原 著 論 文

顎関節の立体的骨構造と顎頭の動きに 伴う下顎窩—顎頭間の立体的関係

第1報 咬頭嵌合位における下顎窩—顎頭間関係について

酒井 靖彦

Three-dimensional Observation of the Relation of Mandibular Fossa and Condyle by Computer Image System

Part 1. The Relationship between Mandibular Fossa and Condyle at Intercuspal Position

Yasuhiko Sakai

Abstract : Structural study of the temporomandibular joint is a key issue in prosthodontics because the T.M.J. is the most important element of mandibular movement. As three-dimensional investigation is needed in this field, I recently developed a personal computer system that can form three-dimensional images of the T.M.J.. The use of three-dimensional images created by the computer system is effective to research the shape of the T.M.J. and mandibular movements. Using this system, I studied condyle behavior and the relationship between mandibular fossa and condyle.

The results are as follows :

1. In an intercuspal position, each distance between fossa and condyle at its middle, inner and outer part is almost the same. The distance between the fossa and condyle at its center, front and rear is nearly equal.

2. Ridge lines of fossa, condyle and articular tubercle have similar form.

Three-dimensional images of the T.M.J. can be reconstructed from successive sections of a T.M.J. of a dry skull. The images can be sectioned at arbitrary positions in sagittal, frontal and horizontal planes, and by the addition of movement data, mandibular movement can be simulated.

Key words : T.M.J., three-dimension, computer graphics, intercuspal position

I. 緒 言

長い歴史を刻む歯科補綴学分野としての顎関節の研究にあっても、最近では歯科全般にわたって臨床的また研究的観察が口腔諸疾患との関連としてすすめられてきていることは周知の事実である。論をまつまでもなく、顎関節の構造および顎頭の挙動に関する研究は重要な課題であり、多種の研究対象について多角度からの研究方法が考案、施行されてきた。その中において、顎関節を立体的にとらえようとする試みもなされていたが、下顎窩、顎頭それぞれを単体で観察したにとどまる¹⁻³⁾。

しかしながら、複数の運動からなる下顎運動の joint としての顎関節については、その複雑な機構から考えても立体的研究がとりあげられなければならないが、最も基本的構造である下顎窩一顎頭間関係においても、顎関節を直接的に、かつ定量的に計測検討することは不可能である。医歯学研究対象としてまず初めにあげられる乾燥骨標本においてさえも、顎頭が下顎窩に覆われている位置にある顎関節の構造上の複雑さから、下顎窩と顎頭を一括した顎関節としての 3 次元的観察はきわめて困難であった。

しかしながら、近年の computer 技術の発達によって、personal computer の有効利用により 3 次元像構築が可能になり、顎関節の立体的観察手段として応用できるようになった。そこで、著者は、顎関節の 3 次元構築と下顎運動時における下顎窩一顎頭間関係の研究のためのシミュレーションを目的とした computer operation system を開発し、乾燥頭蓋骨の骨構造を研究材料とすると同時に、生体計測結果の導入を図り、顎関節の立体的構造について検討を行った。第 1 報では咬頭嵌合位における下顎窩一顎頭間関係について報告する。

II. 研究 方 法

1. 研究システムの概要

本システムは、連続した断面形態を 3 次元 surface model として立体構築し表示するとともに、視点を任意の位置に移動できるシステムである。また、顎関節の立体構築を目的として開発したため、同一画面上に別個の 2 個の物体を立体構築できるようにプログラムされている。すなわちインプットされた顎関節の断面のデータを下顎窩と顎頭のデータに分けてそれぞれ別個の物体として記憶させ、両者の位置関係については任意の位置指示

の投入により同一画面上に表示することができる。また、構築された顎関節の顎頭 surface model は平行または回転移動させることができるとともに、移動を行った後の顎関節の立体像について、3 次元軸に垂直な切断面をいずれの位置についても取り出すことが可能である。

Hardware 構成は personal computer (日本電気社製 PC-9801 F3) に数値演算 processor (インテル社製 8087) を装備し、出力装置として color monitor (日本電気社製 PC-8853 N)、printer (日本電気社製 NM 9100) を、3 次元構築原図入力装置として digitizer (BAUSTH & LOMB 社製 HIPAD) を使用した。

2. 乾燥頭蓋骨の立体的構造の研究 方 法

1) 顎関節原型

original pattern を製作するための顎関節としては、下顎窩および顎頭に摩擦の認められない dravidian 乾燥頭蓋骨 25 個左右顎関節 50 側を選んだ。これらはいずれも第 3 大臼歯の萌出が完了しており、歯の欠損が認められないものである。

