原 著 論 文

頭部規格断層X線撮影による顎関節の 矢状断面形態に関する研究 (1 報)

早坂 正博

Morphological Study of Temporomandibular Joint in Sagittal Plane with Cephalometric Laminagraph (1st report)

Masahiro Hayasaka

Abstract : One hundred temporomandibular joints of 50 adults with normal occlusion were studied using a cephalometric laminagraph "Sectograph".

The results were as follows :

1. The mean depth of the mandibular fossa was 8.7 mm; the anteroposterior length, 19.0 mm; the anteroposterior length of the frontal area of the mandibular fossa, 10.3 mm; the anteroposterior distance at the middle level of the depth of the mandibular fossa, 10.8 mm. The frontal area of the mandibular fossa was 41.7 mm²; the rear area, 51.1 mm².
2. The salient width of the sigmoid curve of the frontal wall was 2.0 mm; the upper curve, 0.8 mm; the lower curve; 1.2 mm.
3. The inclination of the frontal wall to Frankfort horizontal line was 40.4°; the rear wall, 35.2°. The radius of the circumference on the upper curve of the frontal wall was 5.6 mm; the lower curve, 8.1 mm.
4. The salient width of the rear wall was 0.8 mm. The radius of the circumference on the rear wall was 11.6 mm.
5. The anteroposterior width of the condyle was 9.5 mm, the width of the frontal region of the condyle divided by the condylar top, 3.8 mm.
6. This study established the standard size of T.M.J. in the sagittal plane, and makes possible the detection of abnormalities. It also established the basis of mean-value articulator.

Key words : mandibular fossa, condyle, cephalometric laminagraph, sagittal plane

I. 結 論

下顎運動における後方要素としての顎関節は、運動の動力源としての咀嚼筋群と相俟って、歯学とくに補綴学分野においては、前方要素すなわち咬合面の構成に関与する因子としてすこぶる重要な研究対象である。特に、顎関節は不可視的条件下にあるため、従来の研究は pantograph に代表されるように間接投影的運動路測定に集中してきた。したがって、最も重要な顎関節の形態的構造については主に屍体および乾燥頭蓋骨を用いた報告がなされてきたが、定量的計測に関する調査は少ない。生体においてはX線的方法によりなされてきたが、ほとんどの場合 Shüller 法や Parma 法を代表とする単純撮影法でありX線像の歪に問題を有していた。一方、断層撮影法による調査は散見するに止まり、成人の正常咬合者における顎関節構造に関する報告はほとんどみられず、かつその内容も限定される。そこで、本研究の1報として著者は顎関節の規格断層撮影の目的で開発されたX線装置 Sectograph (Quint X-ray Co.) によって、特に補綴学的な立場にあっては必要不可欠な調査対象である顎関節の矢状断面構造について形態的調査を行った。

II. 研究方法

1. 頭部規格断層X線撮影装置 (Sectograph)

頭部規格断層X線撮影装置として、米国 Quint 社製 Sectograph を使用した。Sectograph は cephalograph (X線規格撮影) と laminagraph (断層撮影) との機構を合わせ持つX線撮影装置である。本 Sectograph は断層面の規格化が容易であり、比較的明瞭な規格写真が得られる。また、正座位の状態で撮影が行えるので日常生活的な咀嚼時の頭位をとらえることができる (図1)。

2. 頭部規格断層X線撮影法

1) 撮影断層面の決定

顎頭長軸と周囲組織の左右側的位置関係から算出される解剖的平均値を参考とすると同時に、顎関節撮影の基準でありかつ補綴学上重要な非作業側の顎頭の運動方向に近似で、顎頭中央を通りフィルム方向へ 15° 回転させた矢状断面を対象として撮影を行った (図2)。

撮影断層面の決定にあたっては、すでに発表した Sectograph による撮影に関する基礎的検討結果¹⁾から解剖的計測基準に準じた顎頭中央部指定法、すなわち頬

図1 頭部規格断層X線撮影装置 Sectograph

図2 撮影断層面

部表面計測による頬骨弓幅の $1/2$ より 18 mm を減じた値を、正中より顎頭の頬舌側の中央までの垂直距離とする方法が、妥当性のある技法として確立しているので本研究においても同方法をとった。

2) 頭部の定位と固定

撮影側をフィルム面に対面するように被験者に撮影用椅子に通常の座位の姿勢をとらせた。また、頭部の固定にあたっては両側外耳道に ear rod を挿入し、前後的あおりの固定にあたっては眼窩下部に接触する補助固定装置を用いた。これにより左右 ear rod 基部下縁および眼窩下点を含む平面を水平に定位させた。

3) 撮影条件

X線管球は焦点が $1.0 \times 1.0 \text{ mm}^2$ 、焦点フィルム間距離は 1,670 mm、フィルム—断層面間距離は平均 96 mm、管電圧は 76 kV_p、管電流は 100 mA、照射時間は 1.5 秒、フィルムはさくら A タイプ、増感紙は東芝 EM、有効管球移動角度は 15° である。

撮影後のフィルム処理にあたっては、さくら VX 400 自動X線フィルム現像機を使用して 90 秒間ですべての処理を行った (図3)。

図 3 Sectogram の一例

3. 精度検定および拡大率

1) 撮影断層面位の精度

Sectograph の撮影断層範囲は頭部正中よりフィルム側方向へ 0~100 mm, 管球側方向へ 0~70 mm である。顎関節の撮影にあたっては, 左右いずれの場合にあってもフィルム側方向である。断層撮影における断層面の精度は常に問題視されてきたが, 撮影装置に表示されている断層深度指標の値と実際に撮影された断層面の位置の誤差についてはすでに基礎的検討を行っており, Sectograph において使用頻度の最も高いと思われるフィルム方向 54 mm 付近にあつては, 指示位置のフィルム方向へのずれは 1.7 mm, 断層厚径半値幅 3 mm である¹⁾。なお, 各被験者の両顎頭中央間距離は 108.4 ± 5.7 mm である。

2) 写真像の歪

すでに一連の基礎研究で検討を行っており, 直径 50 mm のパイプに薄い鉛のホイルを貼付し被験者の撮影と同一条件で断層撮影時における円の歪率は $\pm 0.3\%$ である¹⁾。

3) 拡大率

本撮影法における拡大率は焦点フィルム間距離 1,670 mm, 焦点顔面正中間距離 1,520 mm, 断層撮影時における指示位置のフィルム方向へのずれによって算出できる。本研究の拡大率は 1.061 ± 0.002 であった。しかし, 本研究においては臨床上の頻用性を考えてあえて拡大率の補正は行わず, データの処理はすべて X 線フィルム上のものとして行った。

4. 被験者, 被験顎および撮影顎位

本研究においては歯列, 咬合状態および歯周組織が正常であり, 第 3 大臼歯以外の歯の欠如を認めず, 充填物は小窩裂溝部に止まり, 臨床的な診査において咀嚼筋群

図 4 関節窩の大きさ測定法

Fd: 関節窩の深さ, Ff: 関節窩の前後径, Ff: 関節窩前方域の前後径, Fm: 深さの中間位における前後径, F area: 関節窩全域の矢状断面積, Ff area: 関節窩前方域断面積, Fr area: 関節窩後方域断面積

