variable	STD. B	B	D(B)	T=B/D(B)
	Facial Angle	0.28087	0.24578	0.10162	0.769
	T	0.34055	0.75391	0.21217	0.769
	Ll-L	0.82802	1.09416	0.15513	0.769
	Constant 1		-27.59283	14.41723	-1.914

F level for entering a variable 2.000

F level for leaving a variable 2.000

Tolerance for mult. colineality 0.10E-04

計算法は変数増減法により、また実際の計算はプログラムがあらかじめパッケージされた電算器を使用した。なお、変数の取込み、追い出しの限界値は2.0とした。計算経過、結果を表10に示す。表10のSTEP5より、ウォーターズ位至適撮影角度に対する顎顔面形態の相関関係は、

重相関係数 (MULT. R)=0.8471

変数 (VARIABLE) 1. Ll-L (下顎中切歯歯頸部)
2. T (中頭蓋底の高さ)
3. Facial Angle (顔面角)

との結果を得ることができた。すなわち、撮影角度に強い相関を示すのは、セファログラム上の19個の計測項目のうち、下顎中切歯歯頸部の位置、中頭蓋底の高さ、顔面角の3要素であり、なかでも下顎中切歯歯頸部の位置

図 12 セファログラムの計測点 (軟組織)

1: ウォーターズ位至適撮影角度
2: 外耳孔(Po)~口角(Ch)線がOM線となす角度

図 13 補正値の計測法

表 11 ウォーターズ位至適撮影角度の補正値

性	症 例 数	平 均 値
男	32	11.3±2.9
女	19	10.3±1.5
全 例	51	10.9±2.3

(単位: 度)

が、ウォーターズ位至適撮影角度に強い相関関係を持つことが確実となった。

2. 軟組織形態からの分析

前述のごとく、下顎中切歯歯頸部の位置が、ウォーターズ位至適撮影角度に強い相関関係を持つのは明らかである。したがって、下顎中切歯歯頸部をウォーターズ法撮影時の有力なパラメーターと考えてよさそうであるが、本点は口唇周囲の軟組織に囲まれ、安静時には直視が不可能であり、実際の撮影時のパラメーターとしては不便である。そこで、当然のことながら生体上に、この下顎中切歯歯頸部に代わるパラメーターを求める必要が生じた。著者は、以下の計測点を軟組織上に設定し、下顎中切歯歯頸部に対応する軟組織形態の相関関係を求めてみた。

1) 軟組織上の計測点 (図12)

軟組織上の計測点は、与五沢の研究²⁶⁾を参考として次のように設定した。

上唇最前点 (UL): 上口唇で A-B line から最も離れた点

Stomion (St): 上下口唇の接する点

下唇最前点 (LL): 下口唇で A-B line から最も離れた点

B 点上軟組織 (Bs): A-B line に直角に B 点から引かれた線が軟組織輪郭線と交わる点

口角 (Ch): 撮影時に鉛球を付着した点

2) 計測法

上記計測点よりそれぞれ Po へ直線を引き、OM 線となす角度をセファログラム上で計測した。

3) 計測結果と下顎中切歯歯頸部との相関関係

計測結果と下顎中切歯歯頸部が OM 線となす角度との重回帰分析を、前述と同様の計算方法で求めた。結果は、

重相関係数 (MULT. R)=0.87 (変数は口角のみ)

と、軟組織上の計測点である口角は、硬組織上の撮影パラメーターである下顎中切歯歯頸部と 1 対 1 のきわめて密接な相関関係があるとの結論が得られた。以上より、ウォーターズ法の撮影時、口角は各症例によって異なる撮影角度の個体差を最も忠実に現わす点であり、きわめて有用なる生体上のパラメーターとなりうる事が明らかとなった。

第3項 ウォーターズ位規格撮影法の確立

著者は、ウォーターズ位規格撮影法の確立に際し、必要となる撮影時のパラメーターを生体上に設定すべく、セファログラムを利用して分析を重ねてきた。その結果、口角を撮影時のパラメーターとして設定することができた。それでは、実際の撮影時に口角をどのように利用したらよいのであろうか。そこで、著者はまず図13に示すごとく、各症例のセファログラム上にウォーターズ位の至適撮影角度を示す直線と外耳孔~口角線をトレースした。そして、ウォーターズ位至適撮影角度から、OM 線に対し外耳孔~口角線が形成する角度を減じて各症例の平均値を算出したところ、男性 11.3°±2.9°、女性 10.3°±1.5° で男女差はなく (t=1.501)、全例平均で 10.9°±2.3° の数値が得られた(表11)。したがって、外耳孔~口角線が OM 線に対して形成する角度は、ウォーターズ位至適撮影角度に約 10° の不足を生じたことになる。