2) 顎関節断面基準と断面図の製作

水平なテーブルと、垂直方向に移動の可能なガイドピンからなる頭蓋骨の固定装置を製作した。ガイドピンは水平面内で互いに直交する 2 本の直線からなっており、この 2 本の直線で水平面などの計測基準を規定できる。

固定装置のテーブル上に乾燥頭蓋を頭頂を下にし、F-H plane を水平にして固定し、F-H plane に平行な矢状面ガイドピンおよび前頭面ガイドピンとを顎関節部に設置した。なお、本研究における矢状面および前頭面の基準は Sectograph による顎関節に関する研究方法との比較の目的から、いずれも正中矢状面に対して 15 度内側方向に回転角をあたえた面とした。

また、顎関節原型の製作にあたっては、乾燥頭蓋骨の上下顎関係において咬頭嵌合位と思われる位置に固定した後、田中ら⁴⁾の考案した superposed rubber pattern

図 1 顎関節の関節窩および顎頭の関係を印記した薄切断片。左は内方、中は中央付近、右は外方それぞれの矢状断面

図2 表示された3次元顎関節像。おのこの前外方からみた図。左の列は咬頭嵌合位、右の列は大歯対犬歯咬合位、中央はそれらの中間位

method を応用して下顎窩—顎頭間関係の rubber pattern を製作した。まず、下顎窩に rubber material (ESPE 社製 Ramitec : 永久歪 2.5%, 弾性歪 0.06%) を注入し、下顎窩と顎頭の印象を同時に採得すると同時に、矢状面ガイドピンおよび前頭面ガイドピンが印象面内に印記されるよう配慮した。pattern 原型を撤去後、

変形を防ぎ、また、切断後外形を明瞭にする目的で下顎窩、顎頭および印象域にそれぞれ色調の異なる色素を混入した同質の rubber material を注入し、この塊化した顎関節の rubber block を矢状面および前頭面基準に従って、幅 35 mm、高さ 40 mm、長さ 65 mm の metal channel の中に埋入し、さらに rubber material を注入

図 3 矢状断面内における計測部位

して規格化された rubber block を仕上げる。なお, metal channel の一端は解放されており, rubber block を 0.25 mm 単位で押し出すことができるように設計されている。rubber block を metal channel より 1.0 mm ずつ押しだし, 切断規定面に従って切断し, 顎関節切断面を製作した (図 1)。

3) 基礎資料の作製と 3 次元構築の方法

この薄切断片上の原図群を万能投影機 (NIKON 社製 profile projector V-12) を用い, 10 倍大の tracing を行い 3 次元構築原図とした。

digitizer 上に 3 次元構築原図を固定し, 各断面図を personal computer に入力した。各切断面の位置合わせは digitizer 上に設けた基準線に構築原図上の基準線を合わせることにによって行った。重ね合わされた顎関節切断面をもとに 3 次元 surface model を自動作成させ, wire frame により表示させた (図 2)。

なお, 同一規格で比較を行うための手段として, 右側顎関節の構築原図を反転してすべて左側図形におきかえて入力した。

3. 生体における顎関節の咬頭嵌合位の下顎窩一顎頭間関係数値による位置の補正方法

立体構築された surface model は, 乾燥頭蓋骨の咬頭嵌合位の下顎窩一顎頭間関係であり, 軟組織の喪失による位置の変化を来していることが懸念される。そこで, 本研究では立体構築された surface model の下顎窩一顎頭間関係について, 同研究室の早坂⁵⁾ および尹⁶⁾ の報告に従って下顎窩最高点を基準として, 顎頭最高点が下

図 4 前頭断面内における計測部位

方 3.4 mm, 後方 0.4 mm で, かつ, 顎頭の内外側端から 10% 顎頭中央よりの位置の下顎窩一顎頭間垂直距離が等しくなるように上下, 前後, 内外方的に平行移動させ補正を行った。

4. 計測項目

1) 矢状面における下顎窩一顎頭間関係

3 次元構築された 50 側の顎関節をそれぞれ, 生体における顎関節の咬頭嵌合位の下顎窩一顎頭間関係数値によって位置の補正を行った後, 顎頭の内外側の中央を始点として 1.0 mm 間隔で内方外方に連続矢状切断し調査した結果, 下顎窩と顎頭との位置関係を正確に計測し得る範囲は顎頭の内外側の中央より内外方それぞれ 6 mm であった。そこでそれらのデータのうちから内外側的な中央および中央より内方 6 mm, 外方 6 mm の 3 矢状断面内について下顎窩一顎頭間関係を調査した (図 3)。

