

顎関節症における下顎側方運動に関する臨床的研究
—特に Mandibular Kinesiograph による水平面記録の解析について—

奈良県立医科大学口腔外科学教室

川上哲司

ANALYSIS OF LATERAL MOVEMENT OF THE MANDIBLE
IN TEMPOROMANDIBULAR JOINT DYSFUNCTION PATIENTS
—SPECIAL ATTENTION TO THE HORIZONTAL PLANE RECORD
BY MEANS OF MANDIBULAR KINESIOGRAPH—

TETSUJI KAWAKAMI

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Nara Medical University

Received March 29, 1995

Abstract: Lateral movement of the mandible recorded in patients with temporomandibular joint (TMJ) dysfunction and in healthy subjects on the horizontal plane was analyzed by measuring LMA.

In accordance with the criteria of the Japan TMJ association standard (1987), 354 patients with TMJ dysfunction were classified into type I (50 patients), type II (20 patients) and type III (284 patients). The patients consisted of 95 males and 259 females, with an average age of 30.4 years (range: 12 to 75 years). Angle from the midline on the horizontal plane during excursion of the mandible to the lateral (Lateral Movement Angle: LMA) was measured in recordings by mandibular kinesiograph (MKG). The patients were also divided into 3 groups according to the occlusal interrelationship of the upper and lower jaw dental arch which guides the mandibular lateral movement as follows; Mesial (M) type (lateral protrusive), Distal (D) type (lateral retrusive), and Cuspidal (C) type.

LMA in the healthy subjects was 60.4°; in all type I, type II and type III patients LMA on the affected side was larger than that on the healthy side; 79.8° (type I, n=59); 75.5° (type II, n=21) and 78.1° (type III, n=332) on the affected sides, and 66.7° (type I, n=41); 63.7° (type II, n=19) and 68.8° (type III, n=236) on the healthy sides. In the patients with unilateral TMJ dysfunction, LMA difference between affected and healthy sides was 12.5° (type I, n=21); 10.5° (type II, n=19) and 10.8° (type III, n=238).

LMA increase on the affected side may be due to more posterior or less anterior shift of the working-side condyle in the TMJ dysfunction patients. These results indicate that anterior movement of the affected side is restricted and LMA can be a useful marker of TMJ dysfunction.

It is concluded that Lateral Movement Angle (LMA) on the horizontal plane in lateral mandibular excursion, as measured by mandibular kinesiograph, may be a useful diagnostic modality.

Index Terms

lateral mandibular movement, mandibular kinesiograph, temporomandibular joint dysfunction, lateral movement angle

緒 言

顎口腔系の様々な機能は、下顎の運動によりおこなわれており、下顎運動の診査は、顎口腔系の機能を診断する上で、有効かつ重要である。したがって、顎関節症をはじめとする顎運動異常についても同様に、種々の報告がなされている^{1)~7)}が、下顎運動水平面の様相について検討しているものはすくないようである。また、下顎運動は、左右の下顎頭と歯牙および神経筋機構によって構成される多要素的3次元運動であるため、これらの諸要素からなる顎口腔機能を包括するものであり、したがって、顎運動解析は、機能障害診断・治療および予後判定にあたって、きわめて重要な情報を提供するものであるといえる⁸⁾。

下顎側方運動時の水平面運動記録は、従来ゴシックアーチとして示され、その展開角は100~140°(平均120°)で、正中線に対し左右対称であり、その頂点が咬頭嵌合位または中心位と一致するとされてきた⁹⁾。すなわち、健常者では下顎の側方運動の際、作業側下顎頭の側方切歯路は、大きく移動せずにはば一定である。しかし、著者らが予備的に観察した顎関節症患者における下顎の強制されない側方運動時のmandibular kinesiograph (MKG)による側方切歯路記録では、その水平面での正中からの側方展開角が、ゴシックアーチの展開角より大きくなり、特に、患側における角度が大きい症例が多数認められた。そこで、上記の傾向の存在が、一般的に顎関節症患者に見られるかどうかを確認し、また、何故そうなるのかを考察するために、MKGを用い下顎側方運動時の切歯路記録のトレースを採得し、下顎側方運動の水平面記録の正中線とのなす角度(下顎側方運動角Lateral Movement Angle: LMA)を測定した。さらに、健常者における下顎運動水平面の様相についても解析し、顎関節症患者との比較検討をおこなった。

また、側方運動を規定する因子としては、前方指導要素として、歯牙の、特に上下の犬歯と第1小臼歯の誘導面の状態によることが一因であるため、この誘導面により、患者はより動かしやすい方向に側方滑走運動の経路をとろうとすることがあると考えられる。さらに、その点に関して詳細に検索するために、下顎側方滑走運動に対応する誘導面の歯牙の状態を記録し、側方運動時の角

度との関係について解析をおこなった。

方 法

1. 測定方法

測定は、非接触型の顎運動記録装置MKG (K 5 A-R型、マイオトロニクス社製)を使用した。また、下顎側方運動は、咬頭嵌合位から歯牙接触を維持させながら強制することなく、最大側方偏位点までおこなわせた。そして、記録に先立って十分に練習させ、そのパターンを記録した。なお、記録にはポラロイドカメラにより、MKG画面を直接撮影した¹⁰⁾。そして、ポラロイド写真記録により以下のような測定をおこなった。

2. 測定項目

①下顎側方運動角

下顎側方運動は、咬頭嵌合位から歯牙接触を維持させながら最大側方偏位点までおこなわせ、その下顎側方運動時の水平面記録の正中線とのなす角度を下顎側方運動角(Lateral Movement Angle: LMA)とし、MKGの水平面往路のトレース記録において、側方運動路の正中線のなす角度を測定した。

ところで、ゴシックアーチとは、咬頭嵌合位から側方

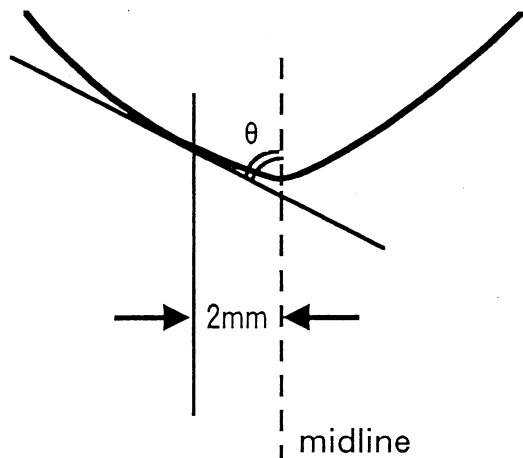


Fig. 1. Measurement of lateral movement angle (LMA) was done to record angle (θ) between the midline and the tangential line at the point on the trace curve which is 2 mm far from the midline on the mandibular kinesiograph (MKG) record photograph.

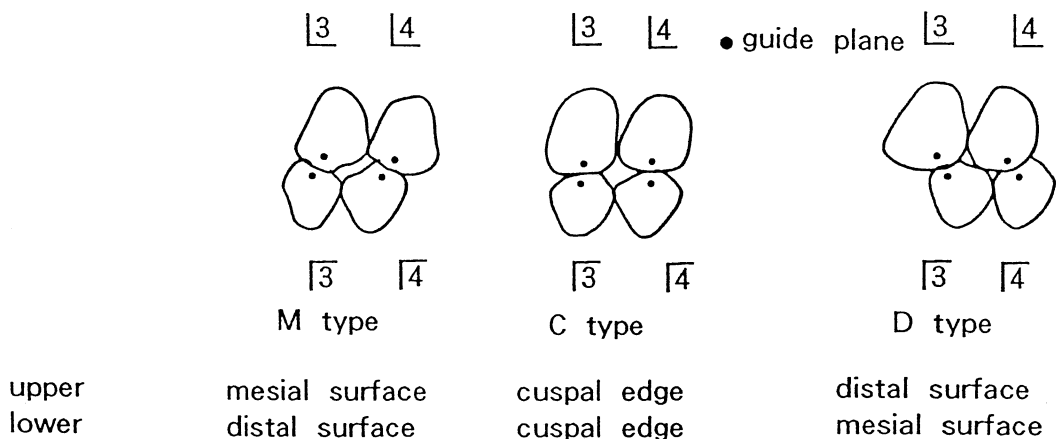


Fig. 2. Classification by the guiding interrelation of the upper and lower canine and 1st premolar in the lateral mandibular movement.

