

顎口腔機能異常者における下顎限界運動の多変量解析

櫻井裕也*

A Multi Variable Analysis on Mandibular Border Movements in Patients with Craniomandibular Disorders

Hiroya Sakurai

(平成4年1月30日受付)

緒言

顎口腔機能異常者は、近年増加しつつあり、臨床上大きい問題として世界的に注目を集めている¹⁾。顎口腔機能異常は、顎関節および咀嚼筋の疼痛の他多様な臨床像を示すが、なかでも下顎運動経路の異常および下顎運動制限等は、大部分の異常者に発現し、正常な顎口腔機能を大きく障害するため特に重視されている。この下顎運動経路の異常あるいは下顎運動制限は、下顎限界運動経路に影響を及ぼす。したがって、下顎限界運動を詳細に分析することは、顎口腔機能異常を客観的に診査し、適切な治療法を検討するうえで極めて重要である。

顎口腔機能異常者の下顎限界運動を分析した報告は、過去に少数ながら認められる。定性的には、下顎限界運動に対する影響は、機能異常の症型によって異なることが明らかにされてきた(中沢²⁾、古屋³⁻⁵⁾、尾崎⁶⁾)。しかし、定量的に分析した文献は少なく、下顎限界運動の異常を客観的に評価し、判定するには至っていない。また、これらの報告は、下顎限界運動を2次元的に分析したものであり、3次元的に分析した報告は見られない。

そこで本研究では、まず、顎口腔機能異常者の下顎限界運動を正確かつ詳細に解明するために、3次元的な測定を行った。ついで、下顎限界運動の異常を定量化することを目的として、異常を的確に反映するにはどのようなパラメータが有用であるかを多変量解析の判別分析を応用して統計学的に選択した。さらに、定

量化された下顎限界運動の異常と顎口腔機能異常の症型(病態)との関係を明確にすることによって、顎口腔機能異常に対する客観的評価法の確立を試みた。

材料ならびに方法

I. 被験者

被験者には、顎口腔機能異常者群として顎口腔領域に顎関節部および咀嚼筋群の疼痛、顎関節雑音、下顎運動障害の3大徴候のうち、少なくとも1つ以上を自覚し、欠損のない歯列を有する本学歯学部附属病院の患者42名(男性3名、女性39名、平均年齢26.5±12.9歳)を選択した。このうち、顎口腔機能異常者の男性が3名と、極めて少なかったため、女性のみを分析の対象とした(以下、異常者群と略す)。対照者群には、視診、触診、問診により顎口腔系に機能異常を認めない成人個性正常咬合者97名(男性47名、女性50名、平均年齢23.0±1.9歳)を用いた。このうち、対照者群の女性のみを対照者群とし、男性の対照者群を男性対照者群、男性および女性の対照者群を全対照者群とした。

II. 記録装置および分析方法

図1は下顎限界運動の記録および分析システムのブロックダイヤグラムである。

下顎切歯点の3次元運動軌跡は、Sirognathograph(Siemens社製、D3175、ドイツ)を用いて記録し、サンプリングタイム2.00msにてA/D変換し、リアルタイムで3次元下顎運動軌跡をモニターするとともに、データレコーダ(SONY Magnescale社製、NFR-3915)に収録した。さらに、汎用パーソナルコンピュータ(NEC社製、PC-98XL²⁾)を用い、後述のパラメータの計算を行った。

* 広島大学歯学部歯科補綴学第一講座(主任:津留宏道教授)本論文の要旨は平成元年10月第82回日本補綴歯科学会学術大会において発表した。

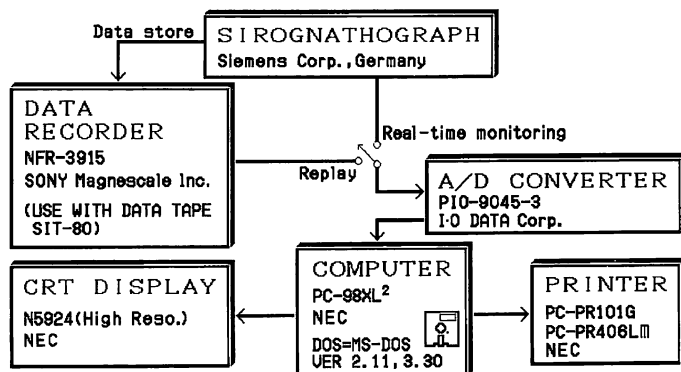


図1 下顎限界運動の記録, 分析システムのブロックダイアグラム.

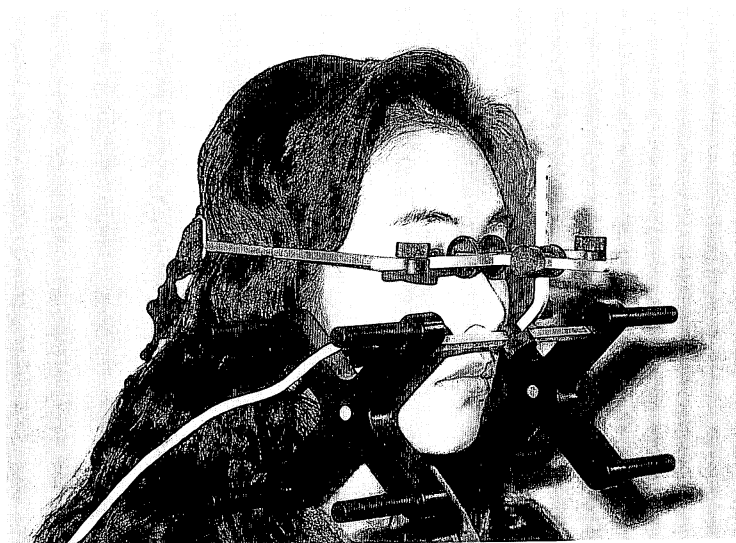


図2 計測装置と被験者 (Sirognathograph のヘッドセットを被験者に装着した状態)。

記録および分析には, BASIC 言語類似で実行速度が超高速なコンパイラ言語^{7,8)}, アセンブリ言語 (PHARLAP 社製, 386 ASM)^{9,10)} および N₈₈-日本語 BASIC VER 6.0 (NEC 社製, MS-DOS⁸⁾ 版) を用い, 本研究のために著者が独自に開発したプログラムを使用した。

被験者は, フランクフルト平面が床と水平になるよう留意し, シールドルーム内の歯科用椅子に座らせた (図2)。

III. 被検運動 (図3)

被検運動は, 左側方限界運動, 右側方限界運動および前方限界運動の3種類とした。以下, 咬頭嵌合位を ICP, 最大左 (または右) 側方偏位点を最側点, 最大開口点を最開点, 最大前方偏位点を最前点と略記する (図3)。

1. 左右側方限界運動³⁾

ICP から歯牙接触を維持して, 最側点まで側方運動を行い, 次に最開点まで側方限界開口路に従って開口し, 最開点に達した後に, 習慣性閉口路に従って ICP に戻す運動を被験者に指示した。

2. 前方限界運動³⁾

ICP から歯牙接触を維持して, 最前点まで前方運動を行い, 次に最開点まで前方限界開口路に従って開口し, 最開点に達した後に, 習慣性閉口路に従って ICP に戻す運動を被験者に指示した。以上, 3種類の下顎限界運動をそれぞれ5回ずつ記録した。

IV. 基本計測パラメータ (図4-7)

計測の基準となる3つの平面 (前頭面, 矢状面および水平面) は, フランクフルト平面を水平面として決定した。左側方限界運動の最側点と最開点とをそれぞれ

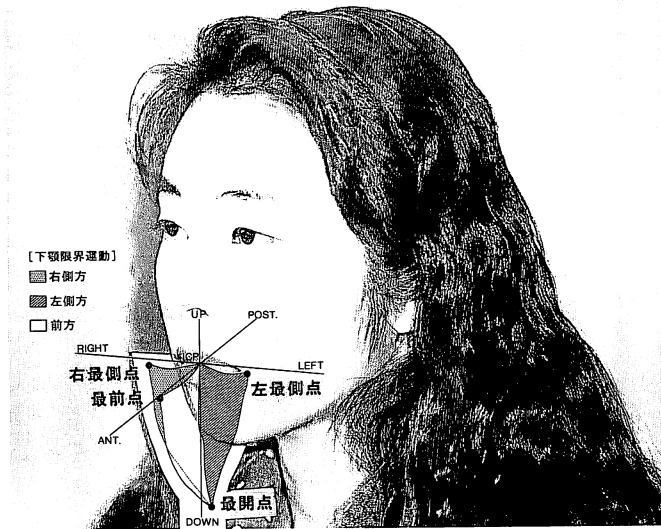


図3 被験者に指示した3種類の下顎限界運動(左右側方および前方限界運動)。

れLとL₀、右側方限界運動の最側点と最開点とをそれぞれRとR₀、および前方限界運動の最前点と最開点とをそれぞれAとA₀とした(図4, 5)。

1. 限界像の面積(S)

左右側方限界運動については、3つの経路、すなわち、ICPから最側点、最側点から最開点、最開点からICPで囲まれる前頭面投影面積を求めた。前方限界運動についても、3つの経路、すなわち、ICPから最前点、最前点から最開点、最開点からICPで囲まれる矢状面投影面積を求めた。

2. 経路の3次的長さ(L)

3. 3次元直線距離(D)

ICPから最側点(左右側方限界運動)または最前点(前方限界運動)までの経路の長さとして直線距離とをそれぞれL₁とD₁、最側点または最前点から最開点までの経路の長さとして直線距離とをそれぞれL₂とD₂、および最開点からICPまでの経路の長さとして直線距離とをそれぞれL₃、D₃とした。すなわち、右側方限界運動においては、

$$D_1 = |\overrightarrow{ICP}R|, D_2 = |\overrightarrow{R}R_0|, D_3 = |\overrightarrow{R_0}ICP|$$

である(図4)。

さらに、3つの経路の長さおよび直線距離の合計をL_T、D_Tとした。すなわち、

$$L_T = \sum_{i=1}^3 L_i = L_1 + L_2 + L_3, D_T = \sum_{i=1}^3 D_i = D_1 + D_2 + D_3$$

である。

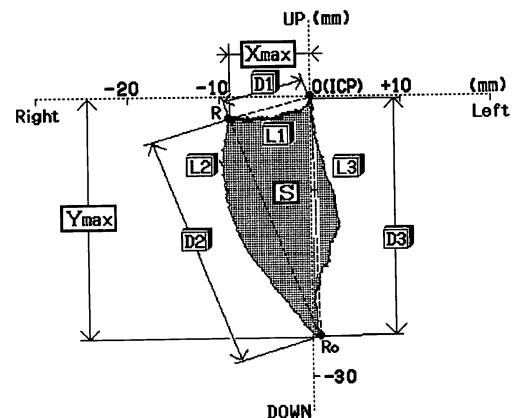


図4 右側方限界運動における前頭面投影像と計測パラメータ。

(右側方限界運動における例を示す。右側方限界運動の最側点をR、最開点をR₀とし、前方限界運動では、矢状面投影像において、最前点をA、最開点をA₀とする。)

S: 限界像の面積, L₁, D₁: ICPから最側点または最前点までの経路の3次的長さとして3次元距離, L₂, D₂: 最側点または最前点から最開点までの経路の3次的長さとして3次元距離, L₃, D₃: 最開点からICPまでの経路の3次的長さとして3次元距離, X_{max}: 左(または右)最側点のICPからの水平的偏位量, Y_{max}: 最開点のICPからの垂直的偏位量

4. 左右側方限界運動の前頭面投影における左(または右)最側点のICPからの水平的偏位量(X_{max})
5. 最開点のICPからの垂直的偏位量(Y_{max})

6. 最側点 (または最前点), ICP および最開点の3点がなす3次元角度 (ANG) は,

左側方限界運動では, $\angle L(ICP)L_o$ ($X=L, X_o=L_o$)

右側方限界運動では, $\angle R(ICP)R_o$ ($X=R, X_o=R_o$)

前方限界運動では, $\angle A(ICP)A_o$ ($X=A, X_o=A_o$)

であり,

$$ANG = \cos^{-1} \left(\frac{(\overrightarrow{ICP}X) \cdot (\overrightarrow{ICP}X_o)}{|\overrightarrow{ICP}X| |\overrightarrow{ICP}X_o|} \right)$$

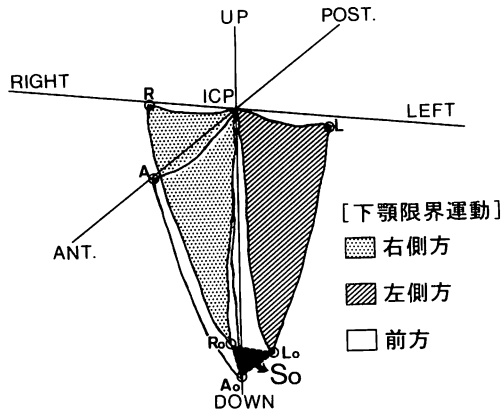


図5 3種類の下顎限界運動の最開点3点が形成する三角形の面積 (S_o), 3辺和 (l_o), 計測基準点の略号 (左側方限界運動の最側点Lと最開点 L_o , 右側方限界運動の最側点Rと最開点 R_o , 前方限界運動の最前点Aと最開点 A_o).