2) 前頭面における下顎窩一顎頭間関係

顎関節を前後的中央を始点として前後的に 1.0 mm 間隔で前頭断し調査した結果, 下顎窩と顎頭との位置関係を正確に計測し得る範囲は顎頭の前後的中央から前後 3 mm の範囲であった。そこでそれらのデータのうちから中央および中央より前後方 3 mm の断面内での下顎窩一顎頭間関係を調査した (図 4)。

3) 下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線の位置関係

顎関節の 1.0 mm 間隔の連続矢状断面内において下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点の x, y 座標および下顎窩の幅径, 高径を計測し, それらのデータ

から下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点の連なりを水平面, 前頭面へ投影し補間した後, 顎頭中央を基準とし 1.0 mm 間隔で内外方へ 6 mm ずつ計 13 点において 3 曲線間相互の垂直的, 水平的距離を計測した (図 5-a, b).

表 1 矢状面内における下顎窩最高点一顎頭最高点間の水平および垂直的距離

Measuring point	Horizontal distance(mm)	Vertical distance(mm)
6 mm in	0.27 ± 1.05	3.54 ± 0.58
Center	-0.54 ± 0.33	3.73 ± 0.33
6 mm out	-0.20 ± 1.00	3.31 ± 0.53
mean $\pm$ SD unit : mm

図 5-a 前頭面投影された下顎窩最高点を連ねた線 (---), 下顎窩前縁最下点を連ねた線 (-----) および顎頭最高点を連ねた線 (——) の位置関係の計測部位. a は下顎窩最高点一下顎窩前縁最下点間距離, b は下顎窩最高点一顎頭最高点間距離, c は顎頭最高点一下顎窩前縁最下点間距離. 図中実線で示す 13 断面において a, b, c の 3 項目を測定した

図 5-b 各最高点, 最下点を連ねた線の水平面投影の計測点の説明図. a, b および c は図 5-a と同様

III. 結 果

1. 矢状面における下顎窩一顎頭間関係

図 6 は矢状断面における下顎窩と顎頭との位置関係の 1 例である. 顎関節を 1.0 mm 間隔で切断した断面図を示した. また, 中央および内外方 6 mm の 3 断面内の下顎窩一顎頭間関係の 1/3 例を図 9~12 の各 subject 最上段に示した. 中央および内外方 6 mm の 3 断面内の計測結果を比較すると, 全対象顎関節における 3 断面の下顎窩最高点を基準とした場合の顎頭最高点との垂直距離の平均値は, 顎頭の中央, 6 mm 内方, 6 mm 外方の 3 カ所で 3.3~3.7 mm 程度であり, ほぼ近似の値を示している (表 1).

下顎窩最高点に対する顎頭最高点の水平的関係は平均値においては, 顎頭の内外側の中央では後方に位置しており, 外方 6 mm でもほぼ同位置であるのに対して, 6 mm 内方では前方に位置している. 前後的位置の頻度においては 6 mm 内方で, 中央より前方に位置するものが 50 例中 82% を示し, 前方に位置する傾向があり, また, 6 mm 外方においては中央より前方に位置するものが 62% であり, 前方に位置する傾向が認められるものの内方ほど顕著ではない. SD については 6 mm 内方, 6 mm 外方いずれにおいても中央の約 3 倍の値を示しており, 辺縁部は定位置性を欠く傾向がみられる (表 1).

2. 前頭面における下顎窩一顎頭間関係

図 7 は前頭断面における下顎窩と顎頭との位置関係の 1 例である. 顎関節の 1.0 mm 間隔で前頭断した断面図を表示した. また, 顎頭の前後的中央および前後 3 mm の位置の前頭断面内の下顎窩一顎頭間関係 1/3 例を図 9~12 の各中段に示した. 3 断面内の顎頭内外側の中央における下顎窩一顎頭間の垂直的關係は平均値においては, 顎頭の前後的中央, 3 mm 前方, 3 mm 後方とも, 3.7~4.0 mm 程度であり, ほぼ近似した値を示している (表 2). また, これら 3 カ所の平均値相互には 5% の危険率で有意差は認められない.