以上の結果から、口角を撮影時のパラメーターとして

図 14 ウォーターズ位規格撮影法

活用し、かつ至適撮影角度に不足した 10° を撮影時の工夫によって補正した撮影法が導き出された。すなわち、図14に示すごとく、外耳孔～口角線を水平面に対して垂直に保ち、頭位の傾斜不足分 10° を管球の頭位への傾斜によって補正することにより、安定した頭位で、正確かつ再現性に優れたウォーターズ位規格撮影法が確立できた。

第4章 総括ならびに考案

鼻副鼻腔のX線写真は、粘膜、骨膜、骨組織、ならびにこれらに囲まれた空気とそれぞれX線透過性の著しく異なる組織を対象としているため、他科領域のX線診断と異色を示すものである。そもそも鼻副鼻腔領域は、元来解剖学的に非常に複雑で正常範囲内の変異も多い部位であるから、ある明確な撮影理論に基づいて撮影を施行し、予測される病態、解剖学的正常と異常の知識をわきまえておかないと予想外の読み過ぎ、読み不足もあり得る。そこで、正確な解剖学的知識を基として、種々の撮影法から得られる所見に精通しておくことが読影の必須条件となる。実際の臨床の場で、簡単に、それでいて適確な所見をX線写真から得ようとするなら、1つの規格化された標準的撮影法を設定し、本法による所見に精通しておくことが肝要である。これによって、同一疾患を一線に行列せしめ、読影法にも一定の規格性が期待できる。そして本法を十分に活用した後、新たに対象とする疾患や部位に応じた修正を加えるようにすれば、鼻副鼻腔疾患に対する読影力や診断力は現在よりもはるかに向上するであろう。

著者は、このような考え方を基礎として鼻副鼻腔の規格化された標準的撮影法を確立するにあたって、本邦でも最も施行されることの多いウォーターズ法を対象とし

て選択した。自明のごとく、ウォーターズ法は各副鼻腔を重複することなくとらえ、1枚のX線写真でその大略を把握できる利点がある。しかし、本法は後頭前頭位における各解剖学的構造の前後の關係が上下の關係に置換され、かつおのおのの構造物も特徴ある形態に投影され、また投影されずに隠れた部分も生じやすい。かてて加えて、撮影時の頭位自体が不安定で頭蓋形、顎顔面形態の差異から撮影角度にも差が出るため、撮影のたびごとに角度を修正しなければならない煩雑さがある。また現在まで、その修正法にも実際のデータの裏づけがあったわけでもない。そこで著者は、個人の顎顔面形態からくる撮影角度の差異を、個人の持つ顎顔面の形態の特徴によってうまく補正できる撮影法を確立したいと考え、本研究を企画した。本法を確立することがすなわち、本法の規格化に繋がるものと考えたからである。そして、まずその基礎ともいえる上顎洞や周辺のX線解剖学的構造を明確にし、次に現有の設備のなかで唯一の規格性を有する頭部X線規格写真撮影装置を主軸に、みずからの考案試作によるウォーターズ位専用の頭部固定装置を実際の症例に使用してデータを作製し、規格撮影法に必要な分析を施行して、進んで頭位決定の問題点に取り組んだ次第である。

1) 上顎洞ならびに周辺のX線解剖学的構造について

ウォーターズ位上顎洞に関するX線解剖については、本邦では飯沼^{27,28)}の報告に詳しいが、これらは耳鼻科側からの分析のため対象が上顎洞上部に多い。著者は口腔外科側からの分析を基礎として、これに耳鼻科の要素を加え、乾燥頭蓋骨を研究対象としてまず上顎洞を構成する壁構造そのものを分析した。