あるいは顎関節の異常を認めない 18~29 歳まで平均 23 歳の男女 50 名を被験者とした。また, 被験側は各被験者の左右 100 側であり, 撮影顎位は咬頭嵌合位である。

5. トレーシング方法および digitizer の通常使用範囲内における基準点の input 誤差

規格断層 X 線写真 sectogram について, Nikon 社製 profile projector V-12 を用い 10 倍大のトレーシングを行い計測原図とした。また, 咬頭嵌合位における T.M.J. の形態を digitizer 上においてトレーシングを行い, NEC 社製 PC 9801 F3 により記録させた。計測基準点の input にあつては, 座標点の通常標示は 6 桁数によって行われるので input 時の検者の data 投入精度が誤差を左右する因子となるが, この点に関してはすでに基礎的検討を行っており, 研究上必要十分な精度を有することが判明している²⁾。

6. 測定対象

1) 関節窩の形態

関節窩と顎頭の形態および顎頭の位置の調査にあつては, 水平基準としては F.H.L. を, またこれに直交する垂直軸を側方基準とした。なお, 上方限界は関節窩最高点であり, 下方限界は前方結節の最下点を通り F.H.L. に平行な線である。したがって上方限界点は関節窩および顎頭位計測の原点である。

(1) 関節窩の大きさ

図 5 関節窩前壁の形態測定法

fWl: 関節窩最高点と関節窩前方最下点の距離, fWlu: 上部湾曲の長さ, fWd: 前壁 S 状湾曲の突出距離, fWdu: 上部湾曲の突出距離, fWdl: 下部湾曲の突出距離, fWθ: F.H.L. と fWl の角, rad. fuW: 前壁上部湾曲外接円の半径, rad. fW: 下部湾曲外接円の半径

関節窩の深さ Fd, 前後径 Fl, 関節窩前方域の前後径 Flf, および Fd の中間位における前後径 Flm, さらに関節窩全域の矢状断面面積 F area, 関節窩前方域 Ff area, 関節窩後方域 Fr area の計測を行った (図 4). なお, 本研究における面積の測定には Buehler 社の image analyzer を使用した. image analyzer の面積測定時の通常測定被写体比率における計測値の最大値最小値差は 0.03% である.

(2) 関節窩前壁の形態

関節窩最高点と関節窩前方最下点の距離 fWl を計測

図 6 関節窩後壁の形態測定法

rWd: 後壁湾曲部の突出距離, rWθ: F.H.L. と後壁基準線の角, rad. rW: 後壁上半部湾曲外接円の半径

した. また, fWl と前壁 S 状湾曲との交叉によって前壁は上部湾曲と下部湾曲に分けられる. この上部湾曲の長さ fWlu を計測した (図 5). また, fWl を基準とした場合の S 状湾曲の突出距離 fWd, 上部突出距離 fWdu および下部突出距離 fWdl を計測した (図 5). 一方, 下顎の前方および側方運動時における顎頭の前方向への運動に影響をあたえる前壁の解剖的傾斜角度としては F.H.L. と fWl の角 fWθ を計測した (図 5).

さらに関節窩前壁の形状については上部湾曲と下部湾曲とに分けて計測を行った. すなわち上部湾曲については fWlu の中央部 1/3 範囲の上限点, 中央点および下限点と fWlu の上方点および下方点それぞれによって構成される三角形の外接円を digitizer 上で基準点入力を行い computer 演算によって radius を求め 3 者の平均値をもって上部湾曲外接円の半径 rad. fuW とした. 下部湾曲についても上部湾曲と同様の方法によって rad. fW をもとめた (図 5).

(3) 関節窩後壁の形態

関節窩後壁の形態調査の基準としては関節窩最高点と関節窩の上下の 2 等分線 Flm と後壁曲線とが交わる点を結んだ線とした. したがって, 後壁の形態調査は前壁と異なり上半部のみとなる.

上記基準に従い各種計測を行った. 後壁湾曲部の空出距離 rWd および F.H.L. と後壁基準線の角 rWθ を計測した (図 6). 後壁湾曲の形状については前壁と同様, 湾

曲部の中央 1/3 範囲の上限点, 中央点および下限点それぞれと関節窩最高点および下方点とによって構成される三角形の外接円の半径の平均値 $\text{rad. } rW$ をもとめた (図 6).

2) 顎頭の形態

特に基準が存在しない顎頭の上下的範囲の表示については, 顎頭範囲の概念把握を目的として 10 例 20 側の sectogram の 2 倍大トレース原図について, 10 名の検者に顎頭範囲の表示を命じ顎頭下方限界の概念把握に関する基礎的検討を行い, 顎頭頂点から 10 mm 下方に顎頭底線が集中する結果を得たので, 顎頭頂より下方 10 mm までを顎頭と定めた (図 7). 顎頭底の前後径 Cw , および顎頭頂の前後的位置の表現として顎頭底における顎頭頂投影位置により 2 分された前方区分距離 Cwf を計測した (図 8). また, 顎頭全域の矢状断面積 $C \text{ area}$ と顎頭底の中点を通り F.H.L. に垂直な直線によって顎頭前方域と後方域に分け, 顎頭前方断面積 $Cf \text{ area}$ および顎頭後方断面積 $Cr \text{ area}$ の計測を行った (図 8).

図 7 顎頭範囲上下径の概念

図 8 顎頭の形態測定法

Cw : 顎頭底の前後径, Cwf : 顎頭底における顎頭頂投影位置により 2 分された前方区分距離, $C \text{ area}$: 顎頭全域の矢状断面積, $Cf \text{ area}$: 顎頭前方断面積, $Cr \text{ area}$: 顎頭後方断面積

III. 研究結果

研究方法において述べた関節窩および顎頭の形態的調査結果は下記のとおりである。

1. 関節窩の形態

1) 関節窩の大きさ

関節窩の大きさとしては, 関節窩の深さ Fd , 前後径 Fl , 関節窩前方域の前後径 Flf , Fd の中間位における前後の距離 Flm および関節窩全域の矢状断面積 $F \text{ area}$, 前方域断面積 $Ff \text{ area}$, 後方域断面積 $Fr \text{ area}$ の計測を行った。

この結果, Fd は最大値 11.9 mm, 最小値 5.7 mm, 平均値 8.7 mm, SD 1.2 mm であった。 Fl は最大値 22.8 mm, 最小値 14.8 mm, 平均値 19.0 mm, SD 1.6 mm であった。 Flf は最大値 13.8 mm, 最小値 7.0 mm, 平均値 10.3 mm, SD 1.4 mm であった。 Flm は最大値 13.0 mm, 最小値 9.1 mm, 平均値 10.8 mm, SD 1.0 mm であった (図 9)。

また, $F \text{ area}$ は最大値 147.8 mm², 最小値 52.5 mm², 平均値 92.8 mm², SD 17.8 mm² であり, $Ff \text{ area}$ は最大値 69.2 mm², 最小値 24.7 mm², 平均値 41.7 mm², SD 8.7 mm² であり, $Fr \text{ area}$ は最大値 85.7 mm², 最小値 27.8 mm², 平均値 51.1 mm², SD 12.8 mm² であった

図 9 関節窩の大きさ測定結果

Fd : 関節窩の深さ, Fl : 関節窩の前後径, Flf : 関節窩前方壁の前後径, Flm : 深さの中間位における前後径

図 10 関節窩の大きさ測定結果

F area: 関節窩全域の矢状断面面積, Ff area: 関節窩前方域断面面積, Fr area: 関節窩後方域断面面積

図 11 関節窩の形態測定結果

fWl: 関節窩最高点と関節窩前方最下点の距離, fWlu: 上部湾曲の長さ

(図 10).