咬合位へ歯牙滑走運動させたときの水平面影像で、左右の側方切歯路は正中線に対してほぼ対称的であり、咬頭嵌合位を頂点とした“やじり型”を呈しているものと定義されている¹¹⁾。しかし、今回測定した下顎側方運動角LMAは、限界運動であればゴシックアーチ半角に相当するものとなるが、今回の記録では、MKGによる記録であり、その得られた測定値をLMAとし、別の名称で呼ぶこととした。なお、描記路が曲線の場合は、正中線から2 mm離れた曲線上での接線の正中線とのなす角度を計測した (Fig. 1)。

②側方運動時の誘導面の分類

対応する下顎側方運動の誘導面の分類 (咬合小面による誘導面の分類) は、中野ら (1987)¹²⁾によるものを参考にし、以下のごとく顎関節症患者および健常者について、近心型・切端型・遠心型の3型に分類した (Fig. 2)。

近心型(M型)：上顎では、犬歯もしくは第1小臼歯の近心に向いた咬合小面、下顎では遠心に向いた咬合小面に側方滑走運動の誘導面のあるもの。

切端型(C型)：上下顎ともに犬歯もしくは第1小臼歯の切端頂に側方滑走運動の誘導面のあるもの。

遠心型(D型)：上顎では、犬歯もしくは第1小臼歯の遠心に向いた咬合小面、下顎では近心に向いた咬合小面に側方滑走運動の誘導面のあるもの。

なお、犬歯もしくは第1小臼歯が高位、唇側転位、欠損などの理由により、明確な誘導面が認められないものは対象から除外した。

3. 顎運動測定装置

顎運動測定装置として、マグネットの磁場を応用した非接触型の顎運動記録装置Mandibular kinesigraph

(MKG) K 5 A-R型 (マイオトロクス社製) を使用し、アナライザーユニットとともに使用し、MKGのGainは、上下・左右・前後方向ともに5 mm/divisionとした。センサー・アレイは中央縦軸を顔面の正中と一致させ、側面観では直立した姿勢で床に対して垂直となるようにし、また、センサーアレイの面が顔面正中線に対し、水平面・垂直面に対称的になるように装着した。マグネットと垂直・前後・側方の各センサーの位置関係は、①側面観でセンサー・アレイ中央縦軸を床に対して垂直にする。②マグネットを側方センサーの厚みの中へ重ね、マグネットが側方センサーと一直線状に並ぶようにする。③前方からみてマグネットの位置が側方センサーの対角線の交点と一致するようにする、とし¹³⁾。

さらに、頭部動揺による誤差をなくすために、頭位は可及的に動揺のないように努めた。

4. 対象症例

対象症例は、1989年9月より1994年6月までに奈良県立医科大学附属病院を受診し、顎関節症と診断され、この中で欠損のない歯列を有し、側方滑走運動が作業側の犬歯あるいは第1小臼歯によって誘導されていると診断されたものである。対象症例の年齢は、12歳から74歳まで (平均30.4±14.4歳) の男性95例・女性259例の計354例412側について解析をおこなった。

また、比較対象の健常者として、第3大臼歯以外に欠損歯がなく、個性正常咬合を有し顎口腔系に特に異常を認めない奈良県立医科大学学生男性68例・女性16例の計84例168側 (平均年齢26.8±4.8歳) について検討をおこなった。

なお、水平運動を論じる場合は関節のみの評価よりも、

咀嚼器官としての単位と考え，“側”と表現した。

結 果

1. 対象症例分布

対象とした顎関節症患者に対して、現症、現病歴、X線所見などにより顎関節研究会（1987）における診断基準¹⁴⁾にしたがって分類をおこなった。

① I型の診断基準

咀嚼筋障害を主徴候としたもので、筋の触診により明瞭に圧痛を認めるもの、および咬合時に同部に疼痛を訴えるもの。（主病変部位は、咀嚼筋）

② II型の診断基準

慢性外傷性病変を主徴候としたもので、顎関節部の触

診にて圧痛を認めるもの、および咬合時に同部に疼痛を訴えるもの。（主病変部位は、関節包・関節靭帯・関節円板）

③ III型の診断基準

関節円板の異常を主徴候としたもので、造影X線検査やMR画像診断にて関節円板の転位が認められるが、顎関節硬組織には明かな骨変化が認められないもの。（主病変部位は、関節円板・滑膜）

なお、III型（いわゆる顎関節内障）はさらに、復位可能な関節円板前方転位（以下IIIa型と略す）、間欠的クローズドロック（以下IIIb型と略す）、復位不能な関節円板前方転位クローズドロック（以下IIIc型と略す）とした¹⁵⁾。

症型分類別では、I型50症例59側（うち両側性9例）、II型20症例21側（うち両側性1例）、III型284症例332側（うち両側性48例）の計354症例412側（うち両側性58例）であり、片側性症例296例・両側性症例58例であった。さらに、III型の内訳は、IIIa型146例184側（うち両側性38例）、IIIb型24例26側（うち両側性2例）、IIIc型114例122側（うち両側性8例）であった。

なお、健側・患側の比較の際、両側性のものは両側ともに患側とし、今回の両側性症例には左右異型のものを含めなかった。そして、健常者は84例168側についておこなった（Table 1）。

Table 1. Classification by types and gender in the patients of the temporomandibular joint (TMJ) dysfunction and healthy subjects

Gender type	Male	Female	Total
I	27(5)/22	32(4)/28	59(9)/50
II	6(0)/6	15(1)/14	21(1)/20
III	78(11)/67	254(37)/217	332(48)/284
IIIa	57(10)/47	127(28)/99	184(38)/146
IIIb	7(0)/7	19(2)/17	26(2)/24
IIIc	14(1)/13	108(7)/101	122(8)/144
Total	111(16)/95	301(42)/259	412(58)/354
Healthy subjects	136/68	32/16	168/84

Side(bilateral)/Case

2. 顎関節症患者の患側と健側の下顎側方運動角LMA各症型における健側と患側のLMAの測定値（平均値）は、顎関節症患者全体では、患側78.2±16.5°

Table 2. Lateral movement angle (LMA)

Type	Affected side	Healthy side
I (50/59)	79.8±19.0 (n=59) [d.f.=98, t=3.66, p<0.001]	66.7±15.4 (n=41)
II (20/21)	75.5±12.4 (n=21) [d.f.=38, t=3.30, p<0.001]	63.7±9.9 (n=19)
III (284/332)	78.1±16.3 (n=332) [d.f.=566, t=6.99, p<0.001]	68.8±14.6 (n=236)
IIIa (146/184)	75.2±14.3 (n=184) [d.f.=290, t=5.05, p<0.001]	66.6±13.6 (n=108)
IIIb (24/26)	79.3±15.7 (n=26) [d.f.=46, t=2.28, p<0.05]	69.8±12.7 (n=22)
IIIc (114/122)	82.1±19.5 (n=122) [d.f.=226, t=4.70, p<0.001]	70.9±16.0 (n=106)
Total (354/412)	78.2±16.5 (n=412) [d.f.=706, t=8.38, p<0.001]	68.2±14.4 (n=296)
	Right	Left
Healthy subjects	60.1±15.3 (n=84)	60.8±12.9 (n=84)
	[no significant difference]	
(84/168)	60.4±14.2 (n=168)	