で与えられる (図5)。

7. 最側点 (左右側方限界運動) または最前点 (前方限界運動) の3つの平面 (前頭面, 矢状面および水平面) への投影点と ICP を結ぶ線分と基準線のなす角度は, それぞれ $\theta_F, \theta_S, \theta_H$ である (図6)。

8. 最開点の3つの平面への投影点と ICP を結ぶ線分と基準線のなす角度は, それぞれ ϕ_F, ϕ_S, ϕ_H である (図7)。

以上, 8項目のパラメータの略号に対し, 左側方限界運動はL, 右側方限界運動はR, 前方限界運動はAを接尾記号として附記し, 基本計測パラメータを定義した (表1)。さらに, 3種類の下顎限界運動それぞれの基本計測パラメータの5回の平均値 (以下, 平均値と略す) および変異係数 (coefficient of variation, 以下CV値と略す) を計算した。

V. 評価パラメータ

被験者それぞれについて, 基本計測パラメータの組み合わせである評価パラメータの平均値およびCV値を計算した。

1. 左右側方限界運動に関する評価パラメータ (表2)
表2のSから Y_{max} までは, 基本計測パラメータであり, 以下は組み合わせを示す。

(1) 左右平均

左および右側方限界運動の平均値について, 左右平均値を算出し, 大文字のMを接頭記号とした。

(2) 左右比

左および右側方限界運動の平均値の小さいものを分

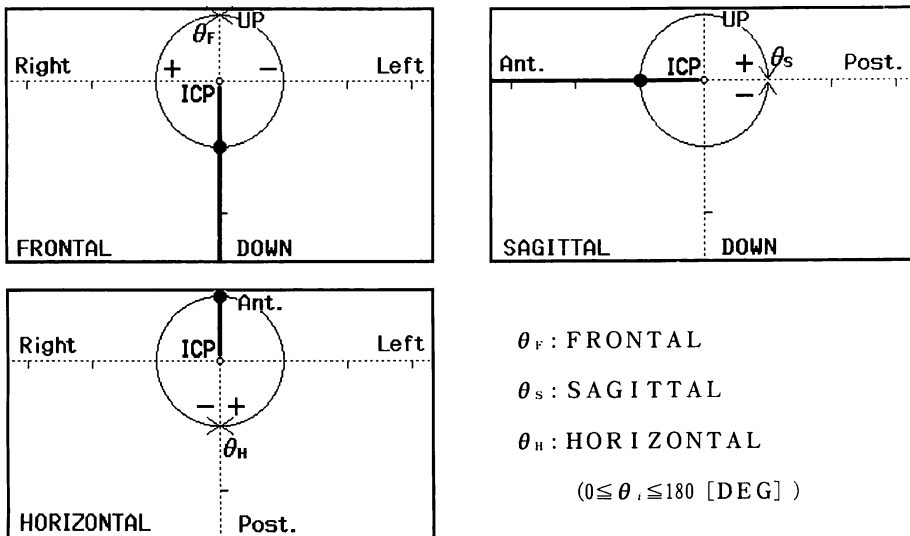


図6 最側点または最前点とICPを結ぶ線分と基準線のなす角度の計測方法。丸印のある太い実線を基準線とし, 正負を定義した。

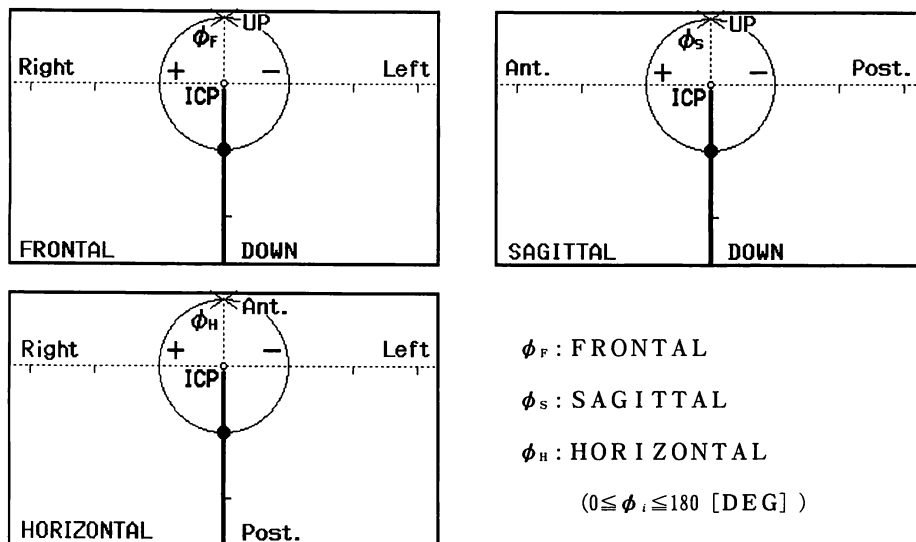


図7 最開点と ICP を結ぶ線分と基準線のなす角度の計測方法。
丸印のある太い実線を基準線とし、正負を定義した。

表1 基本計測パラメータ

	略号	左側方限界運動	右側方限界運動	前方限界運動
限界像の面積 *	S	SL	SR	SA
経路の長さ **	L ₁	L ₁ L	L ₁ R	L ₁ A
	L ₂	L ₂ L	L ₂ R	L ₂ A
	L ₃	L ₃ L	L ₃ R	L ₃ A
	L _T	L _T L	L _T R	L _T A
3次元距離 **	D ₁	D ₁ L	D ₁ R	D ₁ A
	D ₂	D ₂ L	D ₂ R	D ₂ A
	D ₃	D ₃ L	D ₃ R	D ₃ A
	D _T	D _T L	D _T R	D _T A
最側点 *	X _{max}	X _{max} L	X _{max} R	—
最開点 *	Y _{max}	Y _{max} L	Y _{max} R	Y _{max} A
角度 * (最側点および最前点)	θ_F	$\theta_F L$	$\theta_F R$	$\theta_F A$
	θ_S	$\theta_S L$	$\theta_S R$	$\theta_S A$
	θ_H	$\theta_H L$	$\theta_H R$	$\theta_H A$
角度 * (最開点)	ϕ_F	$\phi_F L$	$\phi_F R$	$\phi_F A$
	ϕ_S	$\phi_S L$	$\phi_S R$	$\phi_S A$
	ϕ_H	$\phi_H L$	$\phi_H R$	$\phi_H A$
角度 **	ANG	ANGL	ANGR	ANGA

3種類の下顎限界運動に関する基本計測パラメータの略号を示す。

* : 平面に投影した2次元計測量 ; ** : 3次元計測量

母とした比を算出し、大文字の R を接頭記号とした。

(3) CV 左右平均

左および右側方限界運動の CV 値について、左右平均値を算出し、大文字の MCV を接頭記号とした。

(4) CV 左右比

左および右側方限界運動の CV 値の小さいものを分母とした比を算出し、大文字の RCV を接頭記号とした。

表2 左右側方限界運動に関する評価パラメータ

	左右平均	左右比	CV 左右平均	CV 左右比
S	M(S)	R(S)	MCV(S)	RCV(S)
L ₁	M(L ₁)	R(L ₁)	MCV(L ₁)	RCV(L ₁)
L ₂	M(L ₂)	R(L ₂)	MCV(L ₂)	RCV(L ₂)
L ₃	M(L ₃)	R(L ₃)	MCV(L ₃)	RCV(L ₃)
L _T	M(L _T)	R(L _T)	MCV(L _T)	RCV(L _T)
D ₁	M(D ₁)	R(D ₁)	MCV(D ₁)	RCV(D ₁)
D ₂	M(D ₂)	R(D ₂)	MCV(D ₂)	RCV(D ₂)
D ₃	M(D ₃)	R(D ₃)	MCV(D ₃)	RCV(D ₃)
D _T	M(D _T)	R(D _T)	MCV(D _T)	RCV(D _T)
ANG	M(ANG)	R(ANG)	MCV(ANG)	RCV(ANG)
X _{max}	M(X _{max})	R(X _{max})	MCV(X _{max})	RCV(X _{max})
Y _{max}	M(Y _{max})	R(Y _{max})	MCV(Y _{max})	RCV(Y _{max})
L ₁ /L _T	M(L ₁ /L _T)	R(L ₁ /L _T)	MCV(L ₁ /L _T)	RCV(L ₁ /L _T)
L ₂ /L _T	M(L ₂ /L _T)	R(L ₂ /L _T)	MCV(L ₂ /L _T)	RCV(L ₂ /L _T)
L ₃ /L _T	M(L ₃ /L _T)	R(L ₃ /L _T)	MCV(L ₃ /L _T)	RCV(L ₃ /L _T)
D ₁ /D _T	M(D ₁ /D _T)	R(D ₁ /D _T)	MCV(D ₁ /D _T)	RCV(D ₁ /D _T)
D ₂ /D _T	M(D ₂ /D _T)	R(D ₂ /D _T)	MCV(D ₂ /D _T)	RCV(D ₂ /D _T)
D ₃ /D _T	M(D ₃ /D _T)	R(D ₃ /D _T)	MCV(D ₃ /D _T)	RCV(D ₃ /D _T)
S/L ₁	M(S/L ₁)	R(S/L ₁)	MCV(S/L ₁)	RCV(S/L ₁)
S/L ₂	M(S/L ₂)	R(S/L ₂)	MCV(S/L ₂)	RCV(S/L ₂)
S/L ₃	M(S/L ₃)	R(S/L ₃)	MCV(S/L ₃)	RCV(S/L ₃)
S/L _T	M(S/L _T)	R(S/L _T)	MCV(S/L _T)	RCV(S/L _T)
S/D ₁	M(S/D ₁)	R(S/D ₁)	MCV(S/D ₁)	RCV(S/D ₁)
S/D ₂	M(S/D ₂)	R(S/D ₂)	MCV(S/D ₂)	RCV(S/D ₂)
S/D ₃	M(S/D ₃)	R(S/D ₃)	MCV(S/D ₃)	RCV(S/D ₃)
S/D _T	M(S/D _T)	R(S/D _T)	MCV(S/D _T)	RCV(S/D _T)
L ₁ /D ₁	M(L ₁ /D ₁)	R(L ₁ /D ₁)	MCV(L ₁ /D ₁)	RCV(L ₁ /D ₁)
L ₂ /D ₂	M(L ₂ /D ₂)	R(L ₂ /D ₂)	MCV(L ₂ /D ₂)	RCV(L ₂ /D ₂)
L ₃ /D ₃	M(L ₃ /D ₃)	R(L ₃ /D ₃)	MCV(L ₃ /D ₃)	RCV(L ₃ /D ₃)
L _T /D _T	M(L _T /D _T)	R(L _T /D _T)	MCV(L _T /D _T)	RCV(L _T /D _T)
D ₂ /D ₁	M(D ₂ /D ₁)	R(D ₂ /D ₁)	MCV(D ₂ /D ₁)	RCV(D ₂ /D ₁)
D ₃ /D ₁	M(D ₃ /D ₁)	R(D ₃ /D ₁)	MCV(D ₃ /D ₁)	RCV(D ₃ /D ₁)
L ₂ /L ₁	M(L ₂ /L ₁)	R(L ₂ /L ₁)	MCV(L ₂ /L ₁)	RCV(L ₂ /L ₁)
L ₃ /L ₁	M(L ₃ /L ₁)	R(L ₃ /L ₁)	MCV(L ₃ /L ₁)	RCV(L ₃ /L ₁)