その結果、上顎洞前壁～洞底ならびに上壁～後壁の移行部は明確な anatomic landmark として形成されないことが明らかとなり、このような事実がウォーターズ位上顎洞を比較的単純な透過像に投影していることを知った。一方、前壁～内壁移行部は気泡化の状態によって異なり、良好な場合には鼻腔側壁を示す線状陰影の内方にもう1本の明瞭な線として形成され、気泡化が不良の場合には本線はX線写真上では視認が不可能となる。したがってこのような症例では、鼻腔側壁との鑑別上注意を要するとともに、粘膜肥厚の程度を同部にて判断することはむずかしいと思われた。

また、従来より漠然としていた洞底部の読影に関して、錫箔による標識の付着によって歯牙あるいは錐体の陰影により洞底部はもちろんのこと、後壁の内下方 $1/4$ はウォーターズ位では読影が不可能な部位であることも判明した。そしてこれに伴って、洞底線がX線写真上に形成されないことも実際に裏づけられた。この結果が、本研究の主眼となった規格撮影法の分析の基礎となる判定基準に重要な影響を与えたのである。

これに対して、前壁～上壁移行部、外側壁、ならびに

鼻腔側壁は周囲の構造物に障害されることなく、主線に対して接線方向に投影されるため明瞭な線状陰影を形成するので、粘膜肥厚や骨破壊の診断に有効な部位であることも明確になり、吉川²⁹⁾と同様の結論を得た。

Yanagisawa¹⁵⁾は、上顎洞の内方に矢状面とほぼ平行に走る1本の明瞭な線状陰影を lateral wall of nasal cavity と称し、固有鼻腔から侵襲した嚢胞との鑑別診断上、注意が必要であるとしている。しかし実際の読影に必要なのは、まず本線が鼻副鼻腔のどの部分に対応するかを知っておくことである。著者の研究結果から、本線は上顎骨上顎体鼻腔面の接線方向への投影像であることが判明するとともに、周囲の解剖学的構造との関連がより明らかとなった。本線の観察目的は主として上顎腫瘍による骨破壊部の診査にある。酒井³⁰⁾は、ウォーターズ位の鼻腔側壁を外側壁とともに上顎癌X線写真読影の着目点にあげているが、これは本研究でも明らかになったごとく、ウォーターズ位が他の撮影法に比べて鼻腔側壁の観察に有利である事実に基づくものであろう。

ウォーターズ法といえば、上顎洞の観察を思い浮かべやすいが、原法を考案した Waters と Waldron は、本法による観察目的を上顎洞よりむしろ前篩骨洞、後篩骨洞に置いていたという³¹⁾。篩骨洞のウォーターズ位における所見に関しては、成書により多少の違いがみられる。北村³²⁾は、前篩骨洞について形態は歪められるが陰影はよく出ると述べ、高橋²⁰⁾は、後頭前頭位と比較して、骨梁像が明確に影像されず、外郭構造も歪が大きい等々の欠点を有するので、本法は篩骨洞そのもののX線診断にはやや不適としている。著者の研究成果からは、後篩骨洞の観察は梨状口縁と重複して比較的むずかしいが、前篩骨洞においては観察範囲が後頭前頭位の約1/4となるものの、後篩骨洞、蝶形骨洞との重複を避けられ単独の読影が可能でウォーターズ位は有利であると思われた。したがって、本法と後頭前頭位をあわせ判読することにより、篩骨洞の病変を相当程度把握しうることを確認した。

2) 規格撮影法について

規格撮影法とは、管球の焦点、被写体の位置、フィルムの3者が常に一定の幾何学的条件を維持できるよう、規格的に固定された撮影法をいい、その際とりわけ被写体の固定に種々の工夫がなされている³³⁾。側貌の頭部X線規格写真撮影時の頭部の位置づけは、主線と ear rod が一線となるため比較的頭位の回転に対しては寛容である。これに対して、後頭前頭方向の撮影には主線が ear rod に垂直に入射するため、わずかの回転も計測誤差に繋がって頭位の決定には厳密な規格が必要となる。ウォーターズ法も後頭前頭方向の一変法であることから、規格化にあたって管球、フィルムの位置決めは単に設備上の問題として解決が可能であるから、撮影時の頭位そのものを研究の対象とするのが自然であろう。