2) 関節窩前壁の形態

関節窩前壁の形態としては, 関節窩最高点と関節窩前方最下点の距離 fWl, 上部湾曲の長さ fWlu, 前壁 S 状湾

図 12 関節窩の形態測定結果

fWd: 前壁 S 状湾曲の突出距離, fWdu: 上部湾曲の突出距離, fWdl: 下部湾曲の突出距離, rWd: 後壁湾曲部の突出距離

図 13 関節窩の形態測定結果

fWθ: F.H.L. と fWl の角, rWθ: F.H.L. と後壁基準線の角

曲の突出距離 fWd, 上部突出距離 fWdu, 下部突出距離 fWdl, および F.H.L. と fWl の角度 fWθ の計測を行った。また, 上部湾曲外接円の半径 rad. fuw と下部湾曲外接円の半径 rad. flw をもとめた。

この結果, fWl は最大値 17.1 mm, 最小値 10.4 mm, 平均値 13.6 mm, SD 1.3 mm であり, fWlu は最大値 9.2 mm, 最小値 3.0 mm, 平均値 5.4 mm, SD 1.3 mm であった (図 11)。fWd は最大値 3.0 mm, 最小値 0.2 mm, 平均値 2.0 mm, SD 0.5 mm であり, fWdu は最大値 1.4 mm, 最小値 0.1 mm, 平均値 0.8 mm, SD 0.2 mm であり, fWdl は最大値 2.3 mm, 最小値 0.1 mm,

図 14 関節窩の形態測定結果

rad. fuW: 前壁上部湾曲外接円の半径, rad. flW: 下部湾曲外接円の半径, rad. rW: 後壁上部湾曲外接円の半径

平均値 1.2 mm, SD 0.4 mm であった (図 12).

また, $fW\theta$ は最大値 53.8° , 最小値 29.0° , 平均値 40.4° , SD 5.6° であった (図 13).

rad. fuW は最大値 15.0 mm, 最小値 2.6 mm, 平均値 5.6 mm, SD 1.8 mm であり, rad. flW は最大値 18.3 mm, 最小値 3.9 mm, 平均値 8.1 mm, SD 2.2 mm であった (図 14).

3) 関節窩後壁の形態

関節窩後壁の形態としては, 関節窩後壁湾曲部の突出距離 rWd , 関節窩後壁基準線と F.H.L. との角 $rW\theta$ の計測を行った. また前壁と同様に, 関節窩後壁上半部湾曲外接円の半径 rad. rW をもとめた.

この結果, rWd は最大値 1.6 mm, 最小値 0.4 mm, 平均値 0.8 mm, SD 0.2 mm であった (図 12). $rW\theta$ は最大値 43.2° , 最小値 26.0° , 平均値 35.2° , SD 3.7° であった (図 13). また, rad. rW は最大値 36.7 mm, 最小値 4.8 mm, 平均値 11.6 mm, SD 5.4 mm であった (図 14).

2. 顆頭の形態

顆頭の形態としては, 顆頭頂より下方 10 mm までを顆頭と定め, 前後径 Cw, 顆頭頂の前後的位置すなわち顆頭底における顆頭頂の投影位置により 2 分された前方区分距離 Cwf, 顆頭全域の矢状断面積 C area, さらに顆頭前方域断面積 Cf area, 顆頭後方域断面積 Cr area の計測を行った.

この結果, Cw は, 最大値 13.2 mm, 最小値 6.0 mm, 平均値 9.5 mm, SD 1.4 mm であり, Cwf は最大値 7.6 mm, 最小値 0.3 mm, 平均値 3.8 mm, SD 1.6 mm であった (図 15). また, C area は最大値 107.6 mm^2 , 最小値 52.7 mm^2 , 平均値 79.9 mm^2 , SD 10.0 mm^2 であり, Cf

図 15 顆頭の形態測定結果

Cw: 顆頭底の前後径, Cwf: 顆頭底における顆頭頂投影位置により 2 分された前方区分距離

図 16 顆頭の形態測定結果

C area: 顆頭全域の矢状断面積, Cf area: 顆頭前方域断面積, Cr area: 顆頭後方域断面積

area は最大値 57.4 mm^2 , 最小値 15.7 mm^2 , 平均値 43.1 mm^2 , SD 7.7 mm^2 であり, Cr area は最大値 58.9 mm^2 , 最小値 19.0 mm^2 , 平均値 36.8 mm^2 , SD 8.7 mm^2 であった (図 16).

IV. 考 察

1. 研究方法について

顎関節は関節窩および顆頭と両者の間に介在する関節

円板および周囲組織から構成されており、複雑な下顎運動の形態的支配を行っている³⁻⁵⁾。したがって、歯科分野とりわけ補綴学においては顎関節の形態的構造に関する研究は必要不可欠のものであり、つとに重要視されなければならないと考える。

顎関節の解剖学的研究は 1740 年の Monro, Ferrein らに始まるといわれ、Aprile and Saizer⁶⁾ が屍体における調査によって顎関節の骨、筋、靱帯、関節囊などの各種構造が側方運動に及ぼす影響を報告して以来下顎運動と関連した解剖学的研究が進められた。Posselt⁷⁾、Årstad⁸⁾、Brekke⁹⁾ らは下顎の後退位や後方限界運動を規制する解剖学的構造について、Zola¹⁰⁾ は骨形態と顎頭運動との関係について、Rees¹¹⁾ は関節円板の動きについて、Landa¹²⁾ は関節囊および関節窩が Bennett movement にどのように関与するかを観察し報告した。また、Boucher¹³⁾ も後方限界運動を規制する解剖学的構造について検討している。以上の他にも下顎運動と関連させた解剖学的研究業績は多数を数えるが、顎関節の形態的構造の研究は比較的少なく、特に定量的計測に関する調査は少数に止まる。