3. 下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線の位置関係

下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線の位置関係の 1 例を図 8 に示した. 各曲線の示すものは図の説明の通りである. また, 下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線の位置関

sub. No. 2(L)

図 6 1 mm 間隔の
連続矢状断面
の 1 例

係の 1/3 例を図 9~12 下段に示した。また、顎頭内外側の中央を基準とし 1.0 mm 間隔で内外方へ 6 mm ずつ計 13 点における下顎窩最高点、下顎窩前縁最下点および顎頭最高点の垂直的、水平的位置関係の左右側顎関節計 50 側の平均値と SD を表 3~5 に示した。

下顎窩最高点と下顎窩前縁最下点との垂直距離の平均値は、各計測点においてほぼ同じ値を示している。わず

表 2 前頭面内内外側の中央における下顎窩
一顎頭間垂直的距離

Measuring point	Vertical distance (mm)
3mm front	4.03 ± 1.16
Center	3.67 ± 0.39
3mm rear	3.91 ± 0.10
mean ± SD unit : mm	

かに、外方に向かうに従って垂直距離つまり関節窩の深さを減じる傾向が認められるが有意差は認められない(表 3)。また、両者の水平距離の計測結果にあっても、各平均値はほぼ近似の値を示している(表 3)。

下顎窩最高点と顎頭最高点との垂直距離の計測結果にあっては、各平均値および SD はどの位置においても近

sub. No. 2(L)

図7 1mm 間隔の連続前頭断面の1例

図8 下顎窩最高点を連ねた線(—・—), 下顎窩前縁最下点を連ねた線(-----)および顎頭最高点を連ねた線(——)の1例. 左は前頭面投影, 右は水平面投影. 枠目盛りの単位は1mm

似の値を示している(表4). また, 水平的位置関係にあっては, 顎頭最高点は下顎窩最高点と比較して6mm内方においてはわずかに前方に位置しているが, それ以外の計測点においては後方に位置している(表4).

顎頭最高点と下顎窩前縁最下点との距離にあっては垂直距離, 水平距離いずれにあってとも各計測点ともほぼ近似の値を示している(表5). 垂直距離においてわずかに外方に向かうに従って減少する傾向がみられるが有意差は認められない.

IV. 考 察

1. 研究方法について

1) 顎関節の形態研究に関する方法について

顎関節の形態的研究は, 多くの研究者が種々の研究材料を用いて多角度から行ってきた. 屍体における観察によつては, 靱帯あるいは関節円板による下顎運動に及ぼす影響に関する報告があり⁷⁻¹⁵⁾, 生体のX線写真によつては顎関節の形態的機能的観察^{16,17)}が, また, 乾燥頭蓋によつては下顎運動の研究や下顎窩と顎頭の形態とその咬頭嵌合位における下顎窩に対する顎頭の位置が研究されている^{18,19)}.

また, 顎頭の形態についても多くの報告がみられる. Yale ら²⁰⁾は1,560個の乾燥頭蓋を研究材料として顎頭の形態分類と下顎枝の角度について報告しており, 植田²¹⁾は乾燥頭蓋の肉眼的観察により顎頭の後方観形態, 側方観形態を分類している. また, 鎗木³⁾は乾燥頭蓋下顎骨の写真撮影によつて顎頭の後方観, 側方観形態の分類と, 發育による各分類型の発現頻度の変化について研究している. しかし, これらはいずれも下顎骨単体の観察であり, 計測基準平面も下顎骨体下縁を机上に置いて

図 9 頭蓋骨 No. 3 および No. 6 の結果。左は左側関節を示し、右は右側関節を示す。上段は矢状断面図、中段は前頭断面図、いずれの図も断面数を省略して 3 断面の表示にとどめた。また、下段はそれぞれ下顎窩最高点、下顎窩前縁最下点および顎頭最高点の連続線の関係を示す図で左は前頭面投影、右は水平面投影図

sub. No. 9(L)

sub. No. 9(R)

sub. No. 12(L)

sub. No. 12(R)

図 10 頭蓋骨 No. 9 および No. 12 の結果

sub. No. 15(L)

sub. No. 15(R)

sub. No. 18(L)

sub. No. 18(R)

図 11 頭蓋骨 No. 15 および No. 18 の結果

sub. No. 21(L)

sub. No. 21(R)

sub. No. 24(L)

sub. No. 24(R)

図 12 頭蓋骨 No. 21 および No. 24 の結果

表 3 下顎窩最高点, 下顎前縁最下点をそれぞれ
連ねた線の水平的, 垂直的距離

Measuring point	Horizontal distance(mm)	Vertical distance(mm)
6mm in	7.93±1.06	6.09±1.42
5mm in	7.95±0.96	6.19±1.34
4mm in	8.00±1.01	6.27±1.29
3mm in	7.81±0.92	6.21±1.33
2mm in	7.67±1.25	6.24±1.23
1mm in	7.70±0.91	6.19±1.26
Center	7.62±0.93	6.14±1.25
1mm out	7.50±1.00	6.02±1.27
2mm out	7.47±0.94	5.91±1.23
3mm out	7.41±1.04	5.64±1.28
4mm out	7.42±1.11	5.57±1.32
5mm out	7.53±1.27	5.36±1.38
6mm out	7.30±1.27	5.12±1.40
		mean±SD
		unit : mm

