原著論文

下顎運動の加齢による変化に関する研究

第1報 矢状面内運動の分析

西 克師

A Study on Changes of Mandibular Movement by Aging

Part 1. Analysis of Sagittal Movements

Katsuhito Nishi

Abstract : It is known that the temporomandibular joint changes with age. However, it isn't clarified yet how these changes affect mandibular movements. Therefore, I investigated the changes which occur in mandibular movement with aging.

This study details 62 cases whose age ranged from 20 to 79 years, and whose dentition was either complete or nearly so, and whose intercuspal position was firm.

First, I investigated the path of protrusive movement at representative points on the mandible, such as incisor, canine, first molar, second molar, the condylar center and the kinematic axis point. Results were as follows : 1) Data obtained from the 20 to 29 year old age group differed little from the results of previous investigations, 2) The sagittal inclination of the condylar path became less acute in subjects 60 years and over than in the younger subjects.

Second, I evaluated the vertical mobility of the condyle by the gap between opening path and closing path of the condyle in sagittal border movement and the location of the kinematic axis point. The results showed that the gap between the two paths of the condylar center was slightly larger and the kinematic axis point was tended to locate more anteriorly in subjects 50 years and up than in the others.

Key words : aging, temporomandibular joint, mandibular movement, condylar movement, sagittal movement

I. はじめに

本論文では、年齢層による下顎運動の相違について述

新潟大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻（指導：石岡 靖教授）

Niigata University Graduate School of Dentistry Major in Prosthodontics (Director : Prof. Kiyoshi Ishioka)

昭和 63 年 9 月 12 日受付

べる。

加齢に伴って、生体には老化あるいは老衰と呼ばれる現象が起こる。老化とは、加齢によって生体の生理機能が低下することである。加齢による老人性退行変化は当然下顎運動に関与する諸組織にも生じる。

下顎運動に関係する組織には、前方指導要素である歯牙と、後方指導要素である顎関節、および運動を制御・駆動する神経筋機構がある。各要素は加齢に伴い変化す

ることが知られている¹⁻¹¹⁾。これらの変化は直接、間接的に下顎運動を変化させると考えられる。

ところが従来の下顎運動に関する研究では、被験者が 20~30 歳代の若年者層に限られていた。また、高齢者を対象にした研究では、無歯顎者や異常者を対象としたものがほとんどであった。すなわち、正常有歯顎者で、かつ広範な年齢層を含む被験者を用いた研究はほとんどみあたらないのである。

このようにわれわれが現在利用できる下顎運動のデータは、年齢的にきわめて片寄ったものにすぎない。そこで本研究では、若年層から高齢層までにおいて、下顎運動がどのように変化していくのかについて明らかにする。ただし、無歯顎者や多数歯欠損の症例では、下顎運動の測定が困難であるため、本論文では測定対象を正常有歯顎者に限ることとする。

II. では、測定システム、被験者、分析した下顎運動、分析法等の研究方法について述べる。III. では、最前方位までの前方滑走運動について述べる。IV. では、矢状面内限界運動について述べる。

II. 研究方法

1. 測定システム

下顎運動の測定には、当教室で開発した下顎任意点運動測定システム^{12,13)} (図 1) を用いた。

本システムの測定装置は、上下顎歯列に固着する上下顎顔弓と光電子カメラからなる。顔弓は歯列の唇頬側に固着したシーネに固定される。各顔弓には 3 個の発光素子が固定されており、それらの 3 次元位置が光電子カメラで検出される。

運動測定の標準化周波数は 100 Hz である。最終的に得られるデータは、各サンプル時刻におけるすべての発光素子の 3 次元座標である。上顎に固定された 3 点、下顎に固定された 3 点の運動データから、上顎に対する下顎の 3 次元運動を推定することができる。

電気的雑音と顔弓の振動による成分を除く測定精度は、 $20 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ の測定領域内で 0.12 mm 以下、 $40 \times 40 \times 40 \text{ mm}^3$ の測定領域内で 0.24 mm 以下である。ここで測定領域とは被測定点が移動する 3 次元領域のことである。電気的雑音、顔弓の振動などによる分解能の下限は 0.15 mm である。

2. 基準平面

平均的顎頭点は、耳珠後縁と外眼角とを結ぶ線上で、

(a) 測定装置全景

(b) 上下顎顔弓の装着状態

図 1 下顎任意点運動測定システム

耳珠後縁から 12 mm 前方の点とした。水平基準平面は左右の平均的顎頭点と左側鼻翼下縁で決まる平面とした。

3. 分析点

運動を分析した下顎上の点は、切歯点、犬歯尖頭、第 1 大臼歯近心頬側咬頭頂、第 2 大臼歯遠心頬側咬頭頂と顎頭点とした。これらの点を以後分析点と呼ぶことにする。切歯点は左右下顎中切歯近心隅角の中点とした。顎頭点としては、解剖学的顎頭中央点¹³⁾と全運動軸点¹⁴⁾を用いた。

解剖学的顎頭中央点は、頭部 X 線規格写真によって求めた形態学的な顎頭の中央点である。具体的には、X 線写真から顎頭外形をトレースし、図 2 に示す方法で求めた。解剖学的顎頭中央点を以後単に顎頭中央点と呼ぶことにする。

全運動軸点は、当教室で開発した方法^{15,16)}を用いて決定した (図 3)。ある顎頭点 P の軌道をサンプリングした点列を $\{x_n; n=1, 2, \dots, N\}$ とし、その点列に当ては