顎頭の形態的構造に関する研究の初期においては、下顎骨全体としての計測観察の報告が主流をなし、顎頭そのものに関しては長軸の長さや角度の調査に限られていた。本邦における最初の顎頭の肉眼的形態調査は植田¹⁴⁾ により報告された。また、鎗木^{15,16)} は成人日本人下顎骨顎頭の形態と大きさの計測を行うと同時に顎頭の発育に関しての調査も行った。関節窩に関するはじめての研究は岩田¹⁷⁾ による形態分類に関するものであるが、近年になって小池¹⁸⁾ は関節窩の発育に関して歯牙萌出時期を 7 期に分けて関節窩各部についての計測を行い、森永¹⁹⁾ は関節窩各部の形態を観察し有歯顎と無歯顎の形態的差異を明らかにした。飯田²⁰⁾ は関節円板、関節結節、関節窩、顎頭の軟骨の厚さと広がりならびに顎頭の位置について有歯顎と無歯顎との比較検討を行い、黒田²¹⁾ は顎頭と関節窩の間に弾性印象材を挿入し、咬頭嵌合位および側方運動時の顎頭位の変化を観察すると同時に歯牙萌出の型による発育変化を追及している。以上のように、上條らによる一連の乾燥頭蓋骨に関する研究は完結をみたものと考えるが、臨床的立場においては当該患者の顎関節の構造を知ることが必須条件となるので、乾燥頭蓋骨に関する解剖的調査結果を参考資料とした生体における顎関節構造の調査方法が不可欠の技法としてとりあげられなければならない。

従来から、顎関節の X 線撮影技法に関しては種々な撮

影装置および撮影術式が考案され、顎関節の構造および顎頭の位置や運動などの研究面とともに顎関節症を中心とする臨床診断面から多くの報告がもたらされている。なかでも単純撮影法²²⁻³³⁾ は最も頻用されているものであり、側方向、軸方向および前後方向など各方向からの撮影法が行われてはいるが、撮影像の歪が大きく各部間の位置関係が不確定的である。頭部規格撮影法による調査^{34,35)} は有力な方法であるが、従来の大範囲の装置による撮影においては小範囲の顎関節部における像の鮮鋭度に決定的な難点がある。断層撮影法特に一般医用仕様の大範囲撮影装置によるものにおいては、患者の撮影時姿勢にも非日常的位置が要求されるとともに規格性に重大な欠点を有しており、パントモグラムによる方法^{36,37)} は両側顎関節を同時に調査しうる利点があるが、単純撮影法と同様撮影像に歪を生ずる。これらの撮影法にはそれぞれに不可避の欠点があり、歪率および鮮鋭度の各条件を満たすにはいたっていない。このような現況にあって、顎関節の形態および顎頭の位置に関する研究を推進するうえで、諸条件を満たす最も有利な方法は顎関節専用の小範囲規格断層撮影法であると考える。

頭部規格断層 X 線撮影装置 Sectograph は、日常的な座位の状態で撮影することができると同時に撮影方向の規格性、断層面の一定化および映像の鮮鋭度などの面で優れていることはもとより、フィルム面での空中線量が付加フィルターの使用により 280 mR と少ないことなどの利点を有しており、研究のみならず臨床上すこぶる有意義でありかつ実利性に富む^{1,2,38-49)}。

顎関節形態の調査を行った Ricketts⁵⁰⁾、河野⁵¹⁾、中尾⁵²⁾、白土⁵³⁾ らは基準平面から各計測点までの距離と角度を計測しており、関節窩そのものの形態としては前後のおよび上下の距離、前壁の傾斜角度などの計測がなされているにすぎない。そこで本研究においては S 状形態を呈する前壁および後壁を客観的に表現するため突出距離、湾曲外接円の半径および S 状形態変曲点の位置などの多角度からの調査、さらに関節窩と顎頭の矢状断面積の計測を行った。

本研究の目的とするところは、日常の診療行為における下顎運動に関する必須要素としての顎関節の形態構造の把握により咬合器の矢状顎路計測の資料となり、ひいては平均値咬合器の基準あるいは是非に関する資料ともなり、また full balanced occlusion における人工歯咬合面の形態的構造の基本的情報源として補綴物の合理的構成に寄与するものと考える。

2. 関節窩の形態について

従来の関節窩の形態調査にあっては、主として関節窩前壁と前方滑走運動時および側方滑走運動時非作業側における顎頭運動との関連性について論議されてきた。Berry and Hofmann⁵⁴⁾は顎頭は関節窩内で上下的に自由度を有しジグザグ運動をするとしている。また、Jankelson⁵⁵⁾は顎頭は関節包、関節靱帯および筋肉による制限内で自由な運動を行いうるとし、Sears⁵⁶⁾は臨床的立場で顎関節の自由度を認めている。このように関節窩の形態と顎頭運動との関連性を否定した報告がみられるが、一方では多くの肯定的な報告がなされてきた。すなわち上條⁵⁷⁾や河村^{58, 59)}は、関節窩前壁部分の骨が厚く緻密であり硬く関節窩前方部分の表面は繊維性軟骨でおおわれており、下顎を介して加えられる強い力に抵抗できるような構造を有することより下顎運動と関連することを推定している。大石⁶⁰⁾は各種顎関節運動時にあたって顎頭は、関節包の作用により関節円板を介して常に関節窩と接触を保ち両者が離開しえないことにより、顎関節運動はその解剖学的構造と密接な関係がありこれに規制されていることを確認したとしており、Zola¹⁰⁾、Rees¹¹⁾らも解剖学的立場から同様な報告を行っている。また、咬合挙上装置装着による顎頭位の変化を調査した清野²⁾によると顎頭の運動方向性に関しての自由度は著しく制限を受けているとしている。白土⁵³⁾は顎頭の最前方接触位までの動きは関節結節の形態と関連があるが、切端咬合位までの動きとは関連がなかったと報告している。また、高橋^{61~63)}はX線写真像を情報源として関節窩の形態表現を合わせも顎頭の連続移動像の開発を行い、関節窩前壁傾斜度と切端咬合位までの前方運動時矢状顎路傾斜度の間には強い相関関係が存在するとし、側方運動時非作業側ならびに前方運動時におけるほとんどの場合にあっては顎頭の挙動が関節窩前壁の影響を受けるとしている。このように関節窩前方部の形態調査に関しては多くの報告がなされてきたが、後方部の形態に関しては従来より等閑視されてきたといえる。大石⁶⁰⁾は顎頭後方部の関節円板と関節窩後上壁の骨が顎頭の後方移動を制限していることを、川畑⁶⁴⁾は後退限界まで顎頭を移動しさらに後退させようとすると、その接触部を中心に回転することを報告している。また、南⁶⁵⁾はretruderの使用により顎が反発し後退状態の良くない症例のあることを、臼田⁶⁶⁾もまた同傾向のある症例が認められたことを報告している。これらの結果は後方運動時顎頭は切歯部と同調し後方および後上方へ移動するが、さらに力が加わると関節窩後壁をなぞるような運動

がなされることを示唆しているものと考えられる。このような状況にあっては関節窩後壁の形態に関する調査も、前壁と同様重要視されなければならない。

1) 関節窩の大きさについて

関節窩について森永¹⁹⁾は長さ25mmの前縁を底とし18mmの内外縁を2辺とする尖を後方に向けた二等辺三角形に類似した形態を示し、関節窩底より関節結節中央までの高さは有歯顎で右側6.38mm、左側6.04mmであると報告している。田母神⁶⁷⁾の調査結果は男性右側8.3mm、左側8.1mm、女性右側7.1mm、左側6.3mmであり、河野⁵¹⁾は関節結節頂および関節窩底を基準点として、両点の咬合平面に対する垂直距離を関節窩の深さとし7.2mmと報告している。白土⁵³⁾はF.H.L.から関節結節頂、関節窩底までのそれぞれの垂直距離を計測しているがこれらの和は河野⁵¹⁾のいう関節窩の深さにあたり6.5mmである。また、中尾⁵²⁾は男性右側7.32mm、左側7.82mm、女性右側7.17mm、左側7.14mmであり、Ricketts⁵⁰⁾は7.4mm、古谷⁶⁸⁾は7.40mmと報告している。