(n=412), 健側では $68.2 \pm 14.4^\circ$ (n=296) と患側の方が有意に大きかった [d.f.=706, $t=8.38$, $p<0.001$]. そして, 各症型においても同様の結果であった. I型においては, 患側では $79.8 \pm 19.0^\circ$ (n=59), 健側では $66.7 \pm 15.4^\circ$ (n=41) と患側の方が有意に大きかった [d.f.=98, $t=3.66$, $p<0.001$]. II型では, 患側 $75.5 \pm 12.4^\circ$ (n=21), 健側 $63.7 \pm 9.9^\circ$ (n=19) と, 患側の方が有意に大きかった [d.f.=38, $t=3.30$, $p<0.001$]. また, III型全体においては, 患側 $78.1 \pm 16.3^\circ$ (n=332), 健側 $68.8 \pm 14.6^\circ$ (n=236) であり, 同様に患側の方が有意に大きかった [d.f.=566, $t=6.99$, $p<0.001$].

さらに, III型の細分類では, IIIa型患側 $75.2 \pm 14.3^\circ$ (n=184)・健側 $66.6 \pm 13.6^\circ$ (n=108) [d.f.=290, $t=5.05$,

$p<0.001$], IIIb型患側 $79.3 \pm 15.7^\circ$ (n=26)・健側 $69.8 \pm 12.7^\circ$ (n=22) [d.f.=46, $t=2.28$, $p<0.05$], IIIc型患側 $82.1 \pm 19.5^\circ$ (n=122), 健側 $70.9 \pm 16.0^\circ$ (n=106) [d.f.=226, $t=4.70$, $p<0.001$] であり, 細分類においても有意に患側の方が大きかった (Table 2).

3. 健常者の患側と健側の下顎側方運動角LMA

Table 3. Comparison of LMA between right-left in healthy subjects

Right<Left	Right≐Left *	Right>Left
23	27	34
LMA (Right) - LMA (Left) : 0.76 ± 15.1 (n=84)		

* Difference less than 5°

Table 4. Differences of LMA between affected and healthy sides in unilateral cases

Type	* Differences of LMA (degrees)	
I	12.5 ± 18.5 (n=41)	[d.f.=123, $t=3.78$, $p<0.001$]
II	10.5 ± 11.6 (n=19)	[d.f.=101, $t=2.64$, $p<0.01$]
III	10.8 ± 15.6 (n=238)	[d.f.=320, $t=5.11$, $p<0.001$]
IIIa	9.4 ± 14.7 (n=110)	[d.f.=192, $t=4.01$, $p<0.001$]
IIIb	9.6 ± 11.2 (n=22)	[d.f.=104, $t=2.56$, $p<0.01$]
IIIc	12.4 ± 16.9 (n=106)	[d.f.=188, $t=4.94$, $p<0.001$]
Total	11.0 ± 15.7 (n=298)	[d.f.=380, $t=5.32$, $p<0.001$]
Healthy subjects **	0.76 ± 15.1 (n=84)	

* LMA (affected side) - LMA (healthy side)

** Right-Left differences

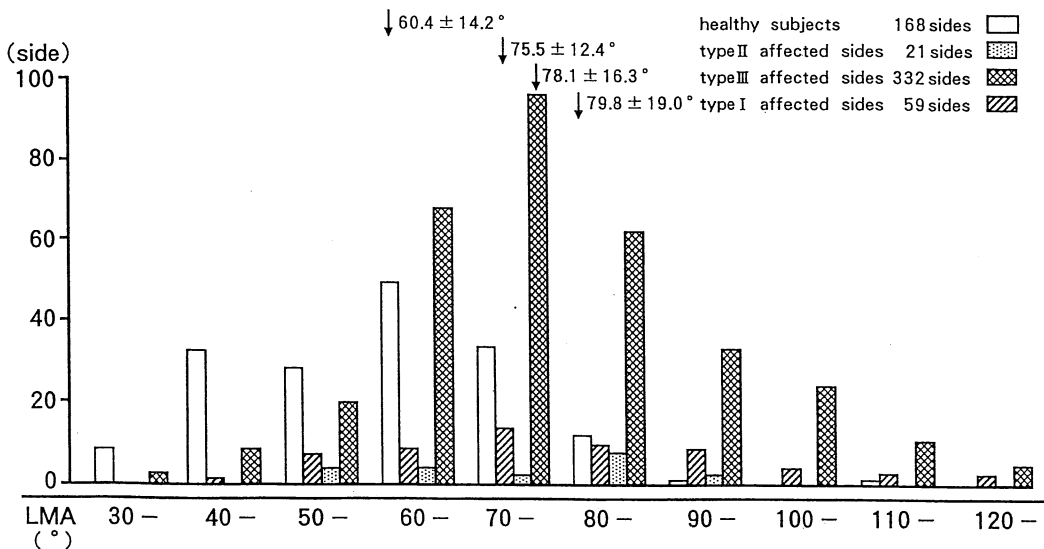


Fig. 3. Distribution of lateral movement angle (LMA) in the healthy subjects and in the temporomandibular joint dysfunction patients.

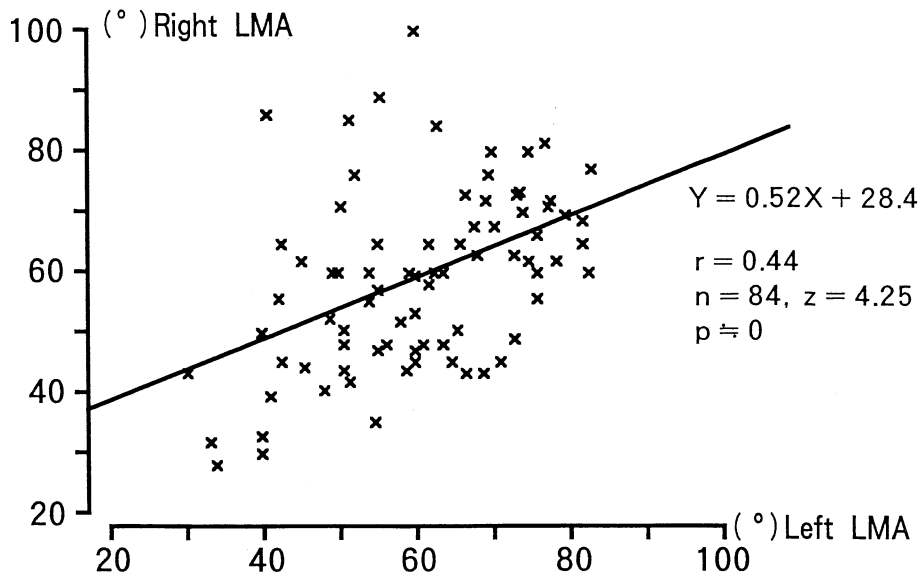


Fig. 4. Distribution of lateral movement angle (LMA) in healthy subjects.