図2 解剖学的顎頭中央点の決定法

図3 全運動軸点の決定規範 $S(P)$

めた曲線を L とする。顎路のサンプル点 $\{x_n\}$ と曲線 L との垂直的な距離 e_i の2乗和の平均を $S(P)$ とする。
すなわち

$$S(P) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2$$

とする。この $S(P)$ を最小にする点を全運動軸点とした。

4. 被験者

被験者は顎口腔系に異常を認めない正常有歯顎者62名とした。被験者の年齢は20~79歳で、平均は 40.7 ± 16.3 歳である(表1)。高齢者では欠損歯数が多くなるため、残存歯で下顎位が定まるならば補綴物や多少の欠損がある者も被験者とした。表1中の欠損歯数は測定時の上下顎歯牙の欠損の総数である。ブリッジで修復されている場合は、欠損歯数に含めなかった。第3大臼歯は対象外とした。

被験者は、20, 30, 40, 50代, 60歳以上の5つの年齢層に分類した。

5. 分析した下顎運動

分析した下顎運動は、咬頭嵌合位から最前方位までの前方滑走運動と矢状面内限界運動である。被験者には測

表1 被験者の構成

欠損歯数は測定時に未修復状態の本数である

	人数 (人)	平均年齢 (歳)	平均欠損歯数 (本/人)
20代	22	23.8	0.0
30代	10	34.3	0.6
40代	10	44.8	2.3
50代	10	53.7	1.6
60歳以上	10	67.0	2.7
平均		40.7	1.2

定の前に運動を数回練習させた。また、同じ運動を数回測定し、分析時に運動の再現性を目視により確認した。

III. 前方滑走運動

1. 分析法

本章では、前方滑走運動時の運動路の特徴について述べる。

計測した下顎位は、切歯点が咬頭嵌合位から直線距離で0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 mm 離れた前方咬合位とした。ただし、測定した下顎運動のデータが離散的であるため、切歯点の直線移動距離が規格化した値になる運動のサンプルは存在しない。そこで、その移動距離が各規格化した距離以上になる最初のサンプルを各前方咬合位のデータとした。これらの規格化された下顎位を、以後0.5, 1, 2, 3, 4, 5 mm 前方咬合位と呼ぶことにする。さらに最前方位についても計測した。

計測データは、各分析点の移動方向と移動距離および下顎の回転角とした。

移動方向は、咬頭嵌合位と上記の各下顎位を結ぶ直線の、矢状面への投影角度として表した。角度は、基準平面に対する傾斜度とし、符号は前下方を正とした。

回転角の計算には河野らの計測法¹⁴⁾を用いた(図4)。切歯点と顎頭点を通る下顎上の直線を L とする。直線 L が咬頭嵌合位と前方咬合位でとる位置をそれぞれ L_0 , L_x とする。矢状面投影において二直線 L_0 , L_x がなす角度をその下顎位における下顎の回転角 θ とする。符号は、開口方向を正とした。

2. 結果

1) 移動距離

表2, 3にそれぞれ3 mm 前方咬合位と最前方位に関する移動距離の計測値を示す。

3 mm 前方咬合位に関しては、すべての分析点の切歯

図 4 下顎の回転角 θ

L0, Lx はそれぞれ咬頭嵌合位と前方咬合位における切歯点と顎頭点を結んだ直線の位置を表す。回転角 θ は L0, Lx のなす角度とする

点の移動距離に対する比は 95% 以上を示した (表 2)。また、顎頭点の移動距離は切歯点や犬歯よりも若干小さい傾向が認められた。これは、2-2) で示すように矢状切歯路傾斜度が矢状顎路傾斜度よりも急傾斜であることに対応した現象と考えられる¹³⁾。

最前方位に関する計測値も 3 mm 前方咬合位の結果とほぼ同様であった (表 3)。

一方、年齢層間を比較すると、3 mm 前方咬合位と最前方位に関して、年齢層間に統計的に有意な差は認められず、特定の傾向も認められなかった (表 2, 3)。

2) 移動方向

表 4, 5 にそれぞれ 3 mm 前方咬合位と最前方位に関する移動方向の計測値を示す。

切歯点の移動方向、すなわち矢状切歯路傾斜度の計測値は、20 代の 3 mm 前方咬合位で平均 $34.6 \pm 17.0^\circ$ を

表 2 3 mm 前方咬合位での移動距離
表中の比とは、切歯点の移動距離に対する百分率を表す

		切歯点	犬 歯	第 1 大臼歯	第 2 大臼歯	顎頭中央点	全運動軸点
20 代	距離	3.09(0.07)	3.07(0.10)	3.04(0.27)	2.96(0.29)	2.92(0.47)	2.93(0.46)
	比		99.5(3.1)	98.5(9.3)	96.0(9.9)	94.7(15.7)	94.8(15.3)
30 代	距離	3.06(0.05)	3.04(0.13)	2.99(0.27)	2.91(0.35)	2.96(0.62)	2.95(0.61)
	比		99.6(3.9)	98.1(8.2)	95.4(10.8)	96.7(20.0)	96.6(19.5)
40 代	距離	3.08(0.05)	3.07(0.11)	3.02(0.24)	2.94(0.31)	2.98(0.45)	2.98(0.44)
	比		99.5(3.1)	97.7(7.4)	95.2(9.4)	96.5(14.2)	96.6(13.8)
50 代	距離	3.05(0.06)	3.06(0.15)	3.02(0.28)	3.02(0.37)	3.01(0.71)	2.99(0.71)
	比		100.4(4.5)	98.9(8.6)	98.7(11.8)	98.6(23.4)	98.1(23.2)
60 歳以上	距離	3.07(0.05)	3.04(0.15)	2.96(0.26)	2.65(0.87)	2.88(0.61)	2.89(0.62)
	比		99.0(4.8)	96.2(8.6)	93.1(12.2)	93.8(20.1)	94.1(20.2)
平均	距離	3.07(0.06)	3.06(0.13)	3.01(0.26)	2.92(0.43)	2.94(0.56)	2.94(0.55)
	比		99.6(3.8)	98.0(8.6)	95.9(10.5)	95.8(18.2)	95.8(17.9)