表 4 下顎窩最高点, 顎頭最高点をそれぞれ連ねた
線の水平的, 垂直的距離

Measuring point	Horizontal distance(mm)	Vertical distance(mm)
6mm in	0.27±1.05	3.54±0.58
5mm in	-0.03±0.84	3.56±0.45
4mm in	-0.12±0.75	3.64±0.43
3mm in	-0.32±0.57	3.60±0.49
2mm in	-1.45±0.54	3.60±0.62
1mm in	-0.56±0.41	3.73±0.35
Center	-0.54±0.33	3.73±0.33
1mm out	-0.57±0.45	3.68±0.40
2mm out	-0.61±0.49	3.67±0.60
3mm out	-0.56±0.78	3.56±0.46
4mm out	-0.18±0.76	3.45±0.54
5mm out	-0.29±0.92	3.41±0.52
6mm out	-0.20±1.00	3.31±0.53
		mean±SD
		unit : mm

の観察結果にとどまる。

一方, 下顎窩についての森永¹⁾の報告は, F-H plane を基準として置かれた下顎窩の石膏模型面に等高線を引き, 各部の大きさの計測と形態分類を行っている。小池²⁾も森永と同様 F-H plane 基準で发育による形態発現頻度と各部計測値の変化の研究を行っている。また, 飯田²²⁾は成人屍体の顎関節脱灰標本の F-H plane を基準とした連続切片について関節円板, 軟骨, 下顎窩と顎頭の位置関係についての詳細な観察と計測結果を報告している。

しかし, 飯田の報告を除けば, いずれの報告にあってても下顎窩と顎頭それぞれ単体についての観察にとどまる。また, 観察結果はすべて立体的情報としてははなはだ不十分である。

しかしながら, 顎関節のように複雑な形態を呈すると同時に下顎窩と顎頭との立体的位置関係の研究が要求される場合には, 従来のような肉眼的観察や単体での研究および単一方向からの分析によっては細部にわたる定量的研究は不可能であり, 歯科補綴学の基本要求としての下顎運動の基礎情報を十分に把握することはできない。したがって下顎運動の複雑さと特殊性から考えて, 顎頭および下顎窩の立体的な研究とともに, 顎関節研究における最重要課題である下顎窩—顎頭間関係の研究が不可欠であるものとする。このような考え方から, 著者は, computer graphics による形態分析が本研究の方法として合目的的であると考えた。

近年, X線写真撮影技術の進歩により鮮明かつ小間隔

の連続切断面が診断に提供されるようになった^{23,24)}が, 得られた情報はすべて 2 次元的なものであり医師が想像力に頼ってこれらを思想的に立体化する, いわゆる感覚的情報処理を行ってきた。しかし, 複数の観察者が同時に理解できるような客観的な把握は不可能であり, 定量的な情報収集が必要となってきた。このような意味で, 一般医学とくに診断学の分野において computer による 3 次元像の研究が開始されたが, 単に 3 次元像の構築にとどまっていた²⁵⁻³¹⁾。

しかしながら, 最近にあって computer graphics 技術の開発, 3 次元像構築の algorithm の確立³²⁾により personal computer によっても 3 次元像構築が可能になった³³⁻³⁸⁾ので, 2 次元断層像を情報源として 3 次元再構築を行い, 3 次元像を display することができるようになった。

本研究にあっては, 新たに開発したシステムによって顎関節の骨形態の 3 次元像構築を行い, 従来不可能であった任意の位置への顎頭の移動ならびに矢状, 前頭および水平断面をいずれの条件にあってても作製することが可能となった。またさらに, 構築された 3 次元像は, 視点, 像の大きさを任意に与えることもできるので, 多角度からの観察も可能になった。したがって本研究方法の確立により, 顎関節の詳細な立体観察が可能になったものとする。

2) 生体と乾燥頭蓋骨との相違について

本研究における乾燥頭蓋骨の顎関節骨形態の特徴は, 下顎窩の深さがいわゆる浅い構造を呈していることであ

表 5 顎頭最高点, 下顎窩前縁最下点をそれぞれ連ねた線の水平的, 垂直的距離

Measuring point	Horizontal distance(mm)	Vertical distance(mm)
6mm in	7.67±1.10	2.54±7.67
5mm in	7.96±1.04	2.62±1.20
4mm in	8.14±0.89	2.64±1.15
3mm in	8.11±0.89	2.61±1.18
2mm in	8.13±1.18	2.66±1.20
1mm in	8.25±0.85	2.48±1.26
Center	8.18±0.95	2.41±1.24
1mm out	8.07±0.94	2.35±1.32
2mm out	8.05±0.98	2.27±1.34
3mm out	7.96±1.00	2.07±1.31
4mm out	7.90±0.93	2.11±1.37
5mm out	7.81±0.88	1.94±1.38
6mm out	7.53±0.99	1.81±1.37
mean±SD		
unit : mm		