Table 5. Comparison of LMA between affected and healthy sides in unilateral cases

Type	Healthy sides < Affected sides	Healthy sides = Affected sides *	Healthy sides > Affected sides
I (n=41)	25	14	2
II (n=19)	10	9	0
III (n=238)	153	61	24
IIIa (n=110)	69	27	14
IIIb (n=22)	15	4	3
IIIc (n=106)	69	30	7
Total (n=298)	188	84	26

* Difference less than 5°

健常者におけるLMAの測定値(平均値)は、右側 $60.1 \pm 15.3^\circ$ (n=84)、左側 $60.8 \pm 12.9^\circ$ (n=84) であり、また健常者全体では $60.4 \pm 14.2^\circ$ (n=168) であり、左右間において有意差は認めなかった。また、健常者と顎関節症患者の各症型間との比較では、I型・II型・III型患側の方が健常者より大きく有意差を認めた [I型: d.f.=179, $t=7.69$, $p<0.001$], [II型: d.f.=141, $t=4.58$, $p<0.001$], [III型: d.f.=452, $t=10.6$, $p<0.001$]。なお、健常者と顎関節症患者健側の比較では、すべての型で有意差は認めなかった (Table 2)。

そのLMA分布は、健常者については60度台にピークをもつ分布を示し、I型患側においては80度台に、そして、II型・III型患側においては、70度台にピークを持つ分布を示した (Fig. 3)。

4. 健常者における下顎側方運動角LMAの左右の比較

左側より右側の方が5度以上大きいものが34例と最も多く、その差が5度以下のものは27例、右側より左側の方が大きいものは23例であった (Table 3)。そして、LMA右側と左側の差は、平均 $0.76 \pm 15.1^\circ$ (n=84) であり (Table 4)、その分布は、一側が大きい場合他側も大きかった [相関係数 $r=0.44$, n=84, $z=4.25$] (Fig. 4)。

5. 片側性症例における下顎側方運動角LMAの患側と健側の比較

片側性症例においてLMAが、患側の方が健側より5度以上大きい場合が、I型では41例中25例(61.0%)、II型では19例中10例(52.6%)、III型全体では238例中153例(64.3%)、さらに細分類ではIIIa型110例中69例(62.7%)、IIIb型22例中15例(68.2%)、IIIc型106例中69例(63.3%)であり、ともに患側の方が大きい場合

が多く、患側と健側の差が5度以下のものは、I型14例(34.1%)・II型9例(47.4%)・III型全体で61例(25.6%)・IIIa型27例(24.5%)・IIIb型4例(18.2%)・IIIc型30例(28.3%)であった(Table 5)。

また、I型では、健側より患側の方が平均 $12.5 \pm 18.5^\circ$ (n=41)、II型では、平均 $10.5 \pm 11.6^\circ$ (n=19)、そしてIII型では $10.8 \pm 15.6^\circ$ (n=238)大きかった。細分類では、IIIa型 $9.4 \pm 14.7^\circ$ (n=110)、IIIb型 $9.6 \pm 11.2^\circ$ (n=22)、IIIc型 $12.4 \pm 16.9^\circ$ (n=106)であった。さらに、健常者の左右差[平均 0.76 ± 15.1 (n=84)]とは有意差を認めた[I型:d.f.=123, t=3.28, p<0.001, II型:d.f.=101, t=2.64, p<0.01, III型:d.f.=320, t=5.11, p<0.001](Table 4)。

以上の結果より、LMAは顎関節症患者の各症型の患者において、健側より大きくなることが多く、また、健常者より大きくなることがわかった。そして、健常者では

LMAの左右差は認められなかった。

6. 健常者における下顎側方運動角LMAの大きさと誘導面

健常者における誘導面別分布では、M型119例(70.8%)・C型17例(10.1%)・D型32例(19.1%)であり、健常者ではM型の占める率が高くなった。左右全体でLMAの大きさは、M型 $59.9 \pm 13.8^\circ$ (n=119)・C型 $57.1 \pm 14.4^\circ$ (n=17)・D型 $64.3 \pm 14.8^\circ$ (n=32)であり、各誘導面型間に有意差は認めなかった(Table 6)。

7. 顎関節症患者の下顎側方運動角LMAの大きさと誘導面

顎関節症患者側における誘導面別分布では、M型85例(31.8%)・C型51例(19.1%)・D型131例(49.1%)、健側ではM型124例(65.6%)・C型35例(18.5%)・D型30例(15.9%)であり、健常者および顎関節症患者健側ではM型の占める率が高くなっているのに対し、顎関節症患者患側ではD型の占める率が高くなった。

つぎに、顎関節症患者の誘導面別LMAにおいては、患側M型 $74.0 \pm 15.4^\circ$ (n=85)・患側C型 $78.5 \pm 13.0^\circ$ (n=51)・患側D型 $81.4 \pm 16.7^\circ$ (n=131)となり、健常者における誘導面別LMAと比較して、それぞれ有意差を認めた[M型:d.f.=202, t=6.85, p<0.0001, C型:d.f.=66, t=5.72, p<0.0001, D型:d.f.=161, t=5.30, p<0.0001](Table 7)。

また、顎関節症患者の症型別では、I型・II型・III型患側すべてにおいて、M型よりD型の方がLMAが大きくなり、とくに顎関節症全体[M型 $74.0 \pm 15.4^\circ$ (n=85), D型 $81.4 \pm 16.7^\circ$ (n=131)]および顎関節症III型全体[M

Table 6. Comparison of LMA and occlusal interrelation to guide movement in healthy subjects

Type	Right	Left	Total
M	59.3 ± 16.6 (n=65)	60.5 ± 12.6 (n=54)	59.9 ± 13.8 (n=119) [70.8%]
C	57.6 ± 13.5 (n=8)	56.7 ± 15.1 (n=9)	57.1 ± 14.4 (n=17) [10.1%]
D	66.0 ± 18.6 (n=11)	63.3 ± 12.1 (n=21)	64.3 ± 14.8 (n=32) [19.1%]

(*)

Table 7. Comparison of LMA and occlusal interrelation to guide movement in patients of the temporomandibular dysfunction

Type guide	Affected side			Healthy side		
	M type	C type	D type	M type	C type	D type
I	81.1 ± 18.0 (n=13)	84.0 ± 13.2 (n=8)	84.4 ± 21.3 (n=18)	66.5 ± 20.3 (n=18)	70.8 ± 10.1 (n=6)	70.0 (n=1)
II	74.0 ± 11.5 (n=9)	76.7 ± 6.18 (n=3)	77.5 ± 12.9 (n=6)	64.7 ± 8.42 (n=11)	66.8 ± 11.8 (n=4)	59.0 (n=1)
III	72.5 ± 15.4 (n=66)	77.5 ± 13.5 (n=41)	81.1 ± 16.1 (n=107)	68.0 ± 11.8 (n=95)	76.0 ± 16.9 (n=25)	71.9 ± 15.8 (n=28)
IIIa	75.5 ± 17.0 (n=35)	74.4 ± 9.4 (n=25)	78.6 ± 14.0 (n=53)	66.5 ± 13.2 (n=44)	73.5 ± 13.6 (n=12)	64.7 ± 10.6 (n=11)
IIIb	74.4 ± 14.6 (n=8)	81.3 ± 4.5 (n=4)	80.0 ± 9.4 (n=6)	67.9 ± 12.7 (n=13)	80.0 ± 10.0 (n=2)	75.0 (n=1)
IIIc	77.5 ± 15.2 (n=20)	86.8 ± 24.9 (n=12)	83.9 ± 19.3 (n=48)	69.7 ± 9.8 (n=38)	78.1 ± 21.8 (n=11)	76.6 ± 19.4 (n=16)
Total	74.0 ± 15.4 (n=85) [31.8%]	78.5 ± 13.0 (n=51) [19.1%]	81.4 ± 16.7 (n=131) [49.1%]	67.5 ± 12.7 (n=124) [65.6%]	74.1 ± 15.2 (n=35) [18.5%]	71.4 ± 15.8 (n=30) [15.9%]

型 $72.5 \pm 15.4^\circ$ ($n=66$), D型 $81.1 \pm 16.1^\circ$ ($n=107$)] においてそれぞれ有意差を認めた [M型: d.f.=214, $t=3.18$, $p < 0.0001$] [D型: d.f.=168, $t=3.42$, $p < 0.0001$]. また, M型・C型・D型それぞれにおいて健側より患側の方がLMAが大きく, M型・D型において有意差を認めた [M型: d.f.=207, $t=3.33$, $p < 0.0001$] [D型: d.f.=159, $t=2.98$, $p < 0.001$] (Table 7).