ウォーターズ法は、頭位自体が厳密に何度と規格されたものでないことから、今日に至るまでいくつかの変換が生まれてきた。著者が従来の成書や文献を整理したところ、おおよそ2つの撮影法に分けることができた。1つは、撮影角度を平均値で規定して撮影する方法である。本邦では、井上²²⁾(OM線に対し55°)、中村⁴⁴⁾(OM線に対し40°~50°)、高橋²⁰⁾、佐藤³⁹⁾(OM線に対し45°)、欧米では、Mahoney⁴⁶⁾や、Thoma³⁷⁾、Archer³⁸⁾(OM線に対し53°)、Clark²³⁾(OM線に対し45°で、管球を頭側に10°傾斜)と、本邦ではおおよそOM線に対し40°~55°の範囲が多いが、欧米ではOM線に対し53°という角度が多い。

一方、撮影角度は顎顔面形態による影響を受けるとの考え方から、鼻高を補正の基準においた撮影法があり、本邦では、古賀³⁰⁾(鼻尖と頤部をカセットに密接させ、管球を頭側に5°~15°傾斜)、北村³²⁾(鼻尖を1~3cmカセットより離し、管球を頭側に5°~15°傾斜)の方法や、個人の顎顔面形態を考慮した白岩⁴⁰⁾(主線を耳翼付着部上端と口角に平行)がある。欧米では、Dingman⁴¹⁾(鼻尖を4cmカセットより離す)、Daniel⁴²⁾(鼻尖を1~1.5cmカセットより離す)、Converse⁴³⁾(鼻尖を1.5cmカセットより離す)の成書に記載がみられる。それぞれの成書や文献により、撮影角度や頭位の決定方法が異なり、一定の傾向を把握することはむずかしいが、撮影角度がバラバラであること、補正法にも統一性がみられないことを考慮すると、対象とする症例の撮影角度には個体差があると考えるのが妥当であろう。

そこで著者は、この個体差を補正した規格撮影法の確立のため、まずウォーターズ位専用の頭部固定装置を試作して分析の対象となる資料(X線写真)に規格性を与えた。そして、一定の規格性を得た資料から個体差を補正した撮影法を完成すべく、頭部X線規格写真撮影装置を使用して一連の分析を実施したわけであるが、分析にあたっての第1の問題点は、どのような判定基準でウォーターズ位至適撮影角度を決定するかにあった。具体的にいえば、ウォーターズ法の規格位を設定するにあたって、X線写真上で錐体を上顎洞のどのあたりに位置させるかが問題となったのである。原法では、錐体を上顎洞底よりも下方に位置させるとあるが、本研究で明らかになったごとく、上顎洞底を示す洞底線は歯牙陰影に障害され確認が不可能であるから、判定基準としての洞底と錐体との位置関係は基準とはなりにくいことがわかる。また、上顎洞の発育が悪いがため、洞底線が高位に位置し確認が可能であったとしても、上顎洞の発育は頭部、顔面、上顎骨自体から判定することは困難であるから⁴⁴⁾、顎顔面形態と撮影角度との相関関係は求められないことになる。著者は、撮影にあたっての基準、ないしは撮影されたX線写真のウォーターズ位としての評価基準について探索すべく、あらゆる成書や文献を渉猟して

みたが、単に錐体を上顎洞底より下げるとのみ記載されているだけで、実際の撮影基準を裏づけるデータを提供する文献は1例も見出し得なかった。そして著者は、みづから乾燥頭蓋骨による基礎的検討を重ね、また臨床例のX線写真を詳細に分析した結果から、上顎最後方臼歯歯頸部と錐体との相対的位置関係に着目し、両者がX線写真上で一致をみた時の撮影角度をウォーターズ位至適撮影角度と判定することとした。錐体が上顎最後方臼歯歯頸部に位置すれば、上顎洞の輪郭が明瞭で各副鼻腔が重複することなく投影され、かつ外側壁や鼻腔側壁の所見が最も明瞭に判読できること、さらに都合の良いことに上顎最後方臼歯歯頸部は、正貌の頭部X線規格写真上の計測点である Cervical line of Molar (本橋⁴⁵⁾)にほぼ一致し、きわめて明瞭に判読できる点でもあり計測精度の向上も期待できたからである。