S から Y_{max} は、基本計測パラメータ。左右平均：左・右側方限界運動の平均値の左右平均値，M が接頭記号；左右比：左・右側方限界運動の平均値の小さいものを分母とした比，R が接頭記号；CV 左右平均：左・右側方限界運動の CV 値の左右平均値，MCV が接頭記号；CV 左右比：左・右側方限界運動の CV 値の小さいものを分母とした比，RCV が接頭記号；M：Mean；R：Ratio

2. 前方限界運動に関する評価パラメータ（表3）

表3のSからANGまでは、基本計測パラメータであり、以下は組み合わせを示す。

(1) 5回の平均

前方限界運動の平均値であり、小文字のmを接頭記号とした。

(2) CV

前方限界運動のCV値であり、大文字のCVを接頭記号とした。

3. 3種類の下顎限界運動の最開点に関する評価パ

ラメータ（表4）

最開点は、5回の下顎限界運動の平均最開点とした。S₀は3種類の下顎限界運動の最開点3点が形成する三角形の面積、すなわち、

$$S_0 = \frac{1}{2} |\overrightarrow{A_0 R_0} \times \overrightarrow{A_0 L_0}|$$

である（図5）。

ℓ₀は3種類の限界運動の最開点3点が形成する三角形の3辺和、すなわち、

表3 前方限界運動に関する評価パラメータ

	5回の平均	CV
S	m(S)	CV(S)
L ₁	m(L ₁)	CV(L ₁)
L ₂	m(L ₂)	CV(L ₂)
L ₃	m(L ₃)	CV(L ₃)
L _T	m(L _T)	CV(L _T)
D ₁	m(D ₁)	CV(D ₁)
D ₂	m(D ₂)	CV(D ₂)
D ₃	m(D ₃)	CV(D ₃)
D _T	m(D _T)	CV(D _T)
ANG	m(ANG)	CV(ANG)
L ₁ /L _T	m(L ₁ /L _T)	CV(L ₁ /L _T)
L ₂ /L _T	m(L ₂ /L _T)	CV(L ₂ /L _T)
L ₃ /L _T	m(L ₃ /L _T)	CV(L ₃ /L _T)
D ₁ /D _T	m(D ₁ /D _T)	CV(D ₁ /D _T)
D ₂ /D _T	m(D ₂ /D _T)	CV(D ₂ /D _T)
D ₃ /D _T	m(D ₃ /D _T)	CV(D ₃ /D _T)
S/L ₁	m(S/L ₁)	CV(S/L ₁)
S/L ₂	m(S/L ₂)	CV(S/L ₂)
S/L ₃	m(S/L ₃)	CV(S/L ₃)
S/L _T	m(S/L _T)	CV(S/L _T)
S/D ₁	m(S/D ₁)	CV(S/D ₁)
S/D ₂	m(S/D ₂)	CV(S/D ₂)
S/D ₃	m(S/D ₃)	CV(S/D ₃)
S/D _T	m(S/D _T)	CV(S/D _T)
L ₁ /D ₁	m(L ₁ /D ₁)	CV(L ₁ /D ₁)
L ₂ /D ₂	m(L ₂ /D ₂)	CV(L ₂ /D ₂)
L ₃ /D ₃	m(L ₃ /D ₃)	CV(L ₃ /D ₃)
L _T /D _T	m(L _T /D _T)	CV(L _T /D _T)
D ₂ /D ₁	m(D ₂ /D ₁)	CV(D ₂ /D ₁)
D ₃ /D ₁	m(D ₃ /D ₁)	CV(D ₃ /D ₁)
L ₂ /L ₁	m(L ₂ /L ₁)	CV(L ₂ /L ₁)
L ₃ /L ₁	m(L ₃ /L ₁)	CV(L ₃ /L ₁)

S から ANG は、基本計測パラメータ。5回の平均：前方限界運動の平均値，m が接頭記号；CV：前方限界運動の CV 値，CV が接頭記号；m：mean

表4 3種類の下顎限界運動の最開点に関する評価パラメータ

m(Y _{max})	3種類の下顎限界運動の Y _{max} の平均値
mCV(Y _{max})	3種類の下顎限界運動の Y _{max} の CV 平均値
ΔY _{max}	3種類の下顎限界運動の Y _{max} の最大値と最小値の差
r(ΔY _{max})	$= \frac{\Delta Y_{max}}{m(Y_{max})}$
S _o	3種類の下顎限界運動の最開点3点が形成する三角形の面積
ℓ _o	3種類の下顎限界運動の最開点3点が形成する三角形の3辺和

$$\ell_o = |\overrightarrow{A_o R_o}| + |\overrightarrow{R_o L_o}| + |\overrightarrow{L_o A_o}|$$

である (図5)。

4. 角度に関する評価パラメータ (表5)

角度は、平均値の絶対値 (絶対値記号は附記しない) および CV 値 (大文字の CV を接頭記号とする) を算出した。左右側方限界運動については、左右平均として、左および右側方限界運動の平均値の絶対値について、左右平均値を算出し、大文字の M を接頭記号とした。CV 左右平均として、左および右側方限界運動の CV 値について、CV 左右平均値を算出し、大文字の MCV を接頭記号とした。

VI. 統計解析

1. t-検定

254種の評価パラメータ (以下、パラメータと略す) について、異常者群と対照者群との比較検討を行うため、Student の t-検定を用いて以下のパラメータを選択した。すなわち、危険率1%未満で異常者群と対照者群との間に有意差を認め、かつ異常者群と全対照者群との間においても有意差を認め、さらに、対照者群と男性対照者群との間には危険率5%以下で有意差を認めないパラメータ、すなわち、性差の認められないパラメータを選択した。

2. 相関関係

多変量解析 (詳細は後述) を行うに当たり、有意差の認められたパラメータについて、パラメータ相互の相関係数を求めた。相関の強いパラメータ群より1種のパラメータを選択し、以下の多変量解析を行った。

3. 多変量解析¹¹⁾

多変量解析 (判別分析) 法を応用し、異常者群と対照者群とを最も明確に判別することができるように、パラメータの重みづけを行った。すなわち、

$$F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n) = \sum_{i=1}^n (\text{パラメータ})_i \times (\text{係数})_i + \text{定数項}$$

$$(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n; n \text{ 個のパラメータ})$$

で表される判別関数を求め、寄与率の F 値 (詳細は後述) および係数を求めた。

さらに、被験者それぞれのパラメータの値を判別関数に代入した判別得点を求め、判別得点が0以上の場合 (F(p₁, p₂, p₃, ..., p_n) ≥ 0) を対照者群と判別し、0より小さい場合 (F(p₁, p₂, p₃, ..., p_n) < 0) を異常者群と判別した。この判別得点を全被験者について求めた。

表5 角度に関する評価パラメータ

	角 度	絶対値	CV	左右側方限界運動	
				左右平均	CV 左右平均
最 側 点	右側方限界運動 角度	$\theta_F R$	$CV(\theta_F R)$		
		$\theta_S R$	$CV(\theta_S R)$		
		$\theta_H R$	$CV(\theta_H R)$		
最 前 点	左側方限界運動 角度	$\theta_F L$	$CV(\theta_F L)$		
		$\theta_S L$	$CV(\theta_S L)$		
		$\theta_H L$	$CV(\theta_H L)$		
最 開 点	左右平均角度			$M(\theta_F)$	$MCV(\theta_F)$
				$M(\theta_S)$	$MCV(\theta_S)$
				$M(\theta_H)$	$MCV(\theta_H)$
最 前 点	前方限界運動 角度	$\theta_F A$	$CV(\theta_F A)$		
		$\theta_S A$	$CV(\theta_S A)$		
		$\theta_H A$	$CV(\theta_H A)$		
最 開 点	右側方限界運動 角度	$\phi_F R$	$CV(\phi_F R)$		
		$\phi_S R$	$CV(\phi_S R)$		
		$\phi_H R$	$CV(\phi_H R)$		
最 開 点	左側方限界運動 角度	$\phi_F L$	$CV(\phi_F L)$		
		$\phi_S L$	$CV(\phi_S L)$		
		$\phi_H L$	$CV(\phi_H L)$		
最 開 点	左右平均角度			$M(\phi_F)$	$MCV(\phi_F)$
				$M(\phi_S)$	$MCV(\phi_S)$
				$M(\phi_H)$	$MCV(\phi_H)$
最 前 点	前方限界運動 角度	$\phi_F A$	$CV(\phi_F A)$		
		$\phi_S A$	$CV(\phi_S A)$		
		$\phi_H A$	$CV(\phi_H A)$		

3種類の下顎限界運動における最側点、最前点、最開点の3平面(①前頭面 θ_F , ϕ_F , ②矢状面 θ_S , ϕ_S , ③水平面 θ_H , ϕ_H)への投影点とICPを結ぶ線分と基準線のなす角度の平均値の絶対値とCV値について略号を定義した。

左右側方限界運動については、左右平均(左・右側方限界運動の左右平均値)とCV左右平均(左・右側方限界運動のCV左右平均値)を算出した(M: Mean)。

4. パラメータの絞り込み

パラメータを可能な限り少なくするために、寄与率のF値(詳細は後述)が最も小さいことを条件として、パラメータの絞り込みを行い、判別率(対照者群が対照者群に判別される割合および異常者群が異常者群に判別される割合)の変化を検討した。

Ⅶ. 判別得点と顎関節学会による顎関節症の症型分類との対応

顎関節学会による顎関節症の症型分類¹²⁾に従い、異常者群を症型分類し、症型ごとに判別得点の平均値を求めた。

結 果

I. t-検 定

異常者群と対照者群との間に有意差を認め、かつ性差の認められないパラメータは、30種存在した(表6)。また、30種のパラメータのそれぞれに、No. 1からNo. 30までのパラメータ番号(以下、No. 略す)を与えた。