る。すなわち下顎窩最高点と下顎窩前縁最下点の垂直距離は, 平均値 6.14 mm であり, 下顎窩前壁の前後径すなわち下顎窩最高点と前縁最下点との水平距離は, 平均値 7.62 mm であった。

これらの数値は早坂³⁹⁾の報告にみられる, 日本人 50 名の顎関節と比較して, 下顎窩の深さにおいて 0.71 倍, 前壁の前後径においても 0.74 倍と小さい値を示している。早坂の研究対象は日本人の生体であり, 本研究の研究対象は dravidian 乾燥頭蓋であるために生じる差であると考ええる。

この数値の相違から, 本研究結果を臨床に応用する場合にあっては, 下顎窩とともに顎頭についても 3 次元的大きさの補正が必要になるものと考ええる。しかしながら, computer による立体像の形態補正は, 一般の personal computer の機能からは現時点では不可能なので, さらに hardware の grade を上げるとともに臨床応用に必要なプログラムの開発が必須の条件であることを付記しておくたい。

2. 咬頭嵌合位における下顎窩一顎頭間の位置関係について

1) 左右差について

本研究においては, 左右顎関節を同一規格で比較するために右側顎関節の入力原図を反転して, すべて左側図形として再構築を行った。ゆえに左右の顎関節の計測値の差の検定は重要な問題である。次に述べる矢状面, 前頭面内における 3 断面内の各計測部位の左右平均値は 5

% の危険率において有意の差が認められない。また, 下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線の相互的位置関係を顎頭の中央を基準として, 1 mm 間隔で内外方へそれぞれ 6 mm ずつ合計 13 点において計測した結果の各計測部位 78 カ所における左右平均値にあっては 5% の危険率で有意差の認められた部位はわずかに 4 カ所のみであり, 左右顎関節を一括して 1 つの集団として調査することに問題はないと考える。

2) 矢状面内における下顎窩一顎頭間関係について

早坂^{5, 39)}は規格断層 X 線写真によって顎頭の内外側中央の矢状断面における顎頭最高点の下顎窩最高点との位置関係について調査し, 過去の報告との詳細な比較検討を行い, その計測結果の信頼性について報告している。本研究にあっては, 3 次元の顎頭最高点において, この早坂の下顎窩に対する顎頭最高点の垂直的および前後の距離の平均値を与えた。したがって, ここでは, 顎頭中央および内外方各々 6 mm の 3 カ所における下顎窩一顎頭間関係の比較検討を行った。

中央と内外方 6 mm の位置での垂直距離を比較すると, 平均値においては中央における垂直距離と, 内外方における垂直距離は 6 mm という隔りから考えると近似した値を示しており, 顎頭が下顎窩の中で内外側的に安定する位置の存在の可能性を形態的見地から示すものといえよう。大石⁴⁰⁾は観察した新鮮屍体 10 例すべてにおいて顎頭は解剖学的構造上, 下顎窩中無理なく最も安定する位置があることを認め, これを顎頭安定位と名づけ, 顎頭安定位は外力が加わっていて安定なのではない, と述べている。川畑¹⁵⁾もこの顎頭安定位について研究し, 有歯顎, 無歯顎の全観察例において存在を確認している。

前後の距離においては, 平均値では顎頭中央部にあっては下顎窩最高点より後方に位置し, 内方にあってはやや前方に位置する傾向があるが, 外方にあっては大きな差はない。

3) 前頭面内における下顎窩一顎頭間関係について

下顎窩一顎頭間の垂直距離は, 前後 3 mm の位置ではほぼ等距離構造であることが示された。また, これら 3 カ所の平均値相互には 5% の危険率で有意差は認められず, 内外側的な下顎窩一顎頭間関係と同様, 前後的にも下顎窩と顎頭の形態的類似性を示しているものと考ええる。早坂³⁹⁾は矢状面内における下顎窩と顎頭の形態的相関性と類似性について報告していると同時に, 咬頭嵌合位にあっては顎頭は下顎窩の中にあつて定位しているとも述べており, 本研究の結果からもこれらのことが裏づ