考 察

下顎運動は, 左右の下顎頭と歯牙および神経筋機構によって構成される多要素の3次元運動であり, これらの諸要素からなる顎口腔機能を包括するため, 顎運動解析は, 機能障害診断・治療および予後判定にあたって, きわめて重要な情報を提供するものである。しかし, 下顎運動の水平面の様相について検討しているものはすくないようである^{19)~21)}。したがって, 顎関節症における顎運動異常について幾何学的に検討することは, 不可欠なものと考えられる。

1. 研究目的について

顎関節症などの機能異常を示す症例においては, 下顎運動異常を示す場合が多いことが知られている。このような症例を多数検討し, 診断することにより, 顎関節症の真の原因の追求ができるものと考えられる。ことためには, MKGやパントグラフなどを使用することによる下顎運動の解析が必要であり, これにより, 両側下顎頭および切歯点の運動を解析する必要がある。また, 正常な下顎運動をおこなっている場合, 下顎頭と調和のとれた歯牙の誘導面が存在するものと考えられ, 下顎頭と歯牙路との関係について検討されている^{17), 19)~21)}。

日常臨床の中で, 顎関節症患者における前方誘導路が失われた症例を多く経験する。そのため, 切歯点自体の運動つまり咀嚼運動との関係が深い側方滑走運動を記録する必要性を痛感することが多い。戸田²²⁾は, 咀嚼期の切歯点の水平面動径はゴシックアーチにしたがうものが51.3%であり, これらのものは, 動径の分布に食品差がないと報告している。つまり, 咀嚼様式において, 水平面動径の特徴が主要な要素になるということの意味する。現在, 下顎切歯点での運動記録は, 直接測定点を求めることが可能であり, 比較的容易なため広く解析され得る。このように, 臨床診査においては簡便なことが第一であり, また, 診断に際しては十分な基礎的知識が必要であり, この点に関して現時点では, 下顎切歯点における運動診査が適当であると考えられる²³⁾。また, 正常な下顎運動をおこなっている場合, 顎路と調和のとれた歯牙の誘導面が存在するものと考えられ, 下顎頭と歯牙路との関

係についても, 検討する必要があると考えられる。

左右側方後退限界切歯運動路をゴシックアーチというが, この臨床応用として, 1)定められた高径下での下顎後退位を客観的に知ることができる, 2)下顎の上下運動の中で容易におこなえて, しかも下顎の咬頭嵌合位に密に関連する運動の記録を加え, 顎機能の診査・診断に役立つこととされている¹¹⁾。

従来下顎側方運動の切歯路の水平面内での運動方向は, ゴシックアーチとして表されるようにほぼ一定のものであるとされてきた。しかし, 顎関節症患者においては, その様相が健常者と異なることが多く, さらに, 側方運動の誘導面の与え方によっては, より咬み易い方向に側方滑走運動の経路を取ろうとすることが多い。

したがって, 本研究では多数の健常者ならびに顎関節症患者において, MKG記録を用いて水平面での運動の様相ならびに側方運動の歯牙誘導路を記録し, 検討をおこなった。以上の記録から, 健常者ならびに症型分類された顎関節症患者の相違を比較・検討し, その差を生じている原因を考察し, 顎関節症の発病の原因を追求した。

2. 研究方法について

解析は, 有歯顎の顎関節症患者に対しておこない, 顎運動測定装置はMandibular Kinesiograph (MKG)を使用した。MKGは, B. Jankelson²⁴⁾によって開発されたもので, 磁場の強さの変化を電気的に交換する原理に基づ

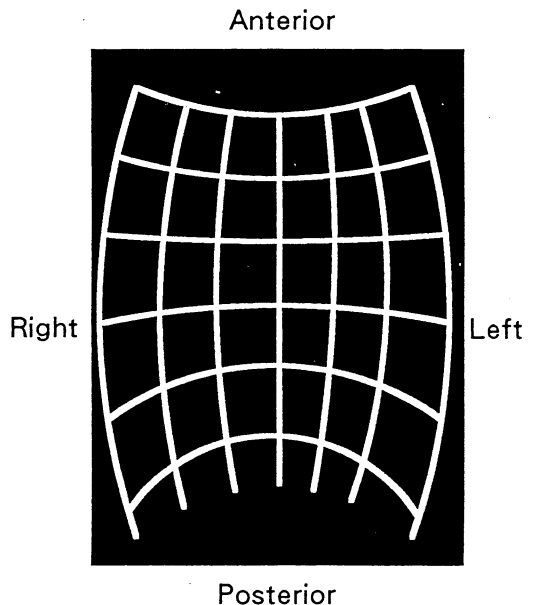


Fig. 5. Mandibular kinesiograph (MKG) trace recordings in case when the magnet is moved on the grid of 5 mm interval.

く非接触型の三次元下顎運動記録装置である。従来、電気的顎運動解析装置では、水平面描記の特性が矢状面および前額面の描記特性よりも劣ることから水平面各種限界運動記録による顎運動の診断に電気的顎運動解析装置を用いたものはすくなく、特に、顎関節症の各種水平面顎運動を記録して、顎運動域と下顎頭の運動状態について検討したものは極めてすくない。しかし、水平面の測定精度に関しては、IC演算回路とMKG Analyzerの使用により補正されており¹⁹⁾。かつMKGの較正をおこなったことで適切な使用が可能となった。つまり、方眼紙上でマグネットを水平に左右前後に5mmずつ移動させた場合に、中央2 divisionにほぼ歪のない領域が認められたため(Fig. 5)、測定時のマグネットの設定部位はこの位置となるようにした。したがって、本研究は、咬頭嵌合位から歯牙接触を維持させながら機能時の測方滑走運動切歯路の記録にあるので、MKGによるLMAの測定では、中央2 division以内は実際の角度を適切に表現しているといえる。MKGはパントグラフなどと比べて、操作が容易であり、顎運動が比較的生理的な状態で比較可能であり、コンピュータへの接続によってデータ処理も容易であり、これらの利点でもありパントグラフの代用として今回の測定には有用な装置であるといえる。また、中野ら¹⁷⁾によると側方滑走運動時における切歯点での切端咬合位までの運動距離は、上顎歯牙の被蓋量によって異なるものの、2.92~6.72mmであり、イミディエイトサイドシフトの後、作業側下顎頭の動きが少なくなることより、イミディエイトサイドシフトによる極端な動きを除くためには、正中から2mm離れたところで測定するのが妥当であると考えられる。

3. 顎関節症患者における下顎側方運動角LMAについて

顎関節症I型患側では、 $79.8 \pm 19.0^\circ$ (n=59)、II型患側では、 $75.5 \pm 12.4^\circ$ (n=21)、III型患側では、 $78.1 \pm 16.3^\circ$ (n=332)となり、顎関節症患側においては、健側より明らかにLMAが大きくなることが確認できた(Table 2)。この理由として、I型では外側翼突筋の弛緩または疼痛により前方への牽引力の低下が生じ、II型では関節靭帯損傷、関節包外傷を生ずるような関節腔の狭小化または疼痛により前方への牽引力が低下し、作業側となった時の下顎頭の安定性が悪いために外側または後方にイミディエイトサイドシフトの後、下顎側方運動に従い下顎頭が移動し、患側におけるLMAが大きくなることが考えられる。また、III型では関節円板の前方転位により前方への移動が困難なため、イミディエイトサイドシフトの後、側方または後方へ代償的に動き、患側のLMAが大