単位：距離 mm, 比 %, (): 標準偏差

表 3 最前方位での移動距離

		切歯点	犬 歯	第 1 大臼歯	第 2 大臼歯	顎頭中央点	全運動軸点
20 代	距離	7.07(1.99)	7.06(1.98)	7.12(1.97)	7.10(2.07)	6.90(1.98)	6.87(2.05)
	比		100.0(3.2)	101.1(8.3)	100.5(8.6)	97.9(13.3)	97.5(13.3)
30 代	距離	8.71(2.96)	8.68(2.86)	8.92(2.98)	8.98(2.89)	8.58(2.99)	8.48(2.94)
	比		99.7(1.7)	99.6(4.9)	99.1(7.2)	97.9(9.8)	97.0(9.5)
40 代	距離	7.06(0.86)	7.06(0.85)	6.95(0.89)	7.20(0.83)	6.98(1.05)	6.88(0.95)
	比		100.0(1.9)	99.7(4.0)	100.9(5.2)	98.7(8.3)	97.6(8.6)
50 代	距離	6.94(1.78)	6.95(1.72)	6.81(1.79)	6.63(1.82)	6.83(1.80)	6.59(2.04)
	比		100.4(4.0)	99.3(7.9)	98.7(11.0)	99.0(13.4)	95.9(20.5)
60 歳以上	距離	8.39(1.91)	8.32(1.89)	7.71(1.33)	8.15(1.74)	8.34(2.11)	8.32(2.14)
	比		99.7(3.0)	98.6(6.3)	101.3(6.1)	99.0(10.6)	98.8(11.0)
平均	距離	7.52(2.07)	7.50(2.06)	7.41(2.05)	7.46(2.15)	7.40(2.18)	7.32(2.21)
	比		99.9(2.9)	100.0(7.0)	99.7(8.3)	98.4(11.5)	97.4(13.1)

単位：距離 mm, 比 %, (): 標準偏差

表 4 3 mm 前方咬合位での移動方向

	切歯点	犬 歯	第 1 大臼歯	第 2 大臼歯	顎頭中央点	全運動軸点
20 代	34.6(17.0)	34.7(16.3)	34.7(14.8)	34.6(12.8)	32.1(9.3)	32.1(9.3)
30 代	35.3(14.5)	35.5(13.4)	35.6(11.9)	36.2(10.2)	34.6(8.1)	34.7(8.2)
40 代	31.1(15.2)	31.1(14.3)	32.6(13.0)	32.7(12.0)	28.3(8.6)	28.2(8.8)
50 代	28.8(9.2)	29.0(8.8)	30.0(7.8)	29.8(7.2)	32.2(8.7)	32.4(8.8)
60 歳以上	32.1(15.2)	32.7(14.6)	29.4(14.3)	27.0(14.6)	25.1(6.8)	25.1(7.1)
平均	32.8(14.7)	33.0(14.2)	33.0(13.1)	32.9(11.9)	30.8(8.9)	30.8(9.1)

単位：度，（ ）：標準偏差

表 5 最前方位での移動方向

	切歯点	犬 歯	第 1 大臼歯	第 2 大臼歯	顎頭中央点	全運動軸点
20 代	15.0(14.0)	15.6(13.3)	17.5(11.5)	19.3(10.0)	25.6(7.7)	25.5(7.7)
30 代	17.4(18.6)	17.9(17.1)	16.5(11.9)	19.8(11.8)	25.0(8.0)	25.4(8.2)
40 代	15.0(14.7)	15.4(13.8)	19.3(10.6)	20.1(8.7)	23.4(7.3)	23.7(7.6)
50 代	15.3(16.5)	15.7(15.6)	17.9(14.7)	19.3(13.7)	24.8(7.5)	25.0(7.7)
60 歳以上	18.1(11.4)	17.8(10.9)	19.0(10.0)	17.1(8.4)	15.9(8.4)	15.9(8.2)
平均	15.9(14.5)	16.3(14.0)	17.9(11.6)	19.2(10.5)	23.5(8.4)	23.6(8.5)

単位：度，（ ）：標準偏差

示した（表 4）。この結果は、中沢¹⁷⁾、Ingervall¹⁸⁾ による成人の計測値とほぼ一致していた。しかし河野¹⁴⁾、中野¹⁹⁾の計測値よりも小さかった。

最前方位は切端咬合位より前方位にあるため、最前方位に関する計測値は 3 mm 前方咬合位の約半分の値を示した（表 5）。

犬歯の 3 mm 前方咬合位と最前方位に関する計測値は、それに対応する矢状切歯路傾斜度とほぼ同じ値を示した（表 4, 5）。

大臼歯の移動方向の計測値は、3 mm 前方咬合位に関しては、矢状切歯路傾斜度とほぼ同じ値を示した（表 4）。一方、最前方位に関しては、20 代の計測値が矢状切歯路傾斜度よりも大きい傾向を示した（表 5）。ただし、統計学的に有意差は認められなかった。この差は、臼歯部の移動方向が矢状顎路傾斜度の影響を受けやすいことによるものと考えられる。

顎頭中央点の移動方向、すなわち矢状顎路傾斜度については、20 代の 3 mm 前方咬合位に関する計測値が平均 $32.1 \pm 9.3^\circ$ であった（表 4）。この結果は、従来の報告^{14, 17-25)}とほぼ一致していた。これに対して、最前方位に関する計測値は 3 mm 前方咬合位よりも平均で約 6° 小さかった（表 4, 5）。これは顎路の彎曲によるものと考えられる。

つぎに年齢層間で比較した結果を示す。

切歯点と犬歯の移動方向の計測値には、3 mm 前方咬

合位と最前方位に関して年齢層間で有意差は認められなかった（表 4, 5）。これは、著しい咬耗のない正常有歯顎者を被験者としたことによるものと考えられる。

大臼歯の 3 mm 前方咬合位の移動方向に関して、50 代と 60 歳以上の計測値が 20, 30 代よりも小さい傾向を示した（表 4）。特に 60 歳以上の計測値では顕著であった。しかし、統計学的に有意差は認められなかった。一方、最前方位に関しては、第 1 大臼歯では特定の傾向は認められなかったが、第 2 大臼歯では 60 歳以上の値が若干小さい傾向が認められた（表 5）。