Ⅱ. 相 関 関 係

30種のパラメータ相互の相関関係を表7に示した。点線で囲んだ2つの群内で、強い相関を認めた。したがって、以下の多変量解析に用いるパラメータは、

表 6 評価パラメータの t-検定結果

No.	パラメータ	P<0.01		
		異常者群	全対照者群	
			対照者群	男性対照者群
1	M(L ₂)	31.8 (mm)	37.9 (mm)	39.0 (mm)
2	M(L ₃)	32.6 (mm)	38.2 (mm)	39.0 (mm)
3	M(L _T)	75.0 (mm)	86.9 (mm)	89.7 (mm)
4	M(D ₂)	29.0 (mm)	35.2 (mm)	35.7 (mm)
5	M(D ₃)	29.3 (mm)	34.8 (mm)	35.2 (mm)
6	M(D _T)	67.5 (mm)	79.7 (mm)	81.4 (mm)
7	MCV(L ₂ /L _T)	0.0274	0.0172	0.0183
8	MCV(L ₃ /L _T)	0.0254	0.0185	0.0182
9	MCV(D ₂ /D _T)	0.0156	0.0990	0.0093
10	MCV(L ₂ /D ₂)	0.0264	0.1748	0.0186
11	MCV(L _T /D _T)	0.0174	0.0128	0.0128
12	MCV(L ₂ /L ₁)	0.1043	0.0774	0.0780
13	MCV(ANG)	0.00073	0.00050	0.00049
14	M(Y _{max})	25.3 (mm)	29.4 (mm)	30.8 (mm)
15	m(L ₂)	33.8 (mm)	40.2 (mm)	41.7 (mm)
16	m(L ₃)	34.6 (mm)	39.4 (mm)	41.6 (mm)
17	m(L _T)	78.2 (mm)	89.5 (mm)	94.9 (mm)
18	m(D ₂)	31.9 (mm)	38.3 (mm)	23.8 (mm)
19	CV(D ₂)	0.0482	0.0307	0.0343
20	m(D ₃)	31.3 (mm)	36.2 (mm)	37.8 (mm)
21	m(D _T)	70.5 (mm)	82.4 (mm)	86.6 (mm)
22	CV(L ₂ /L _T)	0.0236	0.0136	0.0132
23	CV(L ₃ /L _T)	0.0225	0.0151	0.0140
24	m(D ₂ /D _T)	0.4494	0.4630	0.4587
25	CV(D ₂ /D _T)	0.0130	0.0071	0.0071
26	m(L ₁ /D ₁)	1.33	1.23	1.28
27	CV(L ₂ /L ₂)	0.0181	0.0118	0.0112
28	CV(L _T /D _T)	0.0173	0.0092	0.0108
29	CV(L ₂ /L ₁)	0.1316	0.0894	0.0777
30	m(ANG)	86.4 (DEG)	96.3 (DEG)	96.2 (DEG)

P<0.01

P>0.05

異常者群と対照者群との間に有意差を認め、かつ性差の認められない30種の評価パラメータの各群における平均値。P<0.01 は危険率1%未満で有意差を認めたもの、P>0.05 は危険率5%以下で有意差の認められなかったもの。

No. 30, 24 の2種のパラメータ群から1種を、No. 17, 15, 16, 18, 21, 20, 3, 1, 2, 6, 4, 5, 14 の13種のパラメータ群から1種を選択した。

Ⅲ. 多変量解析

30種のパラメータを用いた判別分析結果のうち、相関の強い15種のパラメータに関する結果を表8に示した。No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21 の13種のパラメータ群を表の上段に、No. 24, 30 の2種のパラメータ群を表の下段に示した。後述するよう

に、係数の正負一致が成立し、かつ寄与率のF値の大きいものを選択基準とした。

したがって、左右側方限界運動のY_{max}の平均値および前方限界運動のD₂/D_Tを選択することができた。この選択により、パラメータの数は、強い相関を認めなかった残りの15種のパラメータに上記2種のパラメータを加えた17種となった。

Ⅳ. パラメータの絞り込み

17種のパラメータを用いた判別分析結果を表9に示

表7 30種の評価パラメータ相互の相関表

No.	25	30	24	17	15	16	18	21	20	3	1	2	6	4	5	14	19	7	8	10	11	9	22	13	28	27	23	29	12	26	
25																															
30		*																													
24		*																													
17				**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15				**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
16				**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
18				**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21				**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20				**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3				**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
14				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19																															
7																															
8																															
10																															
11																															
9																															
22																															
13																															
28																															
27																															
23																															
29																															
12																															
26																															

相関の強いものが対象軸付近に集まるようパラメータ No. の順序を入れ替えた。

*：相関係数 0.80 以上；**：相関係数 0.90 以上

した。パラメータ棄却の条件は、寄与率の F 値が最も小さいこととし、順に1つずつ棄却していった手順を一括して表示した。No. 29, 22, 27, 24, 13, 11, 8, 10, 7 の順に棄却した。

残り 8 種のパラメータを用いた判別結果を表10に示した。同じパラメータ棄却の条件で、No. 9, 19, 23 の順に棄却した。残り 5 種のパラメータとなった時点では、係数の正負一致が成立していた。最終的な 5 種のパラメータ、すなわち、No. 12, 14, 25, 26, 28 を用いた判別分析結果を表11に示した。これらはすべて係数の正負一致が成立し、かつ寄与率の F 値も大きいものとなった。

V. 判別率

5 種のパラメータを用いた判別分析の結果、異常者群では、異常者群に判別されたものが31名で、判別率は79.5%となった。また、対照者群では、対照者群に

判別されたものが42名で、判別率は84.0%となった。

今回の判別分析は、女性データを基に計算して判別関数を決定したが、この判別関数を用いた男性対照者群および全対照者群の判別率は約80%の高率となった(表12)。

VI. パラメータの絞り込みによる判別率の変化

異常者群と対照者群との間に有意差を認めた30種のパラメータを用いた判別率と絞り込んだ 5 種のパラメータを用いた判別率は、ともに79.5% (異常者群) および84.0% (対照者群) であり、まったく等しかった(表13)。

VII. 判別得点と顎関節学会による顎関節症の症型分類¹²⁾との対応

対照者群の判別得点の平均値は +1.083, 異常者群の平均値は -1.083 であった。また、I 型の平均値は

表8 30種の評価パラメータを用いた判別分析結果のうち、相関の強い15種のパラメータに関する結果

No.	パラメータ	寄与率のF値	係数	係数の正負一致
1	M(L ₂)	1.021	1.291	○
2	M(L ₃)	1.322	1.167	○
3	M(L _T)	1.631	-1.183	×
4	M(D ₂)	0.616	-1.119	×
5	M(D ₃)	0.335	-0.628	×
6	M(D _T)	0.617	0.773	○
14	M(Y _{max})	2.189	0.425	○ (*)
15	m(L ₂)	1.389	-1.398	×
16	m(L ₃)	2.302	-1.893	×
17	m(L _T)	1.880	1.659	○
18	m(D ₂)	0.759	1.857	○
20	m(D ₃)	0.661	1.364	○
21	m(D _T)	1.004	-1.652	×
24	m(D ₂ /D _T)	0.029	18.797	○ (*)
30	m(ANG)	0.107	-0.030	×

寄与率のF値：判別分析での関与の度合；係数：パラメータに掛ける係数；係数の正負一致：判別関数において、例えば、パラメータを正数とし、係数が正であった場合、(係数×パラメータ)の値も正となり、判別得点は正に大きくなり、対照者群に判別されるようになる。したがって、パラメータの平均値は対照者群の方が異常者群より大きくなければならない。この大小関係が成り立っているか否かを意味する；○：係数の正負一致が成立；×：係数の正負一致が成立しない；*：選択したパラメータ

表9 17種の評価パラメータを用いた判別分析結果

No.	パラメータ	寄与率のF値 (棄却の順序)	係数	係数の正負一致
7	MCV(L ₂ /L _T)	⑨ 0.561	-45.917	○
8	MCV(L ₃ /L _T)	⑦ 0.261	19.628	×
9	MCV(D ₂ /D _T)	1.425	74.391	×
10	MCV(L ₂ /D ₂)	⑧ 0.583	-34.496	○
11	MCV(L _T /D _T)	⑥ 0.154	27.111	×
12	MCV(L ₂ /L ₁)	2.005	-13.815	○
13	MCV(ANG)	⑤ 0.045	287.860	×
14	M(Y _{max})	2.842	0.129	○
19	m(D ₂)	0.981	16.430	×
22	CV(L ₂ /L _T)	② 0.016	-6.809	○
23	CV(L ₃ /L _T)	1.202	-44.206	○
24	m(D ₂ /D _T)	④ 0.032	4.245	○
25	CV(D ₂ /D _T)	2.676	-116.202	○
26	m(L ₁ /D ₁)	3.410	-4.087	○
27	CV(L ₂ /D ₂)	③ 0.027	-7.559	○
28	CV(L _T /D _T)	0.625	-42.228	○
29	CV(L ₂ /L ₁)	① 0.013	-0.883	○

寄与率のF値の小さいことを棄却の条件とし、①、②、③、……、⑨の順にパラメータを棄却した手順を示す。

表10 8種の評価パラメータを用いた判別分析結果

No.	パラメータ	寄与率のF値 (棄却の順序)	係数	係数の正負一致
9	MCV(D ₂ /D _T)	① 1.141	44.251	×
12	MCV(L ₂ /L ₁)	4.027	-15.887	○
14	M(Y _{max})	5.298	0.145	○
19	m(D ₂)	② 1.225	15.800	×
23	CV(L ₃ /L _T)	③ 1.262	-35.457	○
25	CV(D ₂ /D _T)	9.063	-127.540	○
26	m(L ₁ /D ₁)	4.137	-3.833	○
28	CV(L _T /D _T)	2.601	-63.554	○

寄与率のF値の小さいことを棄却の条件とし、①、②、③の順にパラメータを棄却した手順を示す。

表11 係数の正負一致がすべて成立した最終的な5種の評価パラメータを用いた判別分析結果

No.	パラメータ (内容)	異常者群 (S.D.)	対照者群 (S.D.)	寄与率の F値	係数	係数の 正負一致
12	MCV(L ₂ /L ₁) 左右側方限界運動における L ₂ /L ₁ のCV左右平均値	0.1043 (0.0453)	0.0774 (0.0316)	2.689	-11.766	○
14	M(Y _{max}) 左右側方限界運動における Y _{max} の左右平均値	25.3 (6.3)	29.4 (3.7)	3.930	0.108	○
25	CV(D ₂ /D _T) 前方限界運動における D ₂ /D _T のCV値	0.0130 (0.0112)	0.0071 (0.0056)	7.975	-88.358	○
26	m(L ₁ /D ₁) 前方限界運動における L ₁ /D ₁ 値	1.3322 (0.1566)	1.2305 (0.1739)	2.764	-2.870	○
28	CV(L _T /D _T) 前方限界運動における L _T /D _T のCV値	0.0173 (0.0122)	0.0092 (0.0049)	5.224	-73.625	○

表12 5種の評価パラメータを用いた判別分析の判別率

	判別得点 (平均±S.D.)	判別得点の正負(名)		判別率 (%)
		-	+	
異常者群	-1.083±1.776	31	8	79.5
対照者群	1.083±1.183	8	42	84.0
男性対照者群	0.961±0.998	9	38	80.9
全対照者群	1.024±1.093	17	80	82.5

判別率：対照者群が対照者群に判別される割合および異常者群が異常者群に判別される割合

表13 パラメータ絞り込みによる判別率の変化

	①30種の評価パラメータを用いた判別率			②5種の評価パラメータを用いた判別率		
	判別得点の正負(名)		判別率 (%)	判別得点の正負(名)		判別率 (%)
	-	+		-	+	
異常者群	31	8	79.5	31	8	79.5
対照者群	8	42	84.0	8	42	84.0

異常者群と対照者群との間に有意差を認め、かつ性差の認められない30種の評価パラメータを用いた判別率と絞り込んだ5種の評価パラメータを用いた判別率は等しくなった。

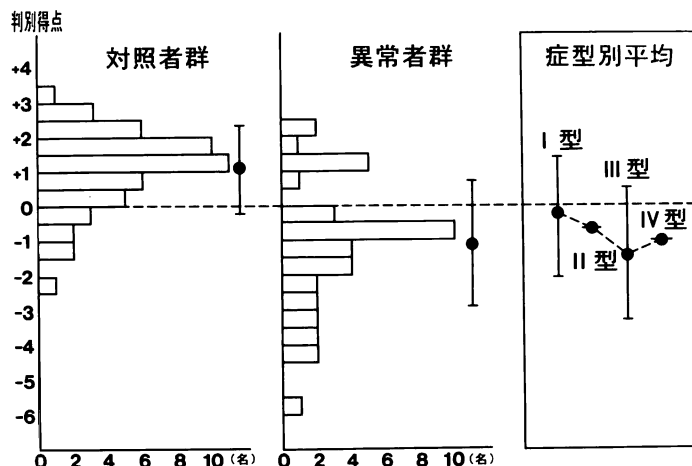


図8 対照者群および異常者群の判別得点のヒストグラムと顎関節学会による症型別平均値.