きくになると考えられる。

またLMAが大きくなる原因として、①歯牙による側方誘導路がこれを規定している、②下顎頭の前方向への動きが悪いために、側方へ代償的に動き患側の半角が大きくなる、③作業側となった時の下顎頭の安定性が悪いために、外側または後方に下顎頭が移動し、患側の半角が大きくなる、などが考えられる。これらの側方運動路に、多くみられる顎関節症患者の非対称性が、本来、顎関節の異常によるもの(②または③の場合)か、または、歯牙の誘導によりもたらされるもの(①の場合)なのかを、決定する必要があると考えた。さらに、これらの非対称性がどの程度健常者に現れるのかを比較・検討されなければ、非対称性が顎関節症に特異的かどうかいえない。そこで、健常者により水平運動角の対称性がどの程度であるのか、データを採っておく必要性が考えられた。また、下顎頭の動きの多少により非対称性が出現するものならば、逆に水平運動を測定することにより、下顎頭の動きを診断することも可能であると考えられる。

また、片側性症例におけるLMAの患側と健側の比較においては、いずれの症例においても患側の方が大きい症例が多く、その差においても、I型平均 $12.5 \pm 18.5^\circ$ (n=41)・II型平均 $10.5 \pm 11.6^\circ$ (n=19)・III型平均 $10.8 \pm 15.6^\circ$ (n=238)となった(Table 4)。III型においてその差が小さくなる理由としては、III型症例において患側では73.2%・患側では47.3%が関節円板前方転位を認めたとという報告もあることより²⁵⁾、健側LMAが他型と比較し大きくなりやすいためと考えられる。

4. 誘導面の分類について

咬合とは、上下の歯牙の接触関係のことであるが、機能的な面を重視して咬合状態を表現する場合、中野ら²⁶⁾は、①咬頭嵌合位の位置、②咬頭嵌合位の安定性、③滑走運動を誘導する方向、④滑走運動を誘導する部位、⑤咬合平面、の5要素が重要であると述べている。つまり、咬合からみた顎関節症の発症因子としては、上記5項目についての各々異常を認めた場合が考えられる。この中で、滑走運動を誘導する方向とは、誘導面の傾斜や水平面内のどの方向に下顎が誘導されるかということであり²⁷⁾、滑走運動を誘導する部位とは、滑走運動が歯列上のどの歯牙の、さらにまたどの面で誘導されるかということである²⁸⁾。側方運動の水平面方向は、どの斜面で誘導されるかによって影響を受け、誘導面が不適切であると、時間とともに顎関節部の器質的变化を引き起こし、下顎運動範囲の拡大や咬頭嵌合位の変化をもたらすこともあり、やはり、側方滑走運動の咬合様式は、犬歯誘導か犬歯および小白歯で誘導されるグループファンクションが

望ましいといえる。

健常者における誘導面別分布では、M型 119 側 (70.8%)・C型 17 側 (10.1%)・D型 32 側 (19.1%)であったのに対し、顎関節症患者側における誘導面別分布では、M型 85 側 (31.8%)・C型 51 側 (19.1%)・D型 131 側 (49.1%)、健側ではM型 124 側 (15.9%)・C型 35 側 (18.5%)・D型 30 側 (15.9%)であり、健常者および顎関節症患者健側ではM型の占める率が高くなっているのに対し、顎関節症患者患側ではD型の占める率が高くなった。この理由として、中野ら²⁷⁾は、顎機能異常者にみられる歯牙の誘導面は、正常機能者とは異なった傾向をもつことが多く、歯牙の誘導面の異常は、顎機能異常を引き起こす大きな要因である、と述べており、さらに、側方運動の誘導面の分類において、M型の場合は、上顎では犬歯もしくは第1小臼歯の近心に向いた咬合小面、下顎は遠心に向いた咬合小面で誘導するため、上顎の誘導面上で下顎を前方へ向かわせる分力が働くが、D型の場合は、上顎では遠心に向いた咬合小面、下顎は近心に向いた咬合小面で誘導するため、上顎の誘導面上で下顎を後方へ向かわせる分力が生じ、運動範囲を拡大させる傾向をもつためと考えられる。

5. 下顎側方運動角LMAと誘導面の関係について

顎関節症患者の誘導面別LMAにおいては、患側M型 74.0±15.4° (n=85)・患側C型 78.5±13.0° (n=51)・患側D型 81.4±16.7° (n=131)となり、健常者における誘導面別LMAと比較して、それぞれ有意差を認め、顎関

節症患者の症型別では、I型・II型・III型患側すべてにおいて、M型よりD型の方がLMAが大きく、とくに顎関節症全体および顎関節症III型全体においてそれぞれ有意差を認めた。また、M型・C型・D型それぞれにおいて健側より患側の方がLMAが大きく、M型・C型・D型において有意差を認めた。1989年Jamesら²⁹⁾の報告では、側方運動時の誘導面の状態により作業側下顎頭の動きに影響し、顎関節症を引き起こすことがあるようであり、さらに、1989年中沢ら³⁰⁾の報告では、健常者において、下顎は側方運動時に作業側の下顎頭を中心にほぼ回転運動をするのであるが、下顎を誘導する方向によっては患側下顎頭が側方運動時、後方に移動する場合があります、さらに中沢³¹⁾は、異常者では運動域の狭小化、すなわち、下顎運動と運動経過中における異常な前後動的、または、側方的動揺、運動速度の変化を認め、下顎の動揺と顎関節雑音発生とは一致することが多いと述べている。このことより誘導面の状態によりLMAが大きくなる可能性も考えられるが、C型が存在することもあり、必ずしもそうでないと考えられる。その理由として、従来側方運動の水平面内運動方向は、顎関節により規定されゴシックアーチで表されるほぼ一定のものであるといわれてきた¹⁷⁾。また、誘導面の与え方によっては、患者はより咬み易い方向に側方滑走運動の経路をとろうとすることがあり²⁰⁾、実験的に誘導面を与えて、6自由度の下顎運動測定をおこなった結果では、下顎部の運動方向は特に水平面において変わりうるということが報告されている^{32,33)}。こ

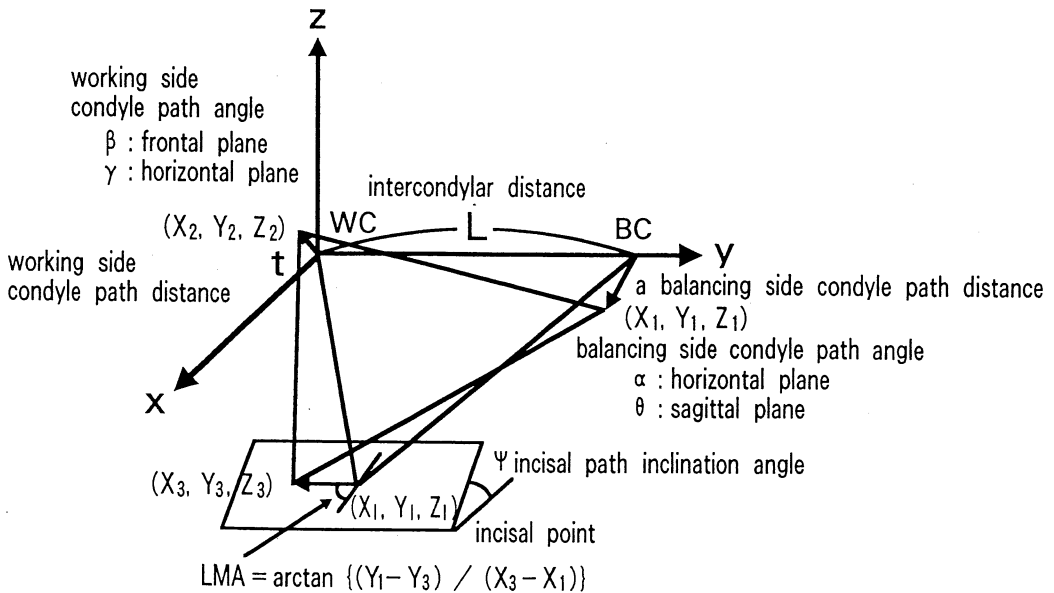


Fig. 6. A system of coordinates for calculation of lateral movement angle (LMA).