顎頭の移動方向に関しては、3 mm 前方咬合位と最前方位に関する 60 歳以上の計測値が他の年齢層よりも小さかった（表 4, 5）。20, 30, 50 代との間には、1% の危険率で統計学的に有意差が認められた。

3) 下顎の回転角

表 6 に下顎の回転角の計測値を示す。下顎の回転角は、明らかに 2 つの指導要素の傾斜度である矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の差と関係する。そこで表 7 に、計測された両傾斜度の差を示す。各個人の両傾斜度の差は、矢状切歯路傾斜度から左右それぞれの矢状顎路傾斜度を引いた値の平均値とした。

3 mm 前方咬合位に関する下顎の回転角の計測値は、平均 $0.11 \pm 0.52^\circ$ を示した（表 6）。また符号が正のものは 62 例中 39 例、負のものは 23 例であった。この割合は中野の報告¹⁹⁾とほぼ等しかった。0.5~3 mm までの前

表 6 下顎の回転角 θ

	0.5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	最前方位
20 代	0.00(0.12)	0.04(0.19)	0.12(0.43)	0.11(0.60)	0.05(0.78)	-0.02(1.02)	-0.77(1.35)
30 代	0.03(0.09)	0.05(0.18)	0.08(0.36)	0.11(0.54)	0.13(0.81)	-0.01(1.01)	-0.78(1.92)
40 代	0.05(0.17)	0.09(0.23)	0.16(0.42)	0.17(0.61)	0.15(0.82)	0.00(1.02)	-0.57(1.26)
50 代	-0.08(0.14)	-0.10(0.19)	-0.14(0.26)	-0.11(0.32)	-0.13(0.42)	-0.23(0.55)	-0.93(1.20)
60 歳以上	0.04(0.13)	0.13(0.20)	0.19(0.23)	0.29(0.38)	0.33(0.55)	0.38(0.75)	0.49(1.41)
平均	0.01(0.13)	0.04(0.20)	0.09(0.37)	0.11(0.52)	0.10(0.70)	0.01(0.90)	-0.56(1.46)

単位：度，()：標準偏差

表 7 矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の差

	0.5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	最前方位
20 代	-1.2(19.5)	3.4(15.4)	4.4(16.3)	2.4(16.1)	0.3(15.7)	-1.7(17.2)	-9.9(14.4)
30 代	1.3(19.7)	2.6(18.8)	1.3(17.3)	1.7(16.4)	1.2(17.6)	-2.0(17.7)	-7.0(19.8)
40 代	1.4(26.6)	3.4(18.3)	5.0(17.2)	3.3(16.2)	2.0(16.1)	-1.0(15.8)	-7.7(15.1)
50 代	-14.4(31.5)	-9.3(16.7)	-2.8(11.4)	-3.2(8.4)	-2.2(8.2)	-3.3(8.6)	-9.0(11.5)
60 歳以上	6.7(25.3)	11.9(18.1)	8.8(11.8)	7.6(12.6)	6.3(13.7)	5.5(14.2)	2.5(14.2)
平均	-1.2(24.3)	2.6(17.9)	3.5(15.5)	2.4(14.8)	1.3(14.8)	-0.6(15.3)	-6.9(15.4)

単位：度，()：標準偏差

方咬合位に関しては、切歯点の移動距離が大きくなるにつれて回転角も大きくなる傾向が認められた。ただし、4 mm 前方咬合位に関する計測値は 3 mm 前方咬合位に関する計測値とほぼ等しかった。

一方、5 mm 前方咬合位と最前方位に関する下顎の回転角の計測値は、他の前方咬合位に関する計測値よりも小さい傾向を示した(表 6)。特に最前方位に関しては、切端咬合位を越えることによって矢状切歯路傾斜度が小さくなるため、回転角が負の値をとる場合が 62 例中 41 例と多かった。したがって全体の平均は -0.56° と負の値を示した。

1~4 mm までの前方咬合位に関する矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の差の平均値は、 $1.3\sim3.5^\circ$ の範囲内であった(表 7)。またすべての前方咬合位に関して、両傾斜度の差の正負の符号は、下顎の回転角の符号とほぼ一致していた。

年齢層間を比較すると、1 mm 以上の前方咬合位に関する下顎の回転角の、60 歳以上の平均値が他の年齢層よりも大きい傾向を示した(表 6)。最前方位に関しては、50 代までの平均値は負の値を示したが、60 歳以上だけは正の値を示した。また矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の差の値も 60 歳以上だけが正の値を示した(表 7)。これらは 60 歳以上の矢状顎路傾斜度が他の年齢層よりも小さいことによるものと考えられる。

図 5 矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の関係

3. 考 察

1) 矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の関係

歯牙滑走運動時の指導要素には、前方指導要素である歯牙と後方指導要素である顎関節がある。歯科学において前方指導を変化させたり付与したりする場合、人工的な前方指導は後方指導に適合したものである必要がある。そこで、従来から両指導要素の従属関係について研究が行われてきた^{17),18)}。それらの報告によれば、矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の間には、直接的な相関は認められないとされている。今回の 3 mm 前方咬合位に関する計測値でも、両者の間に統計学的に有意な相関は認められなかった(図 5)。ただし、両者の間の差が極端に大きな値をとる組合せは存在しなかった。