表14 顎関節学会による顎関節症の症型分類¹²⁾に
従った異常者群の症型分類

	判別得点 (平均±S.D.)	判別(名)	
		-	+
I 型	-0.288±1.735	7	3
II 型	-0.710±0.004	2	0
III 型	-1.448±1.900	19	5
IV 型	-1.054±0.102	3	0
V 型	—	—	—
異常者群	-1.083±1.776	31	8
対照者群	1.083±1.183	8	42
男性対照者群	0.961±0.998	9	38
全対照者群	1.024±1.093	17	80

-0.288, II型は-0.710, III型は-1.448, IV型は-1.054であった。I型からIII型までは、判別得点は小さくなり、IV型で若干大きくなる傾向を認めた(図8, 表14)。

考 察

顎口腔機能異常は、顎関節部の疼痛、咀嚼筋の疼痛、顎関節雑音および下顎運動障害等を主訴とし、臨床的に非炎症性の一連の症状群を単独あるいは合併して有する疾患である¹³⁾。したがって、顎口腔機能異常の診査法としては、視診、触診、問診あるいはX線等、いわゆる臨床診査が従来一般に用いられてきた。しかし、顎口腔機能異常は、多様な臨床像を呈し、病態が複雑であるため、従来の臨床診査法のみでは異常

の状態および程度を正しく把握しきれない場合も多い。それ故、顎口腔機能異常を客観的に評価し、判定できる機能的診査法を検討することがぜひ必要と考えられる。

顎口腔機能異常は、顎関節および咀嚼筋群の異常を有する疾患であるから、顎口腔機能異常者の大多数に下顎運動経路の異常および運動制限等が発現する。それ故、下顎限界運動を詳細に分析することによって、顎口腔機能異常を客観的かつ定量的に評価できると考えた。

顎口腔機能異常者の下顎限界運動に関する研究は、少数ながら報告されている。中沢²⁾、古屋³⁻⁵⁾および尾崎⁶⁾らは、2次元における最大開口量および最大側方運動量を測定し、増田¹⁴⁾は、ゴシックアーチの測定を行った。古屋³⁾は、さらに定性的な形態分析、すなわち、開閉口経路および側方限界開口路の分類を行い、尾形ら¹⁵⁾は、下顎限界運動路を立体的に表示し、西川¹⁶⁾は、重ね描きによる下顎限界運動範囲の測定を行った。

以上の報告によって、顎口腔機能異常者の下顎限界運動の実態が徐々に明らかにされてきたが、顎口腔機能異常を客観的に評価し、判定できるまでには、なお幾つか問題が残されている。

それ故、著者は下顎限界運動の分析から顎口腔機能異常を診査するには、下顎限界運動の記録後、それを3次元的に詳細に分析し、下顎限界運動の異常を的確に反映する有用なパラメータを求め、顎口腔機能異常を定量化する必要があると考えた。

I. 研究方法について

1. 被験者について

本研究は、顎関節学会による症型分類¹²⁾に従って、異常者群を症型分類し、症型ごとに判別得点の平均値を求めることを目的の1つとした。そこで、異常者群として顎口腔機能異常の3大徴候（顎関節部および咀嚼筋群の疼痛、顎関節雑音、下顎運動障害）のうち1つ以上を自覚した患者を選択した。しかし、有床義歯を装着した患者は、義歯の形態および適合状態等によって、下顎限界運動に影響を及ぼすおそれがあるため除外した。対照者群には、視診、触診、問診により、顎口腔系に機能異常を認めない成人を用いた。

顎口腔機能異常者の年齢層については、現在まで、疫学的調査はほとんど行われておらず、特定集団を対象とした調査報告があるに過ぎない¹⁷⁾ため、不明な点が多い。しかし、Carlsson¹⁸⁾は、20歳から40歳が多いと報告し、高田¹⁹⁾は、200名の顎口腔機能異常者の年齢別観察を行い、そのピークは20歳から24歳であったと報告している。

本研究の異常者群の年齢は、15歳から63歳までの範囲で、20歳台にピークを認めた（平均年齢26.5±12.9歳）。したがって、上記の報告とも矛盾せず、被験者の選択は妥当であったと考える。

今回選択した患者については、男性異常者が女性異常者に対し、極めて少なかった。しかし、Carlsson¹⁸⁾、Schwartz²⁰⁾およびFranks²¹⁾は男性：女性は約1：3の割合で女性に多くみられたと報告している。したがって、分析の対象は女性の異常者群のみとし、男性の異常者群は分析対象から除外した。しかし、参考とするため、3名の男性異常者についても判別得点を計算した結果、-1.94、-1.51、-2.46となり、3名とも異常者群に判別された。また、47名の男性対照者群の判別率も80.9%と高い値を示した（表12）。これは、本研究では判別得点を計算するにあたり、性差の認められないパラメータを選択したためと考えられる。したがって、判別分析において、男性異常者群および男性対照者群のデータを除外した影響はなかったものと考えられる。

2. 被検運動について

下顎限界運動は、下顎可動範囲の機能限界を示すものである。顎口腔機能異常者は、ほとんどの症例において下顎の運動経路の異常、運動制限あるいは開口困難を伴うことから、当然下顎限界運動に特徴的な影響が及ぶと考えられる。下顎限界運動を行わせる場合、運動方向を一定に規制できるため、左右の顎頭運動および咀嚼筋群の下顎運動への関与の仕方ある程度分離して検討することも可能である⁵⁾。

また、下顎限界運動を分析する意義に関しては、以下のことが考えられる。

桑原²²⁾は、顎関節構成要素に骨変化の認められない復位性関節円板前方転位と診断された患者のガム咀嚼運動を分析した。その結果、咀嚼運動中に相反性クリックを認めない群および認める群の2群に分かれたと報告している。ところが、復位を伴う関節円板前方転位のクリックには、開口初期に発生する早期クリック型 (Early Clicking Type) および中開口あるいは大開口時に発生する晚期クリック型 (Late Clicking Type) の2種類がある²³⁾。したがって、咀嚼運動のような機能運動を分析するのみでは、中開口あるいは大開口時に発生する晚期クリック型の関節円板の動態を明確にし得ない。

さらに、臨床症状としてクリックを認めない場合でも、サイレントクリックの発生している可能性がある²⁴⁾との報告がある。しかし、下顎運動時の関節円板の雑音を正確に記録する方法はまだ確立されていない。したがって、関節円板の動態を正確に把握するためには、最大開口位に達する下顎限界運動の分析が必須と考えられる。

3. 計測装置および下顎骨における測定点について

計測装置としてSirognathographを用いたが、これは、下顎切歯点の3次元軌跡を高精度で計測することが可能である²⁵⁻²⁹⁾。特に、3次元的な測定範囲が広く、外部の汎用コンピュータにも接続が容易であり、本研究のように下顎限界運動を対象とした研究に対しては、現時点で最も適切な装置であると考えられる。下顎運動の測定点としては、解剖学的顎頭点³⁰⁾、平均的顎頭点、全運動軸点³¹⁾、顎頭中心点³²⁾、運動論的顎頭点³³⁾および下顎切歯点^{2-6,14-16,34-53)}等が用いられている。そのうち、下顎の測定点としての顎頭点は個々の被験者により位置が異なり、その位置決定には試行錯誤法を用いざるを得ないなどの問題がある⁵⁴⁾。したがって、本研究においては、測定点として、以下の理由から、下顎切歯点を選択することにした。(1)直視が可能なことから、位置決めが簡単である。(2)顎頭点が対象の場合、シーネなど特殊な装置を必要とする⁵⁵⁾が、下顎切歯点の場合は、小磁石を貼付するだけでよい。(3)計測準備に時間がかからず、被験者に無理な負担をかけることなく下顎限界運動を記録できる。(4)大型のセンサーあるいは上下顎の固定装置等が不要で、被験者に対する生理的および心理的影響がほとんどない。(5)下顎切歯点を用いた多くの研究³⁴⁻⁵³⁾があり、比較検討するうえで有利である。

4. 異常者群の患側および健側について

和嶋²⁴⁾は、臨床的に片側性顎関節内障と疑われ

た40名に両側性顎関節腔造影検査を行った。その結果、患者の45%に両側性に関節円板の前方転位を認めたと報告している。

Kozeniauskasら⁵⁶⁾は、顎口腔機能異常者のうち、片側顎関節部あるいは咀嚼筋群に症状を有し、かつ反対側に症状を認めない20名の患者を顎関節二重造影法を用いて検査した。その結果、健側と考えられた95%に顎内障を認めたと報告している。これらの報告は、臨床的にクリックを認めない場合でも関節円板の前方転位が存在し、関節円板の前方転位が必ずしも臨床症状に結びつかないことを示唆している。

本研究においても、左右比に関する評価パラメータには異常者群と対照者群との間に有意差を認めなかった。また、本研究では、左右比に関するパラメータは平均値の小さいものを分母とした。しかし、仮に、患側と健側とで比をとる場合には、臨床症状から患側と健側との別を決定するか、関節円板の動態によって決定するかによって、比の値が逆転（もとの値の逆数）する可能性がある。したがって、臨床症状から左右の比の値を検討する場合は、関節円板の動態による左右比ではないことに注意しなければならない。そのため、本研究においては、異常者群は初診時に記録分析し、診断の一助とするため、患側と健側との別は考慮に入れていない。

5. 分析方法について

顎口腔機能異常の評価、判定を試みた報告は過去に少数認められる。古屋³⁾は、下顎運動指数を用いる方法を報告しているが、これは定性的評価、判定法である。定量的評価、判定法としては、志賀ら⁵⁷⁾、山鹿⁵⁸⁾および津賀⁵⁹⁾の咀嚼筋筋電図を分析した報告が認められる。志賀ら⁵⁷⁾は、筋電図パラメータの正常範囲を $\text{mean} + 1 \text{SD}$ 以下と設定し、彼らの示す一定の条件下で、この正常範囲は妥当性があると報告している。山鹿⁵⁸⁾は、4パラメータレイダーチャート分析法を報告した。正常者は正方形に近い菱形、異常者は右方向に伸びた細長い菱形になり、ほとんどの正常者および異常者は、以上の2つに大別されると報告している。津賀⁵⁹⁾は、筋電図の筋放電持続時間および咬合相筋放電持続時間の変異係数について、片側5%の棄却限界を求め、その上限以下を正常値とした。ついで、両側4筋について、これら2種のパラメータの合計8個の数値の正常異常を調べ、正常値に入らないパラメータの数(OCR_{SCORE})の度数分布から、顎口腔機能異常の有無を73%から77%の確率で判定できると報告している。この方法は、筋電図による評価法として、すぐれた方法であると考えられる。しかし、顎口腔機能異常の症型および異常の程度を判定するには至