のことからみても、側方滑走運動の水平面方向は、後方指要素によって一義的に決まるものではないといえる。

本研究において、M型よりD型の方がLMAが大きい値を示しているが、誘導面の与え方によっては患者はより動き易い方向に側方滑走運動の経路を取ろうとすることがあるといえる。しかし、今回の解析においては、各症型におけるLMAと側方運動の誘導面の型について、LMAが大きくなるために誘導面がD型になる場合が多くなることも考えられる。したがって、LMAを測定することは、下顎頭の不安定度を推し量る指標として有用な手段であると考えられ、LMAを大きくする誘因として、側方運動の誘導路の異常が一要因と見なせることが示唆された。

6. 下顎側方運動角LMAの作業側下顎頭移動への関与
LMAは、下顎切歯点の水平面での展開角として表現される動きであるが、これには、多くの要素が関与している。前述のように、作業側下顎頭の動きについては、後方または側方への移動がLMAの大きくなる要因であるが、それ以外に、両下顎頭間距離の大きい下顎はLMAが大きくなり、被蓋による切歯路傾斜角が大きくなれば、LMAは90°に近づくことが理解できる。これらのことを、理論的に解明するためにLMAと下顎運動の各要素を係数として表現してみた。すなわち、下顎運動の座標系を1980年長谷川ら²⁰⁾の報告に基づき座標系を設定した(Fig. 6)。

①下顎頭間距離(L)

②中心咬合時、

作業側下顎頭座標

平衡側下顎頭座標

下顎切歯点座標 (X₁, Y₁, Z₁)

③側方運動時、

作業側矢状顎路傾斜角 (β, γ)

平衡側前頭面顎路傾斜角 (α, θ)

④矢状切歯路傾斜角 (ψ)

⑤側方運動時、

作業側下顎頭座標 (X₂, Y₂, Z₂)

平衡側下顎頭座標 (X₁, Y₁, Z₁)

下顎切歯点座標 (X₃, Y₃, Z₃)

これらにより、側方運動費の作業側下顎頭座標 (X₂, Y₂, Z₂)、平衡側下顎頭座標 (X₁, Y₁, Z₁)、下顎切歯点座標 (X₃, Y₃, Z₃) は以下のような式であらわされ、切歯点の座標よりLMAの値が計算できる (Table 8)。

なお、この計算式は長谷川ら²⁰⁾の報告とは異なっているが、著者が計算し訂正したものである。

この式を用いて、①下顎切歯点座標、②顎頭間距離、③作業側顎路角、④平衡側顎路角、⑤平衡側顎頭移動距離の平均的パラメータを与えた。下顎運動がこれらの平均的パラメータにしたがっておこなわれているとすると、Fig. 7のように作業側顎頭の移動距離に対するLMAの値が計算でき、LMAの値は切歯路傾斜角ψの影響を受けることがわかる。なお、tのマイナスは作業側下顎頭の後方への移動、プラスは前方への移動を示す。

逆に、得られたLMAの値と、MKGから読み取った切歯路傾斜角ψとの点をプロットすると、作業側下顎頭の

Table 8. Calculation for coordinates of working-side condyle, balancing-side and incisal point

$$x_2 = -t \sin \beta$$

$$y_2 = -t \cos \beta$$

$$z_2 = t \cdot \tan \gamma \cdot \cos \beta$$

$$x_1 = \frac{x_2 + L \tan \alpha - y_2 \tan \alpha - z_2 \tan \theta + \sqrt{(x_2 + L \tan \alpha - y_2 \tan \alpha - z_2 \tan \theta)^2 - (1 + \tan^2 \alpha + \tan^2 \theta)(x_2^2 + y_2^2 - 2Ly_2 + z_2^2)}}{1 + \tan^2 \alpha + \tan^2 \theta}$$

$$y_1 = L - a' \cos \theta \tan \alpha$$

$$z_1 = -a' \sin \theta \quad (a' = x_1 / \cos \theta)$$

$$x_3 = \frac{\{x_1 + (x_1 \tan \phi + z_1 - z_1) \tan \phi\} (y_1 - y_2)^2 - E \{(x_2 - x_1) + \tan \phi (z_1 - z_2)\} + \sqrt{\{x_1 + (x_1 \tan \phi + z_1 - z_1) \tan \phi\} (y_1 - y_2)^2 - E \{(x_2 - x_1) + \tan \phi (z_1 - z_2)\}^2}}{(1 + \tan^2 \phi) (y_1 - y_2)^2 + \{(x_2 - x_1) + \tan \phi (z_1 - z_2)\}^2}$$

$$\frac{+ \tan \phi (z_1 - z_2)\}^2 - \{(1 + \tan^2 \phi) (y_1 - y_2)^2 + \{(x_2 - x_1) + \tan \phi (z_1 - z_2)\} [x_1^2 + (x_1 \tan \phi + z_1 - z_2)^2 - \{x_2^2 + (L - y_1)^2 + z_1^2\} (y_1 - y_2)^2 + E^2]$$

$$(E = 1/2 \{x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 + z_1^2 - z_2^2 + 2(x_1 \tan \phi + z_1)(z_2 - z_1) - L^2 + 2Ly_1 - 2y_1(y_1 - y_2)\})$$

$$y_3 = \frac{\{(x_2 - x_1) + \tan \phi (z_1 - z_2)\} x_3 + E + y_1 (y_1 - y_2)}{y_1 - y_2}$$

$$z_3 = (x_1 \tan \phi + z_1) - x_3 \tan \phi$$

$$LMA = \arctan \{(y_1 - y_3) / (x_3 - x_1)\}$$

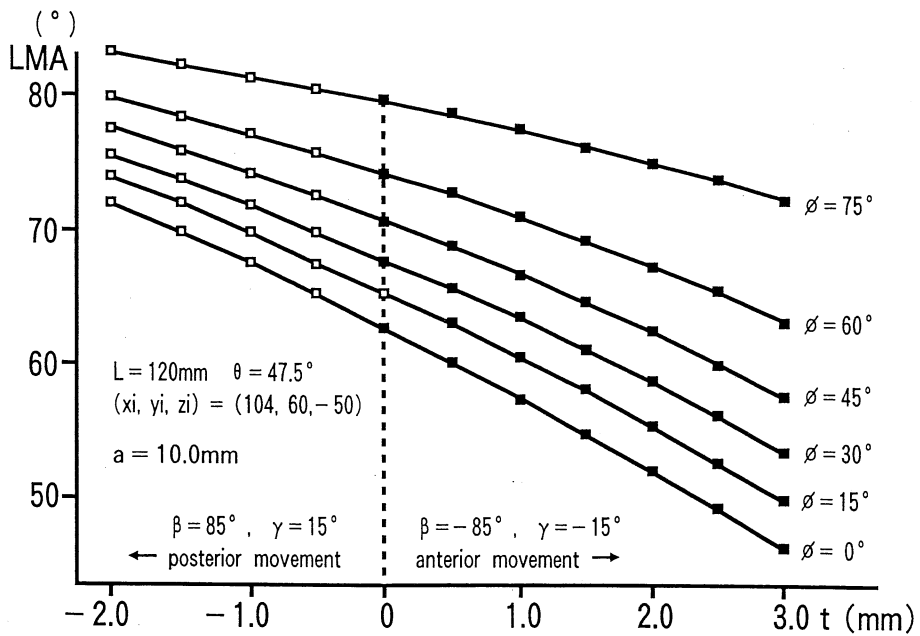


Fig. 7. Change of working side condyle move (t) and lateral movement angle (LMA) with incisal inclination (ψ) fixed.