以上の判定基準をもとに、著者の担当した51症例、167枚のX線写真から個人の至適撮影角度を算出した結果、それぞれ個人の持つ至適撮影角度には 15° 近い幅があるとともに、従来より平均値とされる角度で撮影を施行しても、必ずしも満足できる結果は得られないことが判明した。この結果は、とりまなおさず各個人の顎顔面形態に調和した撮影法の必要性を実証したものといえよう。そして、個人に調和した至適撮影角度を顎顔面形態との関連に結びつけるべく、頭部X線規格写真を使用して両者の相関関係を求めたところ、顔面角、中頭蓋底の高さ、下顎中切歯の位置の3要素がウォーターズ位至適撮影角度に強い関連があることが判明したわけである。中頭蓋底の高さについては、ウォーターズ法が上顎洞と錐体(中頭蓋底)との位置関係に基づく撮影法であることから、撮影角度に密接な関連があるのは当然の結果といえるかもしれない。しかし、19個のセファログラムの分析項目から顔面角と下顎中切歯の両者が抽出されたことは興味深い。両者がともに下顎骨の発育形態に直接的に影響される計測点、計測項目であることを考慮したとき、ウォーターズ位の撮影角度と下顎骨の発育形態にはきわめて密接な関連があり、これが下顎中切歯の位置や顔面角に反映されたものと考えることが最も自然であり、妥当であると思われた。

以上の結果から、ウォーターズ位撮影角度に強い相関があると判明した顔面角、中頭蓋底の高さ、下顎中切歯の位置の3要素、なかでも特に相関の強い下顎中切歯が撮影時の重要なパラメーターとなることが考えられた。この点について従来の文献を検索してみたが、撮影時に同様のパラメーターを設定している報告は1例も見出し得なかった。そして著者はさらに、この下顎中切歯という硬組織上のパラメーターを、実際の撮影時に便利な軟組織上に求めてみた。結果は、相関係数0.87と高値をもって、口角を撮影時のパラメーターに設定することができた。

Horowitz と Hixon⁴⁶⁾によれば、臨床的目的、つまり予測という面からみると相関係数は0.7~0.8以上でなければならないという。著者の得た数値はこれを上回るから、口角はウォーターズ位規格撮影時のパラメーターとして十分、実際の臨床で活用できるとの確信が得られた。したがって以上の結果をもとに、口角と外耳孔を垂直に保ち、頭位の傾斜不足 10° を管球の頭側への傾斜によって補正することにより、一定した頭位で、正確かつ再現性に優れたウォーターズ位上顎洞の規格撮影法を確立することができた。本法の確立によって、従来よりもすれば不正確さを免れなかったX線写真の読影に関し、その中心ともなるウォーターズ位X線写真そのものを規格化できること、そして規格化されたX線写真により規格化された読影が可能となるから、疾患情報の予想外の読み過ぎ、読みこぼしがなくなるものと期待できる。すなわち、読影の正確性が現在よりもはるかに高まるとともに、今後、疾患の診断、経過観察、病期、予後の判定にきわめて有力な情報を提供できるものと信ずる。

第5章 結 語

上顎洞X線撮影法の規格化に関する研究、ならびに上顎洞を中心としたX線解剖学的観察を行ったところ、次のような結果を得た。

1. 乾燥頭蓋骨の解剖学的要所にX線不透過性物質を付着せしめ、ウォーターズ位上顎洞のX線学的観察を行ったところ、前壁〜洞底、上壁〜後壁の各移行部はanatomic landmarkとして現われないことが明らかとなった。したがって、このようなX線解剖学的構造から、ウォーターズ位上顎洞が比較的単純な透過像として投影されることを知った。

2. 前壁〜上壁移行部、外側壁は、ともに主線に対して接線方向に投影され、明瞭な線状陰影を形成するため、粘膜肥厚、骨破壊などの検索に有用な部位であることを確認した。

3. 前壁〜内壁移行部は、上顎洞の気泡化の程度によりX線学的構造を異にした。すなわち、気泡化が良好な場合、同部は鼻腔側壁の内方に線状陰影を形成するが、気泡化が不良の場合には、anatomic landmarkとしての線状陰影は形成されることが判明した。

4. 鼻腔側壁は、前方の上顎骨上顎体鼻腔面と後方の口蓋骨鉛直板の2成分から形成されるが、ウォーターズ位では前方の上顎骨上顎体鼻腔面が特異的に投影されることを確認した。

5. ウォーターズ位では、上顎洞洞底部と洞底線は歯牙陰影に障害され確認が不可能であることが実際的に裏づけられた。また、後壁の内下方 $1/4$ は読影不可能な領域であることも明らかになった。

6. ウォーターズ位眼窩下縁下方に現出する線状陰影は、眼窩底前方平面が接線方向に投影された結果であり、撮影角度の変化によって消失するので注意を要する構造と思われた。