らなかった。

これを行うためには、被検運動の項でも述べたが、下顎限界運動の分析が必要であり、加えて、多変量解析が不可欠であると考えられる。

6. 多変量解析(判別分析)について

多変量解析の判別分析(Discriminant Analysis)は、要約すれば、以下のとおりである。① k 個の母集団あるいは群 G_1, G_2, \dots, G_k ($k \geq 2$) があり、② これら k 個のうちいずれか1つの母集団に属することは分かっているが、どの母集団に属するかが不明な新しい観測値 $X = (X_1, \dots, X_p)'$ (この観測値をもつ個体) が得られたとき、③ X の情報に基づいて、どの母集団に属するかをできるだけ高い成功率をもって判定する方式を見つけることである⁶⁰⁾。

例えば、図9に示すように、 G_1 と G_2 の2つのグループがあると仮定する。1種類のパラメータIを基準に交点(直線 l_1) で分類すると、 A_1 と A_2 の2つの領域が誤判別されてしまう。しかし、2種類のパラメータ(パラメータIおよびパラメータII)を同時に判別基準とし、直線 l_2 で分類すれば、誤判別される領域は、 B_1 と B_2 の2つの領域であり、誤判別の割合が減少する⁶¹⁾。したがって、本研究では、上記のように n 個のパラメータが存在し、誤判別を最小にするような関数(2つのパラメータの場合、直線 l_2) を求め分析する方法、すなわち、多変量解析の判別分析を応用した。

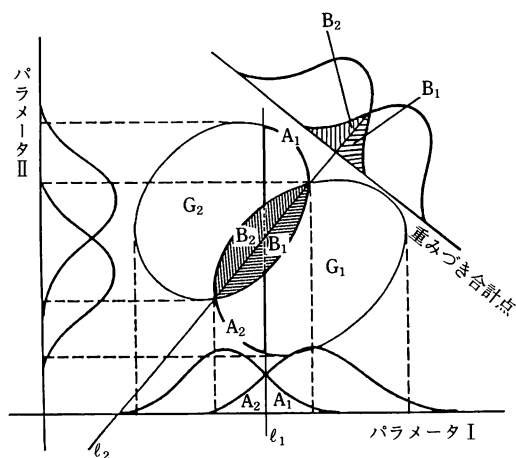


図9 多変量解析の判別分析(柳井, 岩坪⁶¹⁾『複雑さに挑む科学』を一部改変)。

G_1 と G_2 の2つのグループがあり、1種類のパラメータIを基準に交点(直線 l_1) で分類するより、2種類のパラメータ(パラメータIとパラメータII)を同時に判別基準とし直線 l_2 で分類する方が、誤判別の割合が減少する。

7. パラメータの選択について

基本計測パラメータとして、以下のものを選択した。すなわち、(1)下顎限界運動における運動範囲を表すものとして3次元直線距離 (D) および面積 (S)、(2)運動経路の乱れを表すものとして経路の3次元的長さ (L)、(3)最大開口量に相当するものとして Y_{max} および(4)最大側方偏位量の X_{max} である。

評価パラメータには、基本計測パラメータの組み合わせのうち、3次元的な運動経路の変化あるいは運動制限の程度、およびそれぞれの再現性を表すと考えられるパラメータを選択した。

t-検定を用いて異常者群と対照者群との間に性差を認めないパラメータを選択した理由は、骨格形態などが性差に与える影響を除外し、性別にかかわらず臨床応用可能なパラメータを選択するためであり、両群との間に有意差の認められたパラメータを選択したのは、多変量解析を用いて異常者群と対照者群とを正確に判別するためである。

判別分析を行う場合、相関が非常に強いパラメータを同時に用いれば、わずか数個の標本が偶然に分布する状況によって分析結果が左右されやすい、すなわち、本来のパラメータの寄与率を表さないことが起こり得る⁶²⁾ため、相関の弱いパラメータを選択する必要がある。相関の強いパラメータが存在した場合、以下の対策⁶²⁾のうちのいずれかが必要になると考えられる。

(1) 2つの要因が強い相関をもたないようにサンプリングすること。

(2) 相関の強いパラメータを同時にモデルの中には入れず、別々に解析すること。

(3) 相関の強い2つの要因のうち、いずれが重要であるかという問題は、統計学的な結果からは解こうとせず、他の生物学的な知見および臨床における情報の入手のしやすさから評価すること。

したがって、本研究は上記(2)の対策に準じた。

尾崎⁶⁾は、臨床所見と下顎運動所見に関する種々のパラメータに判別分析を応用した結果、判別率は100%であったと報告している。しかし、上記対策を講じていないこと、係数の正負一致(詳細は後述)を確認していないことおよび定性的パラメータ(質的な臨床症状)の数値化の基準が明確でないこと等に検討の余地がある。

パラメータ棄却の条件は、寄与率のF値が最も小さいこととした。寄与率のF値とは、統計学的に、観測値が正規分布に従っているという仮定のもとで、判別関数の各係数がゼロでないかどうか、すなわち、各変数が判別に寄与しているといえるかどうかの観測

検定量であり⁶³⁾、判別分析での関与の度合い、すなわち、パラメータの重みを表している。

最初に係数の正負一致がすべて成立したのは、残り6種のパラメータに絞り込んだ時点である(表10)。判別関数において、例えば、パラメータを正数とし(本研究では、パラメータはすべて正数である)、係数が正であった場合、(係数×パラメータ)の値は正となる。その結果、判別得点($F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$)は、正に大きくなり、対照者群と判別されるようになる。したがって、パラメータの平均値は、対照者群の方が異常者群より大きくなければならない(表11)。係数の正負一致とは、この大小関係が成り立っているか否かを意味するものとした。

6種のパラメータに絞り込んだ時点では、No. 23の寄与率のF値は他の5種のパラメータの値に比べて0.851と極端に小さく、危険率30%未満では判別に関与しているとはいえなかった。No. 23を棄却し、5種のパラメータに絞り込んだ時点では、寄与率のF値が極端に小さいパラメータは存在しなかった。最小値を示したNo. 12の寄与率のF値は2.689であり(表11)、危険率10.5%未満で有意に判別に寄与していた。また、6種のパラメータまで絞り込んだ時点での判別率は、79.5%(異常者群)および84.0%(対照者群)であった。No. 23を棄却し、5種のパラメータに絞り込んでも、判別率は変化しなかった(表12)。さらに、パラメータを絞り込むと、寄与率のF値が大きくなり(すなわち、危険率が小さくなる)、判別分析での関与の度合いは大きくなるものの、逆に、判別率は低下した。すなわち、パラメータの数が少なくなってしまう、下顎限界運動に関する運動経路の変化あるいは運動制限の程度に関する種々の側面を捉えきれないと考えられ、これ以上の絞り込みは判別の妥当性を欠くことになる。

したがって、本研究では最終的に5種のパラメータを選択したのである。

II. 研究結果について

1. 最終的な5種のパラメータについて

254種のパラメータすべてについて詳細に分析した結果、以下の5種のパラメータを顎口腔機能異常を的確に反映するパラメータとして決定した。

(1) $MCV(L_2/L_1)$ は、開口経路の再現性、すなわち、開口経路のパラッキの程度を示す。

(2) $M(Y_{max})$ は、最開点に対応するパラメータで、臨床的最大開口量よりも異常を見いだしやすい。

(3) $CV(D_2/D_T)$ は、 $D_T = D_1 + D_2 + D_3$ より、分母分子を D_2 で除すと、分母は $D_1/D_2 + 1 + D_3/D_2$ とな

る。すなわち、このパラメータは、開口距離 (D_2) と閉口距離 (D_3) の比に大きく影響される。

(4) $m(L_1/D_1)$ は、アンテリアルガイダンス (anterior guidance) の影響を反映すると考えられる⁶⁴⁻⁶⁶。

(5) $CV(L_T/D_T)$ は、全経路の再現性を示す。

以上の5種のパラメータはいずれも、下顎限界運動の運動経路に関する変化あるいは運動制限の程度に関する種々の側面を捉えたパラメータであり、顎口腔機能異常の診断に対する機能的意義を有すると考えられる。

2. 判別率について (表12)

本研究において、対照者群が対照者群に判別された割合は84.0%であった。Westesson ら⁶⁷は、臨床的に顎口腔機能異常を認めない40名の被験者を顎関節腔二重造影法を用いて診査し、被験者の85%は正常であったと報告しており、本研究結果ともほぼ一致する。

また、異常者群が異常者群に判別された割合は79.5%であった。和嶋ら²⁴は、臨床的に顎関節内障が疑われた63名について、両側顎関節腔造影検査を行い、患者の92%が片側性あるいは両側性円板転位であったと報告している。津賀⁵⁹は、筋電図のパラメータを分析し、異常域あるいは境界域にあると判定される割合は、73%から77%であったと報告している。本研究の結果は、顎関節内障を対象とした和嶋らの報告に比べ低いものの、顎口腔機能異常者全体を対象とし、下顎限界運動のみを用いた判別率としては、臨床的に意義のある数値と考えられる。

3. 顎関節学会による顎関節症の症型分類について
顎関節学会による顎関節症の症型分類¹²⁾によれば、以下のとおりである。

I型の主病変部位は、咀嚼筋、病理は筋緊張、筋スパズムおよび筋炎であり、筋痛を主症状とする。

II型の主病変部位は、関節包、関節靭帯および関節円板、病理は関節包、靭帯および関節円板の伸展、捻挫であり、下顎運動痛および顎関節部の圧痛を主症状とする。

III型の主病変部位は、関節円板および滑膜、病理は関節円板転位、関節円板の変性、穿孔および線維化であり、クリックを主症状とする。

IV型の主病変部位は、関節軟骨、関節円板、滑膜、下顎頭および下顎窩、病理は軟骨破壊、骨吸収、添加および骨変性であり、クレピタスを主症状とする。

本研究の結果、判別得点の平均値は、I型は-0.288、II型は-0.710、III型は-1.448、IV型は-1.054であった。I、II、III型の順に判別得点は小さくなり、IV型はIII型に比べてむしろやや大きかった。

IV型の関節軟骨の変性の程度と臨床症状 (軟骨損傷の病期分類) との関係⁶⁸⁾では、第3期でクレピタスが出現し、第5期で機能的関節面が形成され、疼痛などの症状が治まり、むしろ見かけ上、ほぼ正常な顎運動を呈するようになることとされており、本研究結果のIV型の判別得点がIII型より大きくなったことは、この考え方を支持するものと思われる。しかし、関節円板の動態は異常のままであり、II型より大きくならず、II型とIII型の間位置していると考えられる。

本研究では、III型で疼痛を伴う場合も、III型として分類した。III型を詳細に分類した場合、III型のみ被験者8名の判別得点の平均値は-1.823、III+I型では15名で-1.142、クローズドロックの1名では-3.047であり、いずれもII型の平均値より小さく、疼痛を伴う場合も、III型として分類したことは妥当であったと考える。

下顎限界運動の3次元的な運動経路の変化あるいは運動制限の程度、およびそれぞれのCV値に関する5種のパラメータを判別関数に代入した判別得点が、主病変部位によく対応していた (図8, 表14)。著者は、下顎限界運動が顎関節、咀嚼筋群等の異常によって特徴的な影響を受けるものと考えて研究を行ったが、上記の結果は、この考えが正しかったことを立証したと思われる。