けられたものとする。

4) 下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線の相互的位置関係について

下顎窩最高点と下顎窩前縁最下点を内外側的に連ねた線の垂直的, 水平的距離は各計測点においてほぼ等しく, 両者は 3 次元的に類似した形態を有しており, 平行な曲線であるといえる。図 8, 9~12 に示すように, 下顎窩最高点を連ねた線は上に凸な曲線であるが, 下顎窩前縁最下点を連ねた線が平行であるため, 下顎窩前壁の長さなどの位置にあってもほぼ同じであることになる。

下顎窩最高点, 顎頭最高点をそれぞれ内外側的に連ねた線の垂直距離は, 各計測点において平均値および SD とも近似の値を示しており, 下顎窩最高点を連ねた線と顎頭最高点を連ねた線とは形態的に類似性を有していることを示している。このことは飯田²²⁾の報告と一致している。また, 水平的にも下顎窩最高点と顎頭最高点はほぼ等しい位置関係を保っており, 両者は 3 次元的に形態的類似性と平行性を有しており, 形態の見地から下顎窩内で顎頭が安定する位置の存在の可能性を示唆するものとする。

顎頭最高点, 下顎窩前縁最下点をそれぞれ内外側的に連ねた線の垂直距離, 水平的距離とも各計測点においてほぼ近似の値を示し, 両者は 3 次元的に平行状態であることを示している。

以上のことから, 下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線は 3 者とも 3 次元的に平行であることがわかった。

V. 結 論

顎関節の 3 次元像構築と下顎運動時における下顎窩と顎頭間の関係に関する観察の目的で, computer graphics を応用して顎関節骨構造のシミュレーションを行い, 立体的下顎窩—顎頭間関係を把握し, 両者の位置的關係についても検討を行った。これらの結果は次のとおりである。

1. 咬頭嵌合位における内外側の中央, および中央より内外方 6 mm の矢状断面内の下顎窩最高点と顎頭最高点の垂直距離の平均値は 3 カ所とも近似した値を示している。

2. 咬頭嵌合位における顎頭の前後的中央, および前後方 3 mm の前頭断面内における下顎窩—顎頭間垂直距離を顎頭の内外側の中央において計測した結果は, 3 カ所とも等距離構造であることが示された。

3. 下顎窩最高点, 下顎窩前縁最下点および顎頭最高点を連ねた線は 3 者とも 3 次元的に形態的類似性を有しており, 互いに平行であることがわかった。以上の結果により, 形態的には, 咬頭嵌合位において, 顎頭は下顎窩内において安定した位置にあることが示された。

従来の報告にあつては, 顎関節の研究はそのほとんどが 2 次元的研究に限られていたが, 本研究において開発した computer operation system による, 顎関節の 3 次元 surface model により, 立体的な形態構造と下顎窩—顎頭間関係の検討が可能になり, 顎関節の骨形態上から顎頭は下顎窩内にあつて 3 次元的に安定した位置を持つ可能性が示唆された。

稿を終るにあたり, ご懇篤なご校閲を賜った, 明海大学歯学部歯科補綴学第 1 講座柳生嘉博教授に深甚なる謝意を表します。また, 種々, ご助言を賜った, 明海大学歯学部口腔解剖学第 1 講座久米川正好教授ならびに明海大学歯学部歯科補綴学第 2 講座天野秀雄教授に深謝いたします。また, 貴重な研究材料を提供して下さいました羽原骨標本研究部, 羽原弦弘氏に感謝いたします。

文 献

- 1) 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.
- 2) 小池将浩: 下顎窩の発育に関する研究, 歯科学報, 70: 1409~1428, 1970.
- 3) 籾木雅昭: 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.
- 4) 田中義博, 和栗範幸, 近江谷尚紀ほか: 咀嚼に関する研究 V, 人工臼歯咬合面の構造について (1 報), 補綴誌, 29: 1403~1415, 1985.
- 5) 早坂正博: 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 (2 報), 補綴誌, 32: 993~1001, 1988.
- 6) 尹 日祚, 近江谷尚紀, 酒井靖彦ほか: 顎関節の立体的調査方法に関する基礎的検討, 補綴誌, 34: 660~668, 1990.
- 7) Aprile, H. and Saizar, P.: Gothic arch tracing and temporomandibular anatomy, J Am Dent Assoc, 35: 256~261, 1947.
- 8) Rees, L.A.: The structure and function of the mandibular joint, Br Dent J, 16: 125~133, 1954.
- 9) Landa, J.S.: A critical analysis of the bennett movement, Part I, Prosthet Dent, 8: 709~726, 1958.
- 10) 黒江 健: 顎関節に関する機能解剖学的研究, 第 1 編, 顎関節の運動に就いての生体観察, 鹿児島大学医学雑誌, 32: 833~844, 1959.
- 11) 黒江 健: 顎関節に関する機能解剖学的研究, 第 2 編, 固