7. 前篩骨洞、後篩骨洞の撮影角度による観察範囲、位置変化を分析した。その結果、前篩骨洞を単独で観察できる点でウォーターズ位は有用であり、後頭前頭位の所見とあわせ判断することにより病変を相当程度把握しうることを確認した。

8. ウォーターズ位規格撮影法の確立にあたり、専用の頭部固定装置を試作し、OM線を基準に45°～60°を5°間隔で撮影した。同時に、頭部X線規格写真を撮影し、横方向からの分析の資料とした。

9. 頭部固定装置を使用して撮影された51症例167枚のX線写真から、個人の至適撮影角度を算出したところ、最小48°から最大61°と比較的広範囲に及ぶ傾向が認められた。

10. そこで、個人の至適撮影角度と顎顔面形態との関係を明確にするため、頭部X線規格写真上で至適撮影角度と計測項目との相関関係を求めた。

11. その結果、ウォーターズ位至適撮影角度と下顎の発育形態には密接な関係があるとの分析結果を得た。さらに、この下顎の発育形態の特徴が軟組織上に現われる部位、すなわち、実際の撮影時のパラメーターとなりうる点を生体上に求めたところ、口角が各症例によって異なる撮影角度の個体差を最も忠実に現わす部位であることが明らかとなった。そこで、各個人の至適撮影角度から外耳孔～口角線がOM線となす角度を減じたところ約10°の不足を生じた。

12. 以上の結果から、外耳孔と口角を水平面に対して垂直に保ち、頭位の傾斜不足分10°を管球の頭側への傾斜によって補正することにより、一定した頭位で正確かつ再現性に優れたウォーターズ位規格撮影法が確立できた。

本法は、今後の疾患情報にきわめて有力なる所見を提供できるものと信ずる。

稿を終えるに臨み、本研究遂行に際し終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜った恩師内田安信教授に深甚なる感謝の意を捧げます。また、ご援助、ご協力を頂いた東京医科大学口腔外科学教室医局員ならびに放射線科技師一同に心から感謝いたします。

本論文の要旨は、昭和55年第34回日本口腔外科学会総会（於、岡山）、昭和55年第25回日本口腔外科学会総会（於、徳島）にて発表した。

引用文献

1) 内田安信、他：鼻性歯疾患も稀でない。日耳鼻

63: 1711 1960.

2) 内田安信：口腔外科領域における境域疾患。歯界展望 28: 867 1966.

3) 内田安信、他：術後性頰部嚢胞の臨床的観察。口科誌 15: 224 1966.

4) 内田安信、他：歯性上顎洞炎の手術法。歯界展望 33: 515 1969.

5) 内田安信：歯性上顎洞炎の手術法。歯科臨床技術講座 '69, 医歯薬出版, 東京, 1969, 411頁.

6) 内田安信：隣接医学としての耳鼻科。紫煙 21: 2 1973.

7) 内田安信：いわゆる歯性上顎洞炎の種々相。歯界展望 50: 209 1977.

8) 山崎可夫：いわゆる歯性上顎洞炎について。日本歯科評論 376: 54 1974.

9) 鈴木国夫：歯性鼻副鼻腔炎の臨床的研究—いわゆる歯性上顎洞炎を中心として—。日口外誌 22: 165 1976.

10) 久代秀郎：歯性鼻副鼻腔炎の臨床統計的ならびに内視鏡的観察。日口外誌 26: 295 1980.

11) 木暮山人：術後性上顎嚢胞の臨床的研究。耳展 20: 301 1977.

12) Waters, C.A., Waldron, C.W.: Roentgenology of the accessory nasal sinuses describing a modification of the occipito-frontal position. Amer J Roentgenol 2: 633 1915.

13) Broadbent, B.H.: A new X-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthodont 1: 45 1931.

14) 上條雅彦：口腔解剖学。1, 骨学, 第2版, フナトーム社, 東京, 1966, 207頁.

15) Yanagisawa, E., et al.: Radiology of the normal maxillary sinus and related structures. Otolaryngol Clin North Am 9: 55 1976.

16) Merrell, R.A., et al.: Radiographic anatomy of the paranasal sinuses. Arch Otolaryng 87: 184 1968.