本研究のみでは、正確な病態までは分からないが、臨床症状、X線所見等の従来の臨床的診査法に本研究の判別得点を加え、推定される症型を確認することが可能となった。臨床診査法のみでは、III型かIV型かを判断しにくい場合には、本研究の判別得点が、診断の一助となり得ると考えられる。さらに、症型から咀嚼筋、関節包、関節円板および顎頭のいずれの部位に病変があるかについても推定が可能となり、病態を判別し得る可能性を示すことができた。

すなわち、本研究の結果は、診断の正確さを向上させ、適切な治療法⁶⁹⁾を検討するうえで重要な示唆を与えるものとする。

4. 臨床への応用について

以下に、本システムを実際に臨床に応用してみた結果を述べ、有用性について考えてみたい。

(A) 治療前の診査

症例は年齢33歳の女性で、主訴は開口障害である。既往には、特記事項はない。

(a) 臨床所見

- (1) 顎関節部疼痛 : なし
- (2) 筋痛 : 顎二腹筋後腹に圧痛を認める。
- (3) 顎関節雑音 : 両側性クレピタスを認める。
- (4) 最大開口量 : 28 mm

- (5)習癖 : 右片側咀嚼
- (6)咬合状態 : オーバーバイトが約 8mm と大きく、臼歯部咬合高径がやや低い。
- (7)X線所見 : 異常なし

(b) 下顎限界運動の記録, 分析

判別得点は -1.039 であり, 本研究結果のIV型に近い値を示した。

以上(a)および(b)の所見から, 主病変部位は関節軟骨および関節円板であろうと推察し, 咀嚼筋の筋痛を伴う I + IV型と診断した。

(B) 治療内容

上記診査により, 以下の治療を行った。
まず, 筋痛の除去を目的として, スタビライゼー

ション型スプリントを適用したところ, 2週間後に筋痛は消失した。次いで, 臼歯部咬合高径がやや低いため, ミンスプリントを適用し, 咬合挙上を行った。約6ヶ月後, クレピタスは消失し, 患者の自覚症状はすべて消失した。

(C) 治療後の下顎限界運動所見

治療前の左右側方限界運動においては, 最開点の不一致および習慣性閉口路に乱れが生じていた (図10)。また, 前方限界開口路が直線的であった (図12)。

治療後の結果を図11および図13に示す。左右側方限界運動において, 最開点および習慣性閉口路がほぼ一致するようになった (図11)。また, 前方限界開口路は円滑な軌跡となった (図13)。判別得点は +0.587 となり, 対照者群 (正常者群) 領域の値を示した。

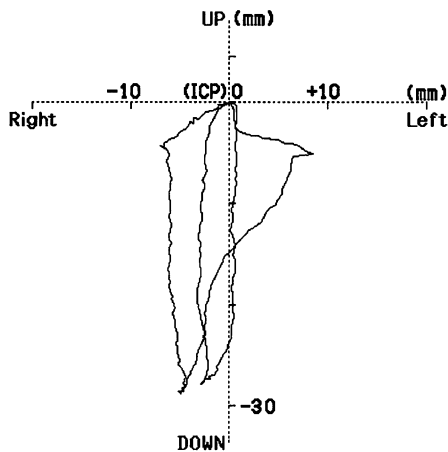


図10 左右側方限界運動の平均軌跡 (治療前の前頭面投影像)。

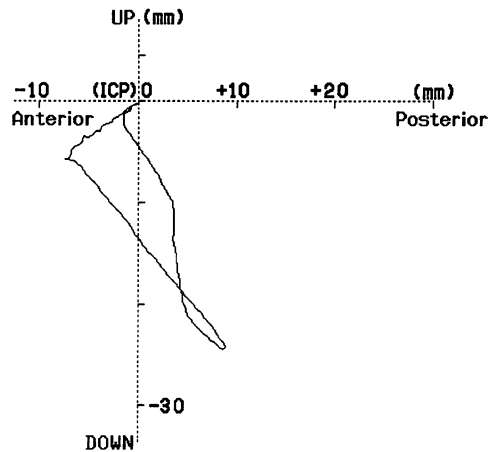


図12 前方限界運動の平均軌跡 (治療前の矢状面投影像)。

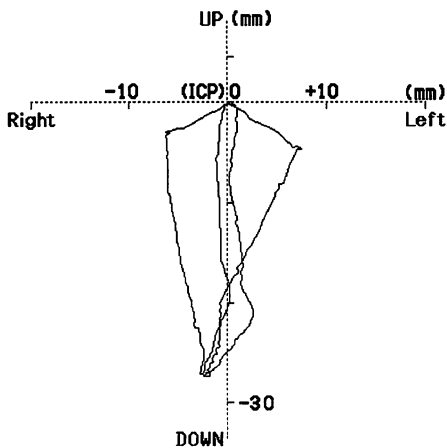


図11 左右側方限界運動の平均軌跡 (治療後の前頭面投影像)。

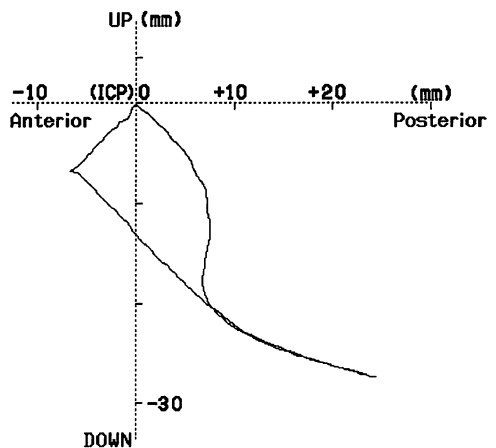


図13 前方限界運動の平均軌跡 (治療後の矢状面投影像)。

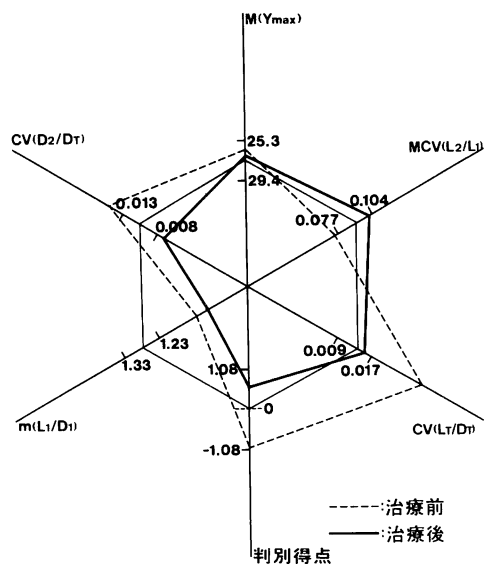


図14 治療前後における5種のパラメータと判別得点に関するレイダーチャート。

外側の値は異常者群の平均値、内側の値は対照者群の平均値、細い正六角形の実線は平均値の中間を示す。

以上のことから、下顎限界運動に関する5種のパラメータを用いた判別得点は、診断および治療経過の把握等の臨床応用に有用であろうとの示唆が得られた。

5. レイダーチャートによる総合分析について

本研究で求めた最終的な5種のパラメータおよび判別得点を用いてレイダーチャートを作成した(図14)。外側の値は異常者群の平均値、内側の値は対照者群の平均値を示す。細い正六角形の実線は、平均値の中間点である。前項4.で述べた症例の治療前の値を破線で示し、治療後の値を太い実線で示した。

このように、レイダーチャートを用いると、治療前の異常像が総合的かつ視覚的に容易に判定できるのみならず、治療効果を容易に判定できると考えられる。

個々のパラメータだけでは、1つの側面しか捉えられず、対照者群と異常者群との間にパラメータの重なる領域が存在する。本研究のレイダーチャートは、5種のパラメータによる総合評価を可能にする点で、極めて有用であると思われる。

総 括

3種類の下顎限界運動について、全被験者139名の254種のパラメータのすべてについて検定を行い、判別分析を応用して、異常者群と対照者群とを詳細に分析し、以下の結果を得た。

1. 3種類の下顎限界運動に関する254種の評価パラメータについてt検定を行った結果、危険率1%未満で、異常者群と対照者群との間に有意差を認め、かつ性差の認められない30種のパラメータを選択した。

2. 多変量解析(判別分析)を行った結果、下顎限界運動の定量的分析に適したパラメータとして、30種のうちから以下の5種を決定した。すなわち、(1)左右側方限界運動における L_2/L_1 のCV左右平均値、(2)左右側方限界運動における Y_{max} の左右平均値、(3)前方限界運動における D_2/D_T のCV値、(4)前方限界運動における L_1/D_1 値および(5)前方限界運動における L_T/D_T のCV値である。

これらは下顎限界運動の3次元的な運動経路の変化あるいは運動制限の程度を表すパラメータである。

3. 上記5種のパラメータに関する判別得点の正負により、異常者群の79.5%(31名)を異常者群に判別でき、対照者群の84.0%(42名)を対照者群(正常者群)に判別することができた。

4. 上記5種のパラメータに関する判別得点が、臨床的症型分類(顎関節学会による顎関節症の分類)とよく対応(I型の平均値は-0.288, II型は-0.710, III型は-1.448, IV型は-1.054)することが明らかとなった。

5. 上記5種のパラメータおよび判別得点に関するレイダーチャートを提示した。このレイダーチャートが顎口腔機能異常を総合的に判定するうえで、高い有用性をもつことを示した。

以上の結果より、本研究から得られた5種のパラメータを用いる診査法によって、顎口腔機能異常をより正確かつ定量的に診断することが可能となった。

今後さらに質的な臨床症状を表すパラメータを検討することによって、より信頼性の高い診断システムを確立し得るものと考えられる。

謝 辞

稿を終えるに臨み、終始御懇篤なる御指導ならびに御校閲を賜りました本学歯科補綴学第一講座津留宏道教授に衷心より感謝の意を表します。

御教示、御校閲を賜りました本学口腔外科学第一講座高田和彰教授、ならびに本学歯科矯正学講座山内和夫教授に深謝いたします。

分析プログラム開発上、貴重な御助言を賜りました広島県立大学経営情報学科荒谷徹明教授に深謝いたします。

また、研究遂行上および本論文作成上、御助言と御鞭撻を賜りました朝日大学歯学部歯科補綴学第一講座

長澤 亨教授, 本学歯科補綴学第一講座赤川安正助教授, 大川周治講師, 佐藤裕二講師ならびに橋本正毅講師に深く感謝いたします。

さらに, 貴重な御助言と終始ひとかたならぬ御支援をいただきました岡根秀明博士に厚く御礼を申し上げます。

また, 多大の御支援をいただきました吉田耕一郎博士, 松田一雄博士, 大学院生阿部泰彦君, ならびに教室内各位に感謝いたします。

最後に, 被験者のデータ記録に際し, 御協力を賜りました本学口腔外科学第一講座阪本知二講師, および本学口腔外科学第二講座下里常弘教授ならびに野村雅久助手に感謝いたします。