本研究においては、F.H.L.を基準として関節窩最高点と最下点の上下的な距離Fdの測定を行った。その結果は8.7mmでありいずれの報告よりも大きな値を示したが、この計測値差は調査方法、計測基準点および撮影断面の違いによるものと考えられる。また、Fdはほとんどの計測対象と相関関係が認められ、特に相関係数が0.60以上の強い相関関係を示した測定対象はFf area、F area、fWl、fWd、fWθおよびrWθであった。なお、本研究における統計的処理は計測値から平均値、標準偏差および各測定値間の平均値の有意差検定を行い有意水準5%で検定した。また、各測定項目間の相関係数値を算出し同様に有為水準5%で検定を行った。

関節窩の前後径に関して田母神⁶⁷⁾は男性右側19.3mm、左側19.2mm、女性右側17.5mm、左側18.0mmであると報告している。古谷⁶⁸⁾は17.75mmである。本研究ではFlに相当し19.0mmでありほぼ田母神⁶⁷⁾の値と一致している。Flと相関係数が0.60以上の強い相関関係を示した測定対象はFlm、fWl、Ff areaおよびF areaであった。

本研究においては関節窩前方域の大きさの表現として前後径Flfの測定を行い、その結果は10.3mmであった。Flfとの相関係数が0.60以上を示した測定対象はFl、fWl、fWθおよびFf areaであった。FlfとFlとは相関係数0.63を示し、Flfが関節窩の前後径の概略的比較に利用できるものと考えられる。白土⁵³⁾はPoから関

節結節頂までの距離と関節窩底までの距離を計測し、前者から後者を減じた値は 9.8 mm で著者の計測値より 0.5 mm 小さい。中尾⁵²⁾もまた前方域の前後径を計測しており、男性右側 9.79 mm、左側 9.29 mm、女性右側 9.28 mm、左側 9.27 mm であり著者の計測値よりやや小さい。河野⁵¹⁾は関節窩後方域の X 線像が不明確であるため、関節窩の前後的な大きさをより忠実に表わすものとして、関節窩の深さの中間位の幅をもって関節窩前後径として 9.7 mm であると報告している。本研究にあって Flm は 10.8 mm であった。また、Flm と Fl は相関係数 0.64 であり個体間の概略的比較にあっては Flf と同様、Flm も関節窩の前後径を代表することが可能なことを示している。さらに本研究にあっては関節窩全体の形態把握のため関節窩全域の矢状断面積 F area、前方域断面積 Ff area および後方域断面積 Fr area の計測を行った。従来の研究にあってはこれら断面積の計測はほとんど行われていない。特に空隙あるいは顎関節の特定部分の大きさの表示は前後径と深さのみにより表現されてきたが、断面積等の計測を行うことによって各部の大きさの全体像がより明瞭になったものと考ええる。

この結果、F area は 92.8 mm²、Ff area は 41.7 mm²、Fr area は 51.1 mm² であった。また、Fl area と Fr area との平均値差は 9.4 mm² であり、さらに関節窩全域に対する前方域の割合 Ff area/F area は 0.45 である。また、関節窩全域に対する後方域の割合 Fr area/F area は 0.55 である。これらの結果より前方域と後方域の比は 9:11 で後方域がより大きい。前方域前後径と後方域前後径（関節窩前後径から前方域前後径を減じた値）の比は 5:4 であり前後径のみからは前方域前後径がより長いことを知れた。

また、Fd/Fl は 0.46、Flm/Fl は 0.57、Fd/Flf は 0.87 であった。すなわちこれらの結果は関節窩前後径と深さの比は 5:2 から 2:1、関節窩底前後径と中間位前後径の比は 2:1 から 5:3、関節窩前方域前後径と深さの比は 10:7 から 1:1 であることを示しており、関節窩の概形が理解できたものと考ええる。

2) 関節窩前壁の形態について

関節窩前壁は前下方に傾斜した S 状形態を呈しており、補綴学的分野においては先に述べたように前方滑走運動時および側方滑走運動時非作業側における顎頭運動との関連性が強いとして重要視されてきた。Ricketts⁵⁰⁾は F.H.L. と前壁斜面のなす角度を測定し 54° であると報告し、中尾⁵²⁾も同様に関節窩前壁の接線のなす角度は男子右側 57.35°、左側 60.05°、女子右側 57.78°、左側

59.55° であるとし、白土⁵³⁾も前壁中点における接線のなす角度は 54.7° と報告している。一方、河野⁵¹⁾は咬合平面を基準とし前壁の中央付近の直線部分のなす角度は 55.7° と報告している。このように前壁と顎頭運動との関連性を検討するうえでは、前壁中央部付近の接線を基準とした角度の計測は合理的であると考えられるが、接線の設定方法の違いによっては客観性を欠く要素があり、咬合器の調節作業上においても普遍性に問題が生じるものと思われる。

本研究にあってはその目的が関節窩前方部の統合的な形態把握にあるので、関節窩最高点と最低点を結んだ線の F.H.L. に対する傾斜角度について調査を行い概略的な形態条件の取得につとめ、その結果は 40.4° であった。森永¹⁹⁾は関節窩窩底中央と関節結節中央を結ぶ線が眼耳平面となす角度は右側 35.68°、左側 35.60° であると報告し、小池¹⁸⁾は永久歯出齦完了時における関節結節と窩底中央結合線の F-H 平面となす角は 32° であると報告しており、これら乾燥頭蓋骨上における報告にあってはいずれも本研究結果に比較して小さな値を示した。このような測定値差はいわゆる生体と乾燥骨との相違の一端を示しているものと考えられる。このように関節窩前壁に関する調査は基準平面に対する前壁の傾斜角度の計測がほとんどであり、S 状形態そのものに関するものはほとんどみられない。