図6 3 mm 前方咬合位における下顎の回転角 θ の頻度分布

河野は、矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の差に着目し、矢状切歯路傾斜度が矢状顎路傾斜度よりも小さい値を示す頻度が、9例中2例と低頻度であったと報告している²⁶⁾。そしてこの場合、顎頭は前方位から咬頭嵌合位へ滑走運動するとき、開口時の方向に回転することを指摘した。また、中野¹⁹⁾は、前方滑走運動時にこのような回転をする頻度は31例中12例、38.7%であったと報告している。

図6に、今回の実験で計測された3 mm 前方咬合位に関する回転角の頻度分布を示す。頻度分布は正の値を示す頻度が若干多いが、0°を中心としてほぼ左右対称な分布を示した。計測値の中で、回転角の値が負を示したのは、62例中23例、37.1%であった。この結果は、中野の報告とほぼ一致しており、河野の報告よりも高頻度であった。

河野²⁷⁾は、28名の正常咬合者の前方滑走運動に関する結果から、前方指導を付与する場合には、矢状切歯路傾斜度を矢状顎路傾斜度よりも0°から約20°の範囲で大きくすることが望ましいとしている。また Mchorris²⁸⁾は、臼歯部に適当な離開を得るためには、矢状切歯路傾斜度が矢状顎路傾斜度よりも5°大きいことが望ましいとしている。

図7に、今回の実験で計測された3 mm 前方咬合位に関する矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の差の頻度分布を示す。両傾斜度の差の分布は、0°を中心としてやや正の値の頻度が多いが、ほぼ対称であった。このように矢状切歯路傾斜度は、3 mm 前方咬合位に関しては必ずしも矢状顎路傾斜度よりも大きくはなく、高頻度で小さい場合が存在した。

図7 3 mm 前方咬合位における矢状切歯路傾斜度と矢状顎路傾斜度の差の頻度分布

河野が指摘したように両傾斜度の差は、前方滑走運動時の上下顎歯列の離開量に影響する²⁶⁾。すなわち両傾斜度の差は、咬合面形態や咬合彎曲などの形態学的要素とともに、歯牙の滑走や離開という動的な咬合を決定する1つの要素と考えられる。前述のように、この要素のとり値の範囲は、従来考えられていたよりかなり広く、かつ正常有歯顎者の範囲内では両者の間に特に相関は認められなかった。したがって、両傾斜度の関係だけから前方指導要素の最適な傾斜度の範囲を決定することは困難であるように思われる。最適な前方指導を決定するためには、単に運動学的側面からだけでなく、形態学的な要素を含めてより包括的に論じる必要があろう。

2) 年齢層間での比較

矢状切歯路傾斜度には、年齢層間で有意な差は認められなかった(表4)。これは、被験者の条件として顎位が定まることを第1条件とし、補綴物の有無は考慮しなかったためと考えられる。

一方、矢状顎路傾斜度は、50代まではほぼ等しい値を示したが、60歳以上だけは他の年齢層よりも有意に小さい値を示した(表4)。

図8に年齢と矢状顎路傾斜度との関係を示す。図中の直線は回帰直線である。20~50代の前半までは矢状顎路傾斜度の分布範囲は広いのに対して、50代後半以上ではほぼ35°以下に分布していた。すなわち、50代後半以上では矢状顎路傾斜度が40~60°という比較的大きな値を示す被験者は少なかった。年齢と矢状顎路傾斜度との相関係数は0.26で、1%の危険率で統計学的に有意な相関が認められた。

Isaacson²⁵⁾は、36人の被験者(19~60歳)の矢状顎路

図 8 年齢と矢状顎路傾斜度の関係

矢状顎路傾斜度は 3 mm 前方咬合位の計測値である

傾斜度を測定し、その値を 40 歳以下の群と 40~60 歳の群との間で比較した。その結果、両群の矢状顎路傾斜度には全く差が認められなかったとしている。今回の 50 代までの結果は Isaacson の結果と一致している。したがって正常有歯顎者であるならば、50 代までは矢状顎路傾斜度の変化は少ないと考えられる。

つぎに加齢による矢状顎路傾斜度の変化の原因について述べる。

前方滑走運動時の顎頭の移動方向を決定する解剖学的要素は、顎頭および関節結節前壁の形態とその間に介在する関節円板である。これらの組織は様々な要因によって、その形態が変化することが知られている^{1~11)}。この形態の変化は、明らかに顎頭の運動方向を変化させることになる。

竹之下⁷⁾は、6 カ月~78 歳の 41 個の下顎骨を用いて、下顎頭の年齢的变化を X 線学的ならびに組織学的に研究した。彼は、下顎頭の成長は 20 歳代の中頃に完了し、その後は機能的な要因や年齢的な要因により加齢変化を示すとしている。また、形態変化の活動性はほぼ生涯にわたって保持されると述べている。

Öberg ら⁴⁾は、20~93 歳の被験者から得られた 102 の顎関節の形態を観察し、56% の顎関節で形態の変化を認めた。その変化は歯牙欠損が多い被験者で顕著であった。また、彼は他の関節と同様に年齢の関与が大きいと述べている。Mongini¹⁾は、100 の頭蓋骨 (18~67 歳) を用いた研究から、歯牙の欠損数と形態変化との間の相関を認めた。

以上の研究から、歯牙の欠損や咬耗による咬合状態の変化が顎関節の形態変化の主要な原因と考えられる。

今回の計測値では、矢状切歯路傾斜度に年齢層による

変化は認められなかった (表 4)。また表 1 に示すように、歯牙の欠損数は 40~60 歳以上の間で極端な差は認められなかった。これらは、本実験の被験者では咬合状態の年齢層による相違が少なかったことを意味している。

50 代まで矢状顎路傾斜度に変化が認められなかったことは、上記のように咬合状態の変化が少なかったためと考えられる。一方、60 歳以上では、咬合状態に著しい変化がないにもかかわらず、矢状顎路傾斜度が他の年齢層よりも有意に小さかった。この事実は、60 歳以上では咬合状態の変化が少なくとも、加齢に伴う顎関節の退行性変化が進行していることを示していると考えられる。