- 定屍顎関節靱帯標本をもちいての顎関節の運動に就いて, 鹿児島大学医学雑誌, 32: 845~856, 1959.
- 12) 黒江 健: 顎関節に関する機能解剖学的研究, 第3編, 顎関節の構造について, 鹿児島大学医学雑誌, 32: 857~871, 1959.
- 13) Brekke, C.A.: Jaw function, part III Condylar placement and condylar retrusion, J Prosthet Dent, 10: 78~85, 1960.
- 14) Boucher, L.J.: Limiting factors in posterior movements of mandibular condyles, J Prosthet Dent, 11: 23~25, 1961.
- 15) 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.
- 16) Ricketts, R.M.: Facial and denture changes during orthodontic treatment as analyzed from the temporomandibular joint, Am J Orthod, 41: 63~179, 1955.
- 17) Emmering, T.E.: A new approach to the analysis of the functional surface of the temporomandibular joint, Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 23: 603~609, 1967.
- 18) 黒田百樹: 下顎頭の下顎窩に対する位置に関する研究, 歯科学報, 74: 368~417, 1974.
- 19) 中山正規: 実験的下顎運動時の下顎頭, 下顎歯咬頭頂の移動に関する研究, 2. 前方運動時の下顎頭の移動について, 歯科学報, 74: 1467~1477, 1974.
- 20) Yale, S.H., Allison, B.D. and Hauptfuehrer, J.D.: An epidemiological assessment of mandibular condyle morphology, Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 21: 169~177, 1966.
- 21) 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.
- 22) 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: 1319~1367, 1972.
- 23) 牧野純夫: 放射線診断機器開発の方向, 日放線技会誌, 42: 1048~1057, 1986.
- 24) 岡本日 outcomes: 視覚画像から検索画像へ, 日放線技会誌, 44: 989~1440, 1988.
- 25) Willey, T.J., Schultz, R.L. and Gott, A.H.: Computer graphics in three dimensions for perspective reconstruction of brain ultrastructure, IEEE transaction on biomedical engineering, July: 288~291, 1973.
- 26) Glenn, W.V.Jr., Johnston, R.J., Morton, P.E. et al: Image generation and display techniques for CT scan data, thin transverse and reconstructed coronal and sagittal planes, Investigative Radiology, September-October: 403~416, 1975.
- 27) Herman, G.T. and Liu, H.K.: Three-dimensional display of human organs from computed tomograms, Computer graphics and image processing, 9: 1~21, 1979.
- 28) Udupa, J.K.: Determination of 3-D shape parameters from boundary information, Computer Graphics and Image Processing, 17: 52~59, 1981.
- 29) Udupa, J.K.: Display of 3D information in discrete 3D scenes produced by computerized tomography, Proceedings of the IEEE, 71: 420~430, 1983.
- 30) Moaddab, M.B., Dumas, A.L., Chavoor, A.G. et al: Temporomandibular joint: computed tomographic three-dimensional reconstruction, Am J Orthod, October: 342~352, 1985.
- 31) 小久保靖, 鈴木啓介: 電子顕微鏡画像による3次元立体像再構築システム, pixel, 62: 95~99, 1987.
- 32) 太田昌孝, 竹内あきら, 大口孝之: 応用グラフィックス, 47~103, アスキー出版社, 東京, 1986.
- 33) Roberts, D., Pettigrew, J., Udupa, J. et al: Three-dimensional imaging and display of the temporomandibular joint, Oral Surg, 58: 461~474, 1984.
- 34) 三谷正信, 斎藤甲斐之助, 平田健一郎ほか: パーソナルコンピュータシステムによる三次元画像処理, 映像情報, 18: 1002~1005, 1986.
- 35) 武藤晴臣, 小林誠一郎, 山田明義ほか: パソコンによる肝血管像の三次元表示, 映像情報, 18: 1225~1228, 1986.
- 36) 鈴木直樹, 伊藤幹生: パソコンを用いた各種医用画像のための汎用三次元像構築システムの開発と応用, 映像情報, 18: 170~178, 1986.
- 37) 磯部義秀, 尾崎 新: 放射線治療計画における3次元画像処理の技術内容と臨床利用, 日放線技会誌, 42: 979~988, 1986.
- 38) 田口雅海, 桂川茂彦, 獄間澤博ほか: Personal computerを用いたCT画像の三次元表示, 映像情報, 18: 181~184, 1986.
- 39) 早坂正博: 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), 補綴誌, 32: 993~1001, 1988.
- 40) 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, 1971.