そこで著者はまず第一に、関節窩最高点と関節窩前方最下点の距離 fWl の計測を行った。その結果は 13.6 mm であった。森永¹⁹⁾は関節窩底中央より関節結節中点までの湾曲形態を、後方への凸湾程度により分類し凸湾底辺より 2 mm 以上のもの 10%、1.5~1.9 mm のもの 30%、1.0~1.4 mm のもの 30%、0.5~0.9 mm のもの 25%、ほぼ直線のもの 3.7% であったと報告している。本研究における前壁 S 状湾曲の突出距離 fWd は 2.0 mm であり、森永¹⁹⁾とほぼ同値であると考ええる。著者はさらに、fWl と関節窩前壁 S 状曲線との交叉により S 状湾曲を上部湾曲と下部湾曲に分け、それぞれの突出距離である上部突出距離 fWdu および下部突出距離 fWdl を計測した。fWdu は 0.8 mm、fWdl は 1.2 mm であった。また、fWdu と fWdl は相関関係を認めることはできないが、fWdl と fWd は相関係数 0.87 と強い相関関係を認めえた。これらの結果は、突出距離を下部突出距離 fWdl により表現出来ることを示している。関節窩前壁 S 状曲線変曲点の位置すなわち上部湾曲の長さ fWlu は 5.4 mm であり、fWlu と fWl の比 fWlu/fWl は 0.40 であった。これらの結果から、関節窩前壁 S 状曲線変曲点は

fW1 の上方 1/3 の点より前下方ほぼ 1 mm の位置に存在することが判明した。つぎに本研究にあっては上部湾曲外接円の半径 rad. fuW と下部湾曲外接円の半径 rad. flW をもとめた。この結果 rad. fuW は 5.6 mm, rad. flW は 8.1 mm であり、両者には有意差を認め、かつ相関関係を認めなかった。上條⁵⁷⁾は関節結節の湾曲半径は 5~15 mm であると述べているが、これは rad. flW に相当するものと思われ、本研究の結果は上條の計測値範囲に含まれた。これらの計測結果は fWθ, fWd および fWlu の計測結果とともに S 状を呈する関節窩前壁の形態的特徴を具体的に表現できるものと考ええる。

3) 関節窩後壁の形態について

F.H.L. と関節窩後壁基準線の角 rWθ は 35.2° であり、関節窩前壁基準線と F.H.L. の角 fWθ との差は 5.2° で両者間に有意差を認め、かつ相関関係は認めなかった。また、関節窩後壁上半部外接円の半径 rad. rW は 11.6 mm, rad. fuW との相関係数は -0.182 であり相関関係を認めなかった。すなわち、関節窩前壁上部湾曲と関節窩後壁の湾曲とは同種湾曲であるにもかかわらず相関性がないことを示し、前壁と後壁の湾曲の違いを明瞭に表現しているものと思われる。一方、後壁湾曲部突出距離 rWd は 0.8 mm であり、前壁上部湾曲部の突出距離と近似の値を示し突出距離のみからは同量の結果をうかがわせた。また、rWd と fWd, fWdu, fWdl の相関係数はそれぞれ 0.38, 0.28, 0.28 でありお互いに微妙な相関関係にあるものと思われる。

3. 顎頭の形態について

顎頭の形態に関する調査は歯学にあっては、すこぶる重要と考えられるがそれらに関する報告は今日まで比較的少ない。植田¹⁴⁾は顎頭矢状形態を 5 型に分類し円形 58.5%, 屋状形 17.9%, 尖円形 17.0%, 平坦形 3.8%, 槍頭形 2.4% であったとし、高久⁶⁹⁾は矢状形態を 3 型に分類し人示指頭型 72%, 塊型 14%, 尖鋭頭 13% であったとし、鶴見⁷⁰⁾は凸形 75%, 平坦形 17.5%, 凹形 7.5% であったと報告している。このように顎頭形態に関する調査は、顎頭をいくつかの形態に分類しその頻度の調査が主流をしめてきたが、これは定量的に顎頭形態を表現することが不可能であったからであり、顎頭の計測は前後程度が行われるのみであった。そこで著者は顎頭前後径 Cw, 顎頭頂の前後的位置すなわち顎頭底における顎頭頂の投影位置により 2 分された前方区分距離 Cwf, 顎頭全域の矢状断面積 C area, 顎頭前方域断面積 Cf area および顎頭後方域断面積 Cr area の計測を行い、

顎関節矢状断面形態に関する数量的把握を行ったものである。Cw は 9.5 mm であった。乾燥下顎骨を計測した小山⁷¹⁾は男性 9.21 mm, 女性 8.87 mm, 黒田²¹⁾は右側 8.38 mm, 左側 8.66 mm, 大森⁷²⁾は 9.6 mm と報告している。また、X線写真による計測を行った蓮見³¹⁾は 8.59 mm, 鳥海²⁶⁾は右側 8.8 mm, 左側 8.7 mm であったと報告している。このような研究者間の多少の計測値の異なりは研究方法、被験者、測定部位などの違いによるものと考えられるが本研究にあっては小山⁷¹⁾と大森⁷²⁾の計測値の中間値を示した。一方、Cwf は 3.8 mm, Cwf と Cw の比 Cwf/Cw は 0.39 であり、明らかに顎頭頂は前方に偏位していることが判明した。また顎頭頂投影位置により 2 分される前方区分距離と、後方区分距離の比は 1:2 であり顎頭頂位の理解の一助となるものと考ええる。つぎに関節窩と同様に、顎頭各部の大きさの把握のため断面積の計測を行った。C area は 92.8 mm², Cf area は 43.1 mm², Cr area は 36.8 mm² であり、Cf area と Cr area の差は 6.3 mm² であった。また、顎頭全域に対する顎頭前方域の割合 Cf area/C area は 0.54 であり、顎頭全域に対する顎頭後方域の割合 Cr area/C area は 0.46 である。これらの結果、前方域と後方域の比は 11:9 を示し、前方域が大きなことが判明した。したがって、前方域と後方域の比および顎頭頂の位置すなわち顎頭頂投影位置により 2 分される前方区分距離と、後方区分距離の結果から顎頭の概形が理解できたと考える。また、Cw と Cwf の相関係数は 0.70 であり顎頭頂の位置の比例的定位性を示し、また Cw と C area の相関係数は 0.84 であり顎頭全域の面積に Cw が大きく関与していることが判明した。

以上の関節窩および顎頭の本研究結果から、T.M.J. の矢状断面内の形態的基準が確立し、解剖学的形態異常の指摘が可能となり、さらに平均値咬合器(解剖的咬合器)の基準資料が得られたものと考ええる。

V. 結 論

正常な咬合を有する成人 50 名の左右側 100 例を対象として、頭部規格断層X線撮影装置 Sectograph を使用し、顎頭の頬舌側の中央を通る矢状断面における関節窩および顎頭の形態的調査を行った。その結果は次の通りである。

1. 関節窩の深さは平均値 8.7 mm, 前後径は 19.0 mm, 関節窩前方域の前後径は 10.3 mm, 関節窩の深さの中間位における前後径は 10.8 mm であり、関節窩前

後径に対する深さの比は 0.46, 前方域前後径に対する深さの比は 0.84, 関節窩前後径に対する中間位前後径の比は 0.57, 前方域前後径に対する後方域前後径の比は 0.84 であった。また, 関節窩全域の矢状断面積は 92.8 mm², 前方域断面積は 41.7 mm², 後方域断面積は 51.1 mm² であった。

2. 関節窩最高点と関節窩前方最下点の距離は 13.6 mm, 上部湾曲の長さは 5.4 mm であり, 関節窩前壁 S 状曲線変曲点は関節窩最高点と関節窩前方最下点の距離の上方 1/3 の点より前下方は 1 mm に位置することを知り得た。また, 前壁 S 状湾曲の突出距離は 2.0 mm, 上部突出距離は 0.8 mm, 下部突出距離は 1.2 mm, F.H.L. と前壁基準線の角度 (解剖的角度) は 40.4°, 上部湾曲外接円の半径は 5.6 mm, 下部湾曲外接円の半径は 8.1 mm であった。