IV. 矢状面内限界運動

関節円板やその周囲軟組織は被圧縮性があるため、顎頭と関節窩との距離は顎頭に加わる力によってある範囲内で変化できる²⁹⁾。すなわち顎頭位は、顎関節の構造だけによって一意に決まるのではなく、咀嚼筋群により顎頭に加えられる力にも依存する。したがって、顎頭位は、主として硬組織によって拘束される範囲と、外力によって決まるその範囲内での微少な変位とに分けて考えることができる。前後的に力が加わったときには顎頭は大きく動くことができるから^{29,30)}、外力による変位方向としては主として上下方向を考えればよい。そこで外力による顎頭の変位を、以後上下的な可動性と呼ぶことにする。

Ⅲ. で明らかにされた 60 歳以上における矢状顎路傾斜度の変化は、加齢に伴う顎関節の退行性変化によるものと考えられた。その中でも特に骨組織の変化によるものと考えられた。加齢による退行性変化は骨組織だけでなく関節円板や軟組織でも起こることが知られている^{3,4,8,31)}。したがって、高齢者では矢状顎路傾斜度だけでなく、顎頭の上下的な可動性にも変化が起きていると考えられる。

そこで、本章では矢状面内限界運動を用いて顎頭の上下的な可動性について分析する。

1. 分析法

顎頭の上下的な可動性を正確に測定するためには、下顎に外力を加える必要がある。しかし、それは実際には困難であるため、本研究では 1 つの近似的な方法として、矢状面内限界運動による顎路の上下的な幅を分析する方法を用いた。矢状面内限界運動時には顎頭に様々な方向から力が加わると考えられる。したがって、その運

表 8 矢状顎路の上下幅

	顎頭中央点	全運動軸点
20代	0.96(0.27)	0.48(0.10)
30代	1.02(0.38)	0.52(0.14)
40代	0.96(0.32)	0.52(0.13)
50代	1.09(0.29)	0.55(0.19)
60歳以上	1.15(0.32)	0.50(0.15)
平均	1.02(0.31)	0.51(0.13)

単位：mm，（ ）：標準偏差

動における顎路の上下的な幅は前述の顎頭の上下的な可動性による成分を含んでいると考えられる。しかし、それだけではなく、その点の回転運動による移動などの他の成分を明らかに含んでいる。

ある1つの顎頭点の運動路だけを分析するだけでは、その上下的な幅が顎頭の上下的な可動性によるものか、その他の影響によるものかを分離することは不可能である。この問題を解決するためにはすべての顎頭点の運動路を分析する必要がある。しかし、実際にはすべての顎頭点を分析できないため、本章では解剖学的な基準点である顎頭中央点¹³⁾と運動学的な基準点である全運動軸点¹⁴⁾の2つの顎頭点の運動路について分析する。

矢状面内限界運動時の顎路の上下的な幅の評価には、全運動軸点の決定に用いた汎関数 $S(P)$ の平方根を2倍した値を用いた(図3)。この値を以後顎路の上下幅と呼び、 $\omega(P)$ で表すことにする。すなわち

$$\omega(P) \equiv 2\sqrt{S(P)}$$

とする。 $\omega(P)$ は運動路の平均的な上下幅に近い値と考えられる。

全運動軸点の運動路はほとんど往復運動路になるため、全運動軸点の位置が与えられると、他の顎頭点の運動路における前方滑走運動相、開口相、閉口相、蝶番運動相の相対的な位置関係を推定できる³²⁾。また、全運動軸点から離れた点ほど前述の上下幅は増加する。したがって、全運動軸点の顎頭における位置は、顎頭全体の上下的な可動性を集約した1つのパラメータと考えることができる。そこで全運動軸点の位置についても分析した。

2. 結 果

1) 矢状顎路の上下幅

表8に矢状顎路の上下幅の測定結果を示す。

全運動軸点の運動路の上下幅には年齢層間で差は認められなかった。その値は平均約0.5mmであった。

顎頭中央点の運動路の上下幅には、40代までは差が認

表 9 全運動軸点の平均座標

符号は前方および上方を正とした

	前 後	上 下
20代	0.41(2.10)	2.07(3.87)
30代	-0.35(2.45)	2.91(4.94)
40代	0.15(2.48)	4.45(4.56)
50代	2.14(1.67)	4.69(2.92)
60歳以上	2.94(4.25)	3.01(4.19)
平均	0.93(2.88)	3.16(4.17)

単位：mm，（ ）：標準偏差

められなかった。50代、60歳以上の上下幅は、それ以下の年齢層よりもわずかに大きい傾向が認められた。20代と60歳以上との間には5%の危険率で統計的に有意差が認められた。他の年齢層間では統計的に有意差は認められなかった。

2) 全運動軸点の位置

表9に全運動軸点の位置の測定結果を示す。その位置を顎頭中央点を原点とした前後、上下方向の座標で表し、表では各年齢層の平均座標と標準偏差を示した。符号は前方および上方を正とした。

上下方向に関しては、年齢層順に特定の傾向をもつ変化は認められなかった。一方、前後方向に関しては、50代と60歳以上の全運動軸点が他の年齢層よりも平均的に前方に位置する傾向を示した。50代と60歳以上の前後的な位置には他の年齢層との間で統計的に有意差が認められた。

図9は全被験者の全運動軸点の位置を表示したものである。上下的な位置は各年齢層とも比較的広い範囲に分布している。これに対して60歳以上の前後的な位置は、顎頭の前方に存在することが多いことがわかる。また、60歳以上では20顎頭中10顎頭の全運動軸点は顎頭外に存在した。

3. 考 察

Ⅲ. では、矢状顎路傾斜度の年齢層間の相違の原因と考えられる顎関節の解剖学的構造の変化について論じた。その変化としては、加齢に伴う諸組織の退行性変化が考えられた。本節では、さらに、これらの変化と顎頭の可動性、特に上下的な可動性との関係について論じる。