17) 森 於菟編：解剖学。第1巻, 第10版, 金原出版, 東京, 1969, 83頁.

18) Fucger, C.F., et al.: The roentgenological anatomy of the floor of the orbit. Blecker GM ED. Symposium on fractures of the orbit, Excerpta Medica, Amsterdam, 1969, p15.

19) 中山正辰：頭部臨床に関するX線解剖学的研究。東医大誌 32: 243 1974.

20) 高橋 良編：鼻副鼻腔疾患のレ線診断（その方法と解説）。第2版, 金原出版, 東京, 1970, 4頁.

21) 金子善一、他：小児副鼻腔のレ線撮影法の検討。日耳鼻 60: 1128 1957.

22) 井上恵生、他：副鼻腔撮影法の検討（第1報）。日放技 15: 97 1959.

23) Clark, K.C.: Positioning in radiography. ed 8, Ilford, London, 1967, p346.

24) 香城芳子：頭蓋型と側頭骨の計測的研究。北海

- 道医誌 33: 85 1956.
- 25) 大島光信: S状溝及ビ中頭蓋底ノ投影並ビニ其頭蓋型トノ関係ニ就イテ, 解剖誌 13: 544 1939.
 - 26) 与五沢文夫: 頭部X線規格写真による側貌における硬組織と軟組織との関連性について, 日矯歯誌 28: 33 1969.
 - 27) 飯沼寿孝, 他: ウォーターズ位における眼窩内壁のX線学的形態, 耳鼻臨床 66: 1265 1973.
 - 28) 飯沼寿孝, 他: 眼窩内壁のX線学的研究, 耳鼻臨床 67: 143 1974.
 - 29) 吉川 泰: 副鼻腔X線撮影方法論序説, 耳鼻臨床 38: 663 1942.
 - 30) 酒井俊一: 上顎癌, 第1版, 金原出版, 東京, 1974, 38頁.
 - 31) Spillman, R.: Early history of roentgenology of the sinuses. Amer J Radiol 54: 643 1965.
 - 32) 北村 武編: 耳鼻咽喉科X線写真の撮り方と読み方, 第2版, 医学書院, 東京, 1977, 21頁.
 - 33) 山本 昭: 明確なX線像を得るための手法一とくに規格X線写真について一, 日本歯科評論 444: 64 1979.
 - 34) 中村 実, 他: X線撮影手技の実際 その2 Waters氏法の検討, 東芝医療用放射線資料 55: 10 1967.
 - 35) 佐藤靖雄編: 耳鼻咽喉のX線診断, 第1版, 文光堂, 東京, 1976, 17頁.
 - 36) Etter, L.E.: Atlas of Roentgen Anatomy of the Skull. ed 2, Charls C Thomas Publisher, Springfield, 1955, p384.
 - 37) Thoma, H.T.: Oral Surgery. ed 4, vol I, Mosby Co, St Louis, 1963, p116.
 - 38) Archer, W.H.: Oral and Maxillofacial Surgery. ed 5, vol II, W B Saunders Co, Philadelphia, 1975, p1015.
 - 39) 古賀良彦編: 放射線診断学, 第2版, 南山堂, 東京, 1969, 149頁.
 - 40) 白岩俊雄, 他: 慢性篩骨蜂巢, 殊にその診断について, 治療 36: 61 1954.
 - 41) Dingman, R.O., et al.: Surgery of Facial Fractures. W B Saunders Co, Philadelphia, 1964, p74.
 - 42) Daniel, E.W.: Textbook of Practical Oral Surgery. Lea & Febiger, Philadelphia, 1972, p178.
 - 43) Converse, J.M.: Kazanjian & Converse's Surgical Treatment of Facial Injuries. ed 3, vol II, The Williams & Wilkins Co, Baltimore, 1974, p 398.
 - 44) Schürch, D.: Ueber die Beziehungen der Grössenvariationen der Highmorshöhlen zum individuellen Schädelbau und deren praktischen Bedeutung für die Therapie der Kieferhöhlenneiterungen. Arch Laryng 18: 229 1906.
 - 45) 本橋康助, 他: 頭部X線規格正貌写真の研究にあたって考慮すべき2, 3の事項について, 日矯歯誌 31: 105 1972.
 - 46) Horowitz, S.L. and Hixon, E.H.: The nature of orthodontic diagnosis. ed 1, Mosby Co, St Louis, 1966, p314.