3. 関節窩後壁湾曲部の突出距離は 0.8 mm, F.H.L. と後壁基準線の角度は 35.2°, 後壁上半部湾曲外接円の半径は 11.6 mm であった。

4. 顎頭の前後径は 9.5 mm, 顎頭底における顎頭頂の投影位置により 2 分された前方区分距離は 3.8 mm であり, 顎頭底前方区分距離と後方区分距離の比は約 1 : 2 であった。また, 顎頭全域の矢状断面積は 79.9 mm², 顎頭底部を 2 等分した場合における前方域断面積は 43.1 mm², 後方域断面積は 36.8 mm² であった。

稿を終えるにあたり, ご指導とご懇篤なご校閲を賜った, 城西歯科大学 歯科補綴学第 1 講座 柳生嘉博教授, 口腔解剖学第 1 講座 久米川正好教授 および 歯科放射線学講座 金井良雄教授に深甚なる謝意を表します。また, 研究の推進にあたってご助言を賜った, 東京歯科大学関根 弘教授に深謝いたします。

なお, 本論文一連の要旨は, 第 77 回日本補綴歯科学会学術大会 (昭和 62 年 5 月 30 日, 盛岡), 城西歯科大学大学院研究発表会 (昭和 62 年 11 月 28 日, 坂戸) において発表した。

文 献

- 1) 早坂正博, 高橋健二, 片岡保夫, 田島篤治: Sectograph による顎頭位の研究, 第 1 報 各下顎位における顎頭位について, 補綴誌, 27 : 550~572, 1983.
- 2) 清野見孝, 佐藤彦彦, 酒井靖彦, 近江谷尚紀, 田中義博, 高橋健二, 篠田 登, 田島篤治: 咬合と顎関節に関する研究 V 咬合挙上装置装着による顎頭位の変化について, 補綴誌, 29 : 1416~1425, 1985.
- 3) 高橋和人: 顎関節症のすべて 顎関節の解剖学的形態, Dental Diamond, 増刊号 7 : 275~285, 1982.
- 4) 石橋克禮: いわゆる顎関節症を考える 2 顎関節の臨床解剖, 歯界展望, 41 : 1007~1014, 1973.
- 5) 上條雅彦: 咬合を考える, 1 章 咀嚼機構の形態, 歯界展望, 別冊 : 1~10, 1973.
- 6) Aprile, H. and Saizer, P.: Gothic arch tracing and temporomandibular anatomy, J Am Dent Assoc, 35 : 256~261, 1947.
- 7) Posselt, U.: Studies in the mobility of the human mandible, 68~118, Acta Odont Scand, Copenhagen, 1952.
- 8) Årstad, T.: 13) より引用.
- 9) Brekke, C.A.: Jaw function, Part III. Condylar placement and condylar retrusion, J Prosthet Dent, 10 : 78~85, 1960.
- 10) Zola, A.: Morphologic limiting factors in the temporomandibular joint, J Prosthet Dent, 13 : 732~740, 1963.
- 11) Rees, L.A.: The structure and function of the mandibular joint, Br Dent J, 16 : 125~133, 1954.
- 12) Landa, J.S.: A critical analysis of the Bennett movement, Part I, J Prosthet Dent, 8 : 709~726, 1958.
- 13) Boucher, L.J.: Limiting factors in posterior movements of mandibular condyles, J Prosthet Dent, 11 : 23~25, 1961.
- 14) 植田昭夫: 日本人下顎関節突起に関する形態学的研究, 歯科学報, 66 : 913~921, 1966.
- 15) 範木雅昭: 下顎頭の解剖学的研究, 1. 有歯顎と無歯顎の差異, 歯科学報, 70 : 1520~1531, 1970.
- 16) 範木雅昭: 下顎頭の解剖学的研究, 2. 下顎頭の発育に関する研究, 歯科学報, 70 : 1532~1549, 1970.
- 17) 岩田惣七: 邦人下顎関節窩に就て, 金沢医科大学解剖学教室業績, 第 3 冊 : 34~45, 1931.
- 18) 小池将浩: 下顎窩の発育に関する研究, 歯科学報, 70 : 1409~1428, 1970.
- 19) 森永太悟: 下顎窩の形態学的研究, 特に無歯顎と有歯顎の差異について, 歯科学報, 70 : 1381~1408, 1970.
- 20) 飯田 昭: ヒト顎関節の解剖学的研究 特に有歯顎と無歯顎の差異について, 歯科学報, 72 : 1319~1371, 1972.
- 21) 黒田百樹: 下顎頭の関節窩に対する位置に関する研究, 歯科学報, 74 : 368~418, 1974.
- 22) Amer, A.: Approach to surgical diagnosis of the temporomandibular articulation through basic studies of the normal, J Am Dent Assoc, 45 : 668~688, 1952.
- 23) Lindblom, G.: The value bite analysis, J Am Dent Assoc, 48 : 657~664, 1954.
- 24) Sheppard, I.M.: The effect of hinge axis clutches on condyle position, J Prosthet Dent, 8 : 260~263, 1958.
- 25) 柳沢定勝: 顎関節のレントゲン学的研究 (その二), 健康人顎関節のレントゲン側方像及び体軸方向規格撮影像についての二三の考察, 歯科月報, 34 : 490~497, 1960.