文 献

- 1) 藍 稔: 顎機能異常の診断と治療. 医歯薬出版株式会社, 東京, 5-7, 1988.
- 2) 中沢勝宏: 顎関節症における下顎運動の分析. 歯科学報 74, 277-311, 1974.
- 3) 古屋良一: 顎口腔系の機能に異常を有する者の下顎運動の研究. 補綴誌 18, 221-244, 1975.
- 4) 古屋良一: 顎運動による診断法; Dental Diamond 増刊号, 顎関節症の全て (小林俊三, 高橋庄二郎, 藍 稔, 福原達郎編). デンタルダイヤモンド社, 東京, 79-83, 1982.
- 5) 古屋良一: 限界運動路の分析; 顎口腔機能分析の基礎とその応用 (石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男, 河野正司, 林 豊彦編). デンタルダイヤモンド社, 東京, 54-65, 1991.
- 6) 尾崎佳孝: 顎関節症にみられる顎運動異常に関する研究. 歯科学報 83, 937-980, 1983.
- 7) 荒谷敏朗: DOS-GAL. The BASIC 47, 1-16, 1987.
- 8) 荒谷敏朗: GAL 386 COMPILER. The BASIC 92, 145-155, 1991.
- 9) 稲福 肇, 江口正浩, 堀田権一, 小高輝真: 98ハードに強くなる本Ⅱ. 技術評論社, 東京, 1988.
- 10) Surjanto, W.B.: 図解32ビットマイクロコンピュータ 80386 の使い方. オーム社, 東京, 1987.
- 11) 有馬 哲, 石村貞夫: 多変量解析のはなし. 東京出版, 東京, 127-166, 1987.
- 12) 顎関節研究会小委員会: 顎関節症分類. 第7回顎関節研究会誌, 136, 1987.
- 13) 高田和彰, 新谷泰造, 竹中利彦: 顎関節症患者のFKOによる治療. 日歯医師会誌 38, 141-147, 1985.
- 14) 増田 健: 顎関節症患者における水平面顎運動ならびにタッピング運動に関する研究. 歯科学報 84, 1137-1164, 1984.
- 15) 尾形和彦, 三上隆浩, 岡本史江, 香西伸一郎, 松永匡司, 内田欣臣, 佐藤隆志: コンピュータ・グラフィックスによる下顎運動路の立体表示法の一試案. 補綴誌 33, 499-504, 1989.
- 16) 西川啓介: 顎運動と咀嚼筋活動に及ぼす咬合接触の影響. 補綴誌 33, 822-835, 1989.
- 17) 藍 稔, 古屋良一: 顎口腔系の形態, 機能に関する臨床的調査. 第一報, 筋, 顎関節について. 補綴誌 18, 117-121, 1974.
- 18) Carlsson, G.E., Magnusson, T. and Wedel, A.: Patientmaterialet vid en bettgytologisk avdelning. Swed. Dent. J. 69, 115-121, 1976.
- 19) 高田和彰, 吉村安郎, 黒田晋一, 吉田与一, 川勝賢作: 顎関節症の臨床的研究. FKO 様装置による治療成績について, 口科誌 23, 374-379, 1974.
- 20) Schwarts, L.L. and Cobin, H.P.: Symptoms associated with the temporomandibular joint. J. Oral Maxillofac. Surg. 10, 339-344, 1957.
- 21) Franks, A.S.T.: The social character of temporomandibular joint dysfunction. Dent. Practit. 15, 94-100, 1964.
- 22) 桑原俊也, 宮内修平, 丸山剛郎: 咀嚼運動における顎関節変化の及ぼす影響に関する研究. 復位性関節円板前方偏位について, 顎機能 5, 151-156, 1986.
- 23) 高橋庄二郎, 柴田孝典: 顎関節部X線所見; 顎関節症の基礎と臨床 (高橋庄二郎, 柴田孝典編). 日本歯科評論社, 東京, 123-135, 1988.
- 24) 和嶋浩一, 中川仁志, 鈴木 彰, 小飼英紀, 井川雅子, 河奈裕正, 中村泰規, 野本種邦: 顎関節内障における臨床診断と顎関節腔造影診断との比較検討. 両側顎関節腔造影による評価. 日顎誌 2, 11-21, 1990.
- 25) Lemmer, J., Lewin, A. and van Rensburg, L.B.: The measurement of jaw movement. Part I. J. Prosthet. Dent. 36, 211-218, 1976.
- 26) Lewin, A., Lemmer, J. and van Rensburg, L.B.: The measurement of jaw movement. Part II. J. Prosthet. Dent. 36, 312-318, 1976.
- 27) 丸山剛郎, 西尾公一: 新しい下顎運動測定装置 Sirognathograph と同解析コンピュータ・システム. 歯界展望 63, 1535-1546, 1984.
- 28) 荒井節男: 磁場を応用した下顎運動測定装置 (Sirognathograph) の特性. 歯学 75, 1089-1100, 1988.
- 29) Balkhi, K.M., Tallents, R.H., Goldin, B. and Catania, J.A.: Error Analysis of a Magnetic Jaw-Tracking Device. J. Craniomandib. Disord. Facial Oral Pain 5, 51-56, 1991.
- 30) 落合 俊: 顎関節症における下顎運動に関する臨床的研究. 九州歯会誌 33, 133-163, 1979.
- 31) 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. 第二報, マルチフラッシュ装置による矢状面運動の解析. 補綴誌 12, 350-380, 1968.
- 32) 塩澤恭郎: 下顎任意点の運動解析. 第二報, 下

- 顎限界運動の立体的解析. 補綴誌 26, 148-164, 1982.
- 33) 鈴木 温: デジタル方式下顎運動測定器による下顎限界運動の6自由度解析. 補綴誌 31, 712-725, 1987.
- 34) 根本一男: 有齒顎の下顎切歯点における3次元運動限界の研究. 補綴誌 6, 1-40, 1962.
- 35) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析. 補綴誌 6, 164-200, 1962.
- 36) Hickey, J.C., Allison, M.L., Woelfel, J.B., Boucher, C.O. and Stacy, R.W.: Mandibular movements in three dimensions. *J. Prosthet. Dent.* 13, 72-92, 1963.
- 37) 石原寿郎: 下顎運動に関する最近の研究. 口病誌 30, 1-19, 1963.
- 38) Gillings, B.R.D.: Photoelectric mandibulography: A technique for studying jaw movements. *J. Prosthet. Dent.* 17, 109-121, 1967.
- 39) Messerman, T.: A means for studying mandibular movements. *J. Prosthet. Dent.* 17, 36-43, 1967.
- 40) 田原邦昭: 三次元変位計による咀嚼運動の切歯点における解析. 歯科学報 74, 1810-1845, 1974.
- 41) Honée, G.L.J.M. and Meijer, A.A.: A method for jaw movement registration. *J. Oral. Rehabil.* 1, 217-221, 1974.
- 42) Jankelson, B., Swain, C.W., Crane, P.F. and Radke, J.C.: Kinesiometric instrumentation: a new technology. *J. Am. Dent. Assoc.* 90, 834-840, 1975.
- 43) Karlsson, S.: Recording of mandibular movements by intraorally placed light emitting diodes. *Acta Odontol. Scand.* 35, 111-117, 1977.
- 44) 丸山剛郎, 西尾公一, 古谷昌昭, 藤井康伯, 宮内修平, 丸山剛郎: 下顎位が習慣的下顎閉鎖運動経路に及ぼす影響に関する研究. 補綴誌 26, 30-35, 1982.
- 45) Pröschel, P.A., Hümmer, H., Hofmann, M. and Spitzer, W.: Reaction of mastication to occlusal changes induced by correction of mandibular prognathism. *J. Prosthet. Dent.* 64, 211-218, 1990.
- 46) 志賀 博, 林 清平, 浜中秀由喜, 小林義典: 下顎運動記録装置とパーソナルコンピューターにより構成した咀嚼運動自動分析システム. 顎機能 5, 175-180, 1987.
- 47) Pröschel, P. and Hofmann, M.: Frontal chewing Patterns of incisor point and their dependence on resistance of food and type of occlusion. *J. Prosthet. Dent.* 59, 617-624, 1988.
- 48) 水野 亨, 林 豊彦, 石岡 靖: 咀嚼時の下顎運動に関する研究—咀嚼様空口運動時の歯牙滑走運動と側方滑走運動の比較. 顎機能 6, 55-60, 1988.
- 49) 西塔 治, 大前泰三, 井上俊二, 石井弘二, 石垣尚一, 奥田眞夫, 中村隆志, 赤西正光, 丸山剛郎: 阪大一補方式顎口腔機能計測, 記録, 解析システムについて. 顎機能 6, 5-8, 1988.
- 50) Tallgren, A., Mizutani, H. and Tryde, G.: A two-year kinesiographic study of mandibular movement patterns in denture wearers. *J. Prosthet. Dent.* 62, 594-600, 1989.
- 51) Pröschel, P.: An Extensive Classification of Chewing Patterns in Frontal Plane. *J. Cranio-mandib. Pract.* 5, 55-63, 1987.
- 52) 芳賀景嗣, 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の機能的分析. 正常者における各種食品咀嚼時の経路のパターン. 補綴誌 35, 907-918, 1991.
- 53) Nielsen, I.L., Marcel, T., Chun, D. and Miller, A.J.: Patterns of mandibular movements in subjects with craniomandibular disorders. *J. Prosthet. Dent.* 63, 202-217, 1990.
- 54) 西 克師, 水野 亨, 井上 匡, 加藤一誠, 林 豊彦, 石岡 靖: 顎頭運動の解析点としての全運動軸の信頼性. 顎機能 5, 49-54, 1986.
- 55) 藤村哲也, 坂東永一: デジタル方式顎運動測定器の開発. 補綴誌 35, 830-842, 1991.
- 56) Kozeniauskas, J.J. and Ralph, W.J.: Bilateral arthrographic evaluation of unilateral temporomandibular joint pain and dysfunction. *J. Prosthet. Dent.* 60, 98-105, 1988.
- 57) 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の分析による咀嚼機能の客観的評価に関する研究. 補綴誌 34, 1112-1126, 1990.
- 58) 山鹿卓郎: 咀嚼筋筋電図分析による顎口腔機能異常診断とその臨床応用に関する研究. 補綴誌 27, 50-73, 1983.
- 59) 津賀一弘: 顎機能評価法としての咀嚼筋筋電図新分析システムの開発とその応用に関する研究. 廣大歯誌 21, 44-59, 1989.
- 60) 塩谷 實: 多変量解析概論. 朝倉書店, 東京, 131-171, 1990.
- 61) 柳井晴夫, 岩坪秀一: 複雑さに挑む科学. 多変量解析入門. 講談社, 東京, 176-199, 1976.
- 62) 浜島伸之: 多変量解析による臨床研究. 名古屋大学出版会, 名古屋, 118-129, 1990.
- 63) 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌: パソコン統計解析ハンドブック. II 多変量解析. 共立出版株式会社, 東京, 71-159, 1984.
- 64) Belser, U.C. and Hannam, A.G.: The influence of altered working-side occlusal guidance on masticatory muscles and related jaw movement. *J. Prosthet. Dent.* 53, 406-413, 1985.
- 65) 山田真一, 三間修司, 瑞森崇弘, 西尾公一, 宮内修平, 丸山剛郎: 開咬における咀嚼運動に関する臨床的研究. 第1報, 開咬の範囲の影響について. 補綴誌 35, 446-456, 1991.
- 66) 秋山仁志, 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の機能的分析. 正常者における前頭面のみ切歯点の経路のパターン. 補綴誌 35, 609-621, 1991.
- 67) Westesson, P-L., Eriksson, L. and Kurita, K.:

- Reliability of a negative clinical temporomandibular joint examination. Prevalence of disk displacement in asymptomatic temporomandibular joints. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* **68**, 551-554, 1989.
- 68) 田口 望：関節軟骨；顎関節小辞典（上村修三郎，杉村正志，柴田考典編）。日本歯科評論，東京，18-23, 1990.
- 69) 依田哲也，榎本昭二：スプリント療法の効果と遠隔成績；歯界展望別冊，顎関節症の臨床（岡達，藍 稔編）。医歯薬出版株式会社，東京，200-205, 1989.