顎関節における顎頭の可動性を運動学的に評価するためには、本来すべての顎頭点の運動野を調べる必要がある。ここで運動野とは、その点が運動できる範囲のことである。運動野の上下的な幅は様々な下顎位でとりうる上下的な可動域と考えられる。しかし、運動野の上下幅

図 9 解剖学的顎頭中央点に対する全運動軸点の位置

を実際に計測することは不可能なため、本研究では近似的に矢状面内限界運動時の運動路の上下幅を用いることにした。この場合、測定された上下幅は、矢状面内限界運動でとる下顎位に関する上下的な可動域と考えられる。

顎頭全体の可動性を評価するためには、前述のようにすべての顎頭点について調べる必要がある。なぜならば、1つの顎頭点の運動路の上下幅には、顎頭の上下的な可動性だけでなく、その点の回転移動による成分も含まれているからである。したがって顎路の形状は顎頭点によって著しく変化し、ある点では上下幅が大きくても、別のある点では著しく小さくなる。そこで本研究では、形態学的に決まる顎頭中央点¹³⁾と運動学的に決まる全運動軸点¹⁴⁾の2つの顎頭点について分析した。

今回計測した値は、顎頭中央点と全運動軸点の運動路の上下幅と全運動軸点の位置である。両者の間には密接な関係があり、顎頭中央点の上下幅が大きいほど、一般に全運動軸点はその点から離れた点となる³²⁾。もし全運動軸点が顎頭外にあるとすれば、すべての顎頭内の点の運動路の上下幅は全運動軸点よりも大きいことがわかる。すなわち、顎頭内には運動路の上下幅が小さい点は存在しないことがわかる。

顎頭中央点の運動路の上下幅の計測値は、50代と60歳以上で他の年齢層よりも大きい傾向を示した(表8)。ただし、統計学的に有意差は認められなかった。一方、全

図 10 全運動軸点と顎頭中央点の運動路
曲線は上下幅が等しい点を表す

運動軸点の顎路の上下幅には、年齢層間で差は認められなかった(表8)。その平均は 0.51 ± 0.13 mm であった。従来の報告^{13,14,33,34)}では、全運動軸点の運動路の上下幅はおよそ 0.2~0.7 mm といわれている。今回の結果は従来の報告とほぼ一致していた。これは、今回の被験者ではクリッキングのような円滑さを欠く運動がなかったためと考えられる。

全運動軸点の上下的な位置には、年齢層間で差は認められなかった(表9)。これは各年齢層の分散が大きいためと考えられる。分散が大きい理由は、全運動軸点の位置がづきに述べる理由から上下方向に変位しやすいためと考えられる³²⁾。図10に示す曲線は運動路の上下幅が等しい点の集合を表す。この図からわかるように、上下方向に関しては顎頭点の位置の違いによる上下幅の変化は少ない。このため、全運動軸点の位置はわずかな運動の違いによって上下方向に変位しやすいものと考えられる。

一方、前後的な位置に関しては、50代と60歳以上で他の年齢層よりも平均的に有意に前方に変位していた(表9)。全運動軸点が顎頭中央点よりも前方にある場合、顎頭中央点の運動路は、図10に示すように前方滑走および前方限界開口運動時の経路が後方限界開口運動時の経路よりも下方になる。また、前方への変位量が大きいほどこの傾向は強くなる。このために、50代と60歳以上における顎頭中央点の運動路の上下幅は他の年齢層よりもわずかに大きくなったものと考えられる。

づきに顎路の上下幅に年齢層間の差が認められた原因について述べる。

新生児から86歳までの62例の顎関節を用いて組織学的に加齢による変化を観察した研究³⁾から、関節円板は加齢とともに硬化し、再生能も減退することが明らかに

されている。また下顎頭被覆軟骨組織では軟骨細胞の減少が認められ、特に hypertrophic zone は加齢によって菲薄化し消失するといわれている^{8,31)}。50代と60歳以上において顎頭の上下的な可動性が、他の年齢層よりもわずかに増加する傾向が認められたのは、高齢者では上記のような顎関節の退行性変化が進行しているためではないかと考えられる。

V. 結 論

20～79歳の正常有歯顎者62名の矢状面内運動を測定し、20, 30, 40, 50代, 60歳以上の5つの年齢層間でいくつかの運動学的な特徴を比較した。

1. 咬頭嵌合位から最前方位までの前方滑走運動について、下顎上の分析点の移動距離、移動方向および下顎の回転角を計測した。

1) 20代の計測値は従来の報告と同様の値を示した。

2) 1～4mmまでの前方咬合位に関して、矢状切歯路傾斜度と矢状顆路傾斜度の差の平均値は、 $1.3\sim 3.5^\circ$ の範囲内にあった。矢状切歯路傾斜度は矢状顆路傾斜度よりも平均的にわずかに大きい傾向を示した。

3) 年齢層間の比較では、50代まではすべての計測値に差は認められなかった。これに対して、60歳以上では矢状顆路傾斜度が他の年齢層よりも統計学的に有意に小さかった。また下顎の回転量は、他の年齢層よりも大きい傾向を示した。

2. 矢状面内限界運動による顎頭の運動路の上下的な幅と全運動軸点の位置について分析した。

その結果、50代と60歳以上の顎頭中央点の運動路の上下幅が他の年齢層よりもわずかに大きい値を示した。またその年齢層では、全運動軸点は他の年齢層よりも平均的に前方に位置した。