- 26) 鳥海 博: オトガイ-頭頂方向X線規格撮影による顎関節運動の解析的研究, 日大歯学, 39: 463~470, 1965.
- 27) Madsen, B.: Normal variations in anatomy, condylar movements, and arthrosis frequency of the temporomandibular joints, Acta Radiol, 4: 273~288, 1966.
- 28) 杉森孝志: 顎関節の hypermobility (過動性) に関する臨床的ならびにX線学的観察. 口病誌, 39: 159~190, 1972.
- 29) 柳川 隆: 無歯顎者における各咬合位間の前後的位置差に関する研究, 補綴誌, 16: 342~361, 1972.
- 30) 安藤正一, 小山正宏, 甲斐野弘, 佐藤吉則, 青島 攻: 顎の後方移動の定量的なみかた, 歯界展望, 41: 1015~1018, 1973.
- 31) 蓮見 聡: 側方運動時における, 下顎頭のX線学的解析, 歯科学報, 74: 1742~1787, 1974.
- 32) 青島 攻: 側斜方向X線規格像による顎運動(前方運動, 後方運動)の解析, 日大歯学, 48: 519~533, 1974.
- 33) 山内哲義, 中村公雄, 下総高次, 西原平八, 淵端 孟: 顎関節側方X線規格写真による顎頭位の分析方法について, 補綴誌, 20: 193~206, 1976.
- 34) 小池将浩, 鏡木雅昭, 森永太悟: 頭部X線規格写真による小児と老人のインフラデンターレと下顎頭中心の運動路に関する研究, 歯科学報, 71: 271~275, 1971.
- 35) Hilloomala, R.A.: The temporomandibular joint—A diginglymus joint, J Prosthet Dent, 33: 328~332, 1975.
- 36) 山野博可: 顎関節運動のパントモグラムによる解析, 日大歯学, 40: 32~53, 1966.
- 37) 上村修三郎, 朴 昌植, 西原平八, 谷本啓二, 山根由美子: Orthopantomography による顎関節疾患のX線診断, 齒放線, 18: 296~304, 1978.
- 38) 早坂正博, 高橋健二, 酒井靖彦, 浅野 健, 田中義博, 近江谷尚紀, 片岡保夫, 田島篤治: Sectograph による顎頭位の研究, 第2報 咬合力発現時における顎頭の移動について, 補綴誌, 27: 573~584, 1983.
- 39) 高橋健二, 早坂正博, 田中義博, 近江谷尚紀, 酒井靖彦, 田島篤治: Sectograph による顎頭位の研究, 第3報 成人および小児における T.M.J. 付近の状態と顎頭の動きについて, 補綴誌, 27: 802~818, 1983.
- 40) 早坂正博, 高橋健二, 田中義博, 近江谷尚紀, 酒井靖彦, 田島篤治: Sectograph による顎頭位の研究, 第4報 開口初期における顎頭位について, 補綴誌, 27: 1167~1181, 1983.
- 41) 早坂正博, 高橋健二, 田中義博, 近江谷尚紀, 酒井靖彦, 田島篤治: 顎関節症患者の顎頭位に関する研究 (I) 正常咬合者と顎関節症患者患側における顎頭位について, みちのく歯学誌, 14: 48~50, 1983.
- 42) 早坂正博, 高橋健二, 田中義博, 近江谷尚紀, 酒井靖彦, 田島篤治: 顎関節症患者の顎頭位に関する研究 (II) 顎関節症患者の患側と非患側における顎頭位について, みちのく歯学誌, 14: 50~52, 1983.
- 43) 高橋健二, 早坂正博, 酒井靖彦, 近江谷尚紀, 田中義博, 田島篤治: 咬合再構成における治療 (I) 多量の咬合挙上をとまう症例, 東北歯大誌, 11: 20~36, 1984.
- 44) 高橋健二, 早坂正博, 酒井靖彦, 近江谷尚紀, 田中義博, 清野見孝, 池田光男, 田島篤治: Sectograph による顎頭位の研究, 第5報 hinge bow および pantograph のクラッチトレー装着による顎頭の挙動について, 補綴誌, 29: 139~157, 1985.
- 45) 酒井靖彦, 塩沼直蔵, 近江谷尚紀, 田中義博, 池田光男, 早坂正博, 高橋健二, 篠田 登, 田島篤治: 咬合と顎関節に関する研究 I 咬合再構成前後における顎頭位について, 補綴誌, 29: 1070~1094, 1985.
- 46) 清野見孝, 田中義博, 酒井靖彦, 近江谷尚紀, 早坂正博, 高橋健二, 片岡保夫, 田島篤治: 咬合と顎関節に関する研究 II 残存歯 Splint を行った部分欠損例の咬合再構成前後における顎頭位について, 補綴誌, 29: 1250~1262, 1985.
- 47) 高橋健二, 佐藤克彦, 清野見孝, 田中義博, 近江谷尚紀, 酒井靖彦, 早坂正博, 田島篤治: 咬合と顎関節に関する研究 III 顎頭位の強制的移動の可能性について, 補綴誌, 29: 1310~1324, 1985.
- 48) 早坂正博, 田中義博, 近江谷尚紀, 酒井靖彦, 高橋健二, 田島篤治: 咬合と顎関節に関する研究 IV 顎関節症候群を有する患者の咬合再構成について, 補綴誌, 29: 1361~1373, 1985.
- 49) 清野見孝, 和栗範幸, 佐藤克彦, 泉 芳郎, 田中滋久, 高橋健二: 咬合と顎関節に関する研究 VI 下顎側方運動にともなう非作業側顎頭の垂直基準軸の傾斜について, 東北歯大誌, 14: 92~102, 1987.
- 50) Ricketts, R.M.: Variations of the temporomandibular joint as revealed by cephalometric laminagraphy, Am J Orthod, 36: 877~898, 1950.
- 51) 河野正司: 下顎の矢状面内運動に対応する顎頭運動の研究, 第1報 断層X線規格写真による観察, 補綴誌, 12: 337~349, 1968.
- 52) 中尾文則: 外頰部に於ける顎頭の位置決定のX線学的研究, 九州歯会誌, 23: 234~254, 1969.
- 53) 白土清司: 顎関節形態および前歯部被蓋状態が前方滑走運動に及ぼす影響, 九州歯会誌, 36: 228~245, 1982.
- 54) Berry, H.M. and Hofmann, F.A.: Cineradiographic observations of temporomandibular joint function, J Prosthet Dent, 9: 21~33, 1959.
- 55) Jankelson, B.: Dental occlusion and the temporomandibular joint, Dent Clin North Am: 51~62, 1963.
- 56) Sears, V.H.: Establishing and maintaining mandibular equilibration with complete dentures, J Prosthet Dent, 12: 1014~1019, 1962.

- 57) 上條雍彦：口腔解剖学 2 筋学，付 1—付 76，アナトーム社，東京，1973.
- 58) 河村洋二郎：顎関節症について，歯界展望，26：161～169，1965.
- 59) 河村洋二郎：顎関節の構造と機能 顎関節症に際し考慮すべき諸問題，補綴臨床，2：340～348，1969.
- 60) 大石忠雄：下顎運動の立場からみた顎関節構造の研究，補綴誌，11：197～220，1967.
- 61) 高橋健二：下顎の前方および側方運動時における顎路について（1 報），補綴誌，31：631～645，1987.
- 62) 高橋健二：下顎の前方および側方運動時における顎路について（2 報），補綴誌，31：791～804，1987.
- 63) 高橋健二：下顎の前方および側方運動時における顎路について（3 報），補綴誌，31：1077～1090，1987.
- 64) 川畑博昭：矢状面における各種顎頭位の研究，特に顎頭安定位について，補綴誌，15：403～429，1971.
- 65) 南 忠興：下顎の後退位に関する臨床実験的研究，歯科学報，69：185～222，1969.
- 66) 臼田 威：下顎側方運動後方限界路に関する臨床実験的研究 口腔内顎運動路描記装置による考察，歯科学報，73：354～413，1973.
- 67) 田母神完雄：側斜方向 X 線規格像による顎関節窩形態 正常青年者と総義歯装着者との比較，歯放線，14：1～14，1974.
- 68) 古谷昌昭，尾崎裕司，住田修己，丸山剛郎：顎口腔系機能異常における顎関節に関する X 線的研究 第 1 報 関節窩と顎頭の大きさおよび形態異常について，補綴誌，28：1～11，1984.
- 69) 高久 運：正常ならびに病的顎関節の X 線学的研究，日口外誌，7：203～219，1961.
- 70) 鶴見祐三：咬合非誘導と咬合誘導における顎路の変化に関する研究，歯科学報，75：1401～1434，1975.
- 71) 小山正宏：総義歯用咬交器の機構に関する研究（第 2 編）日本人下顎骨の人類学的研究とくに咬交器構成に関連する特定の測度の計測，補綴誌，8：17～40，1964.
- 72) 大森浅吉：九州日本人下顎骨の研究，人類誌，59：43～72，1944.