これらの現象は、50代と60歳以上では運動中における顎頭の上下的な可動性が増加することによるものと考えられた。

今後の課題として、側方滑走運動などのより機能運動に近い運動の分析や歯牙の欠損状態、咬合状態などの形態学的な面からの分析も必要と思われる。

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導ならびにご校閲を賜りました石岡 靖教授に謹んで感謝の意を表します。また、本研究に種々のご助言をいただきました野村修一助教授、林豊彦講師、加藤一誠講師の諸先生方に厚くお礼申し上げます。あわせて、本研究にご協力いただきました被験者の皆様、新潟

大学歯学部付属病院第一補綴科ならびに歯科補綴学第一教室の諸先生方に深謝致します。

文 献

- 1) Mongini, F.: Remodelling of the mandibular condyle in the adult and its relationship to the condition of the dental arches, *Acta Anat*, 82: 437～453, 1972.
- 2) Mongini, F.: Dental abrasion as a factor in remodeling of the mandibular condyle, *Acta Anat*, 92: 292～300, 1975.
- 3) Blackwood, H.J.J.: Adaptive changes in the mandibular joints with function, *Dent Clin North Am*, 10: 559～566, 1966.
- 4) Öberg, T., Carlsson, G.E. and Fajers, C.M.: The temporomandibular joint. A morphologic study on a human autopsy material, *Acta Odontol Scand*, 29: 349～383, 1970.
- 5) Toller, P.A.: Osteoarthritis of the mandibular condyle, *Br Dent J*, 134: 223～231, 1973.
- 6) Blackwood, H.J.J.: Cellular remodeling in articular tissue, *J Dent Res (Suppl)*, 45 (3): 480～489, 1966.
- 7) 竹之下康治: 下顎頭の年齢的变化に関するX線学的ならびに組織学的研究, *日口外誌*, 25: 43～64, 1979.
- 8) 兼子正幸: ヒト下顎頭の加齢的变化に関する病理組織学的研究, *九州歯会誌*, 33: 25～43, 1979.
- 9) 浦郷篤史: 口腔諸組織の生涯 4. 顎関節 (1), *The Quintessence*, 2 (10): 16～23, 1983.
- 10) 浦郷篤史: 口腔諸組織の生涯 4. 顎関節 (2), *The Quintessence*, 2 (11): 14～19, 1983.
- 11) 高村 浩, 丸山剛郎: 顎関節の構造変化に関する研究—肉眼的観察—, *補綴誌*, 28: 49～59, 1984.
- 12) 塩沢恭郎, 林 豊彦, 他: 下顎任意点の運動解析 第1報 測定システム, *補綴誌*, 25: 499～507, 1981.
- 13) 加藤一誠: 切歯路傾斜度の顎頭運動に与える影響 第1報 矢状切歯路傾斜度, *補綴誌*, 30: 108～127, 1986.
- 14) 河野正司: 下顎の矢状面内運動に対応する顎頭運動に関する研究 第2報 マルチフラッシュ装置による矢状面運動軸の解析, *補綴誌*, 12: 350～380, 1968.
- 15) 林 豊彦, 加藤一誠, 石岡 靖: 非線形最適化アルゴリズムによる全運動軸の自動探索法について, *顎機能*, 3: 29～35, 1985.
- 16) 西 克師, 林 豊彦, 石岡 靖: 顎頭運動の解析法—運動学的解析点としての全運動軸点—, *補綴誌*, 32: 1411～1419, 1988.
- 17) 中沢 勇: 下顎運動の補綴学的研究, 有歯顎の運動, *口病誌*, 13: 81～98, 1939.
- 18) Ingervall, B.: Range of sagittal movement of the man-

- dibular condyle and inclination of the condyle path in children and adults, *Acta Odontol Scand*, 30 : 67~87, 1972.
- 19) 中野雅徳：側方滑走運動における顆路と歯牙路に関する研究, 補綴誌, 19 : 461~479, 1975.
- 20) 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.
- 21) 高橋健二：下顎の前方および側方運動時における顆頭の動きについて (3 報), 補綴誌, 31 : 1077~1090, 1987.
- 22) Posselt, U. and Nevstedt, P. : Registration of the condyle path inclination by intraoral wax records—Its practical value, *J Prosthet Dent*, 11 : 43~47, 1961.
- 23) Posselt, U. and Skytting, B. : Registration of the condyle path inclination : Variations using the Gysi technique, *J Prosthet Dent*, 10 : 243~247, 1960.
- 24) Posselt, U. and Franzen, G. : Registration of the condyle path inclination by intraoral wax records : Variations in three instruments, *J Prosthet Dent*, 10 : 441~454, 1960.
- 25) Isaacson, D. : A clinical study of the condyle path, *J Prosthet Dent*, 9 : 927~935, 1959.
- 26) 河野正司, 塩沢育巳, 中野雅徳：前方滑走運動の歯牙指導要素としての切歯路の研究, 補綴誌, 19 : 426~433, 1975.
- 27) 河野正司, 加藤 均, 中野雅徳：顎口腔系の機能におけるアンテリオール・ガイダンスの働き, 顎機能, 2 : 1~5, 1983.
- 28) Mchorris, W.H. : Occlusion with particular emphasis on the functional and parafunctional role of anterior teeth. Part 2, *J Clin Orthod*, 13 : 684~701, 1979.
- 29) 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.
- 30) 川畑博昭：矢状面における各種顆頭位の研究 特に顆頭安定位について, 補綴誌, 15 : 403~429, 1971.
- 31) 森永登規雄：日本人顎関節の研究 第 5 篇 所謂壮年, 老年期の顎関節所見, 口病誌, 16 : 127~144, 1942.
- 32) 河野正司, 栗山 実, 吉田恵一, 吉田隆義：全運動の意義と描記法による求め方, 顎機能, 3 : 23~28, 1984.
- 33) 藤村哲也, 他：全運動軸の定義について, 顎機能, 3 : 37~44, 1984.
- 34) 塩沢恭郎：下顎任意点の運動解析 第 2 報 下顎限界運動の立体的解析, 補綴誌, 26 : 148~164, 1982.