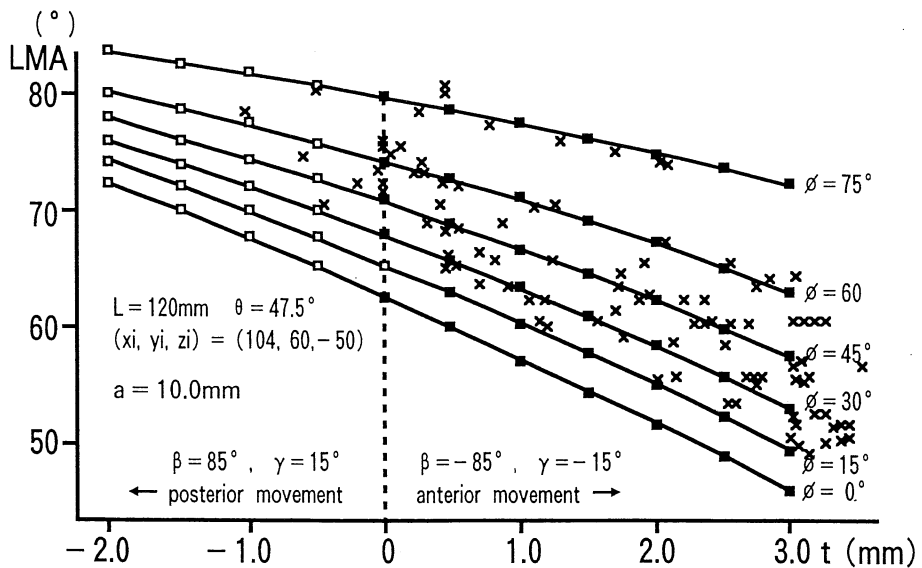


Fig. 8. Shift of the working side condyle estimated by lateral movement angle (LMA) in the healthy subjects and incisal inclination (ψ).

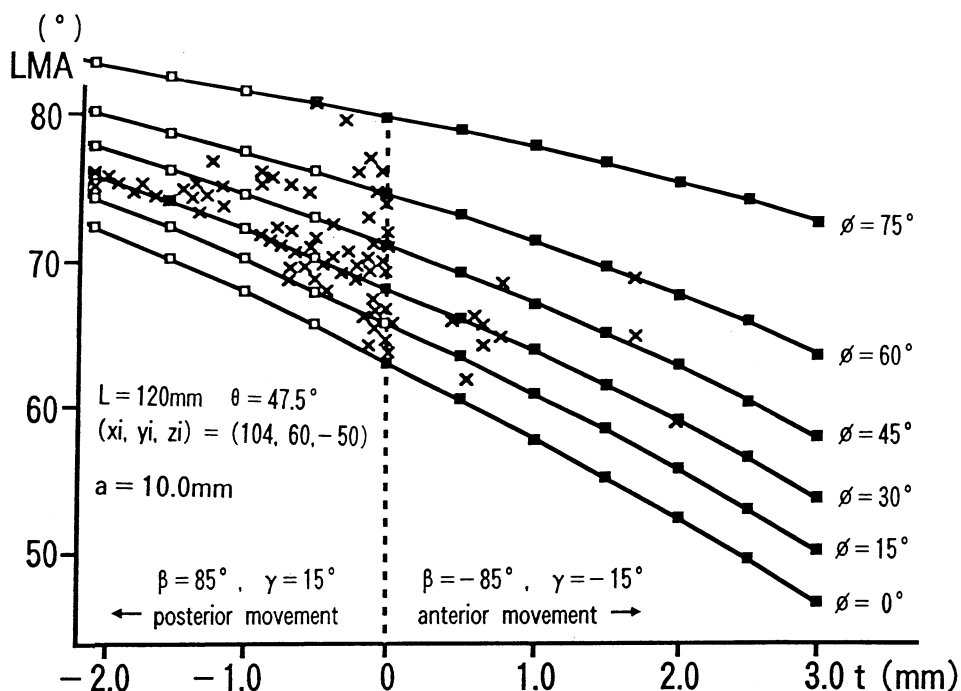


Fig. 9. Shift of the working side condyle estimated by lateral movement angle (LMA) in the temporomandibular joint (TMJ) dysfunction (type I) and incisal inclination (ψ).

運動が平均的パラメータにより、後方また、前方への移動距離を推定できる (Fig. 8). そして、健常者についてその点をプロットすると 92.8% のものは前方に移動することがわかる (Fig. 8). また、顎関節症患者において各症型別にその点をプロットすると、下顎頭が前方に移動せず後方に移動する場合は、I 型 84.2%、II 型 83.3%、III 型 90.4% (Fig. 9) となり、非常に多くなった。

以上の計算式を考慮すると、LMA が大きくなる原因として以下のことが考えられる。すなわち、①関節円板前方転位による患側下顎頭の運動不全、②切歯路傾斜が大きい、③関節靭帯の弛緩、④誘導面が不适当、⑤前方への外側翼突筋の牽引力低下、⑥咀嚼筋の spasm、である。②の切歯路傾斜が大きいことについては、被蓋が急すぎるため前方方向への下顎の動きが抑制され、滑走運動よりも回転運動を中心とする運動を強いられるためである。

逆に、以上のことが考えられる場合には、LMA が大きくなることが予想でき、MKG で LMA を測定することは有意義であると考えられる。今後、さらに下顎頭が側方運動時後方へ移動しているか確認するためには、パントグラフなどによる測定²⁴⁾または X 線学的検討を待たねばならない。

結 語

1. 顎関節症患者 I 型 50 症例 59 例・II 型 20 症例 21 例・III 型 284 症例 332 例 (うち IIIa 型 146 症例 184 例・IIIb 型 24 症例 26 例・IIIc 型 114 症例 122 例) の計 354 症例 412 および健常者 84 名に対して、Mandibular Kinesiograph (MKG) を用いて、下顎運動水平面の様相について検討し、さらに、誘導面との関係についても解析をおこなった。
2. 下顎側方運動角 Lateral Movement Angle (LMA) 平均では、健常者で 60.4° であり、顎関節症患者では 78.2° と後者の方が大きく両者に有意差を認めた。また、健側より患側の方が大きく、個々の症例でも患側が大きい場合が多かった。
3. 患側と健側の LMA の差は、平均 11.0° であった。
4. 健常者の LMA は、左右ともほぼ同じ値であった。
5. 側方運動の誘導面の分類をした場合、患側・健側いずれにおいても M 型より D 型の方が LMA が大きく、顎関節症全体平均および III 型全体平均において有意差を認めた。
6. M 型・C 型・D 型それぞれにおいて健側より患側の方が大きかった。

7. LMAの値から作業側下顎移動距離を計算すると、健常者のうち92.8%が前方への移動を示した。一方、顎関節症症例ではLMAが大きく、側方滑走運動時の患側下顎頭が後方に移動している場合が多いことが示された。

8. 下顎運動の安定性を客観的に示す指標として、下顎側方運動角Lateral Movement Angle (LMA)を考案した。

9. MKGでLMAを測定することは、顎関節症症例における下顎頭の不安定性を客観的に検索・診断するために、極めて有用な方法であると考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました口腔外科学講座杉村正仁教授に深甚なる謝辞を捧げるとともに、御校閲、御助言を賜りました整形外科科学講座玉井進教授ならびに耳鼻咽喉科学講座松永喬教授に深謝いたします。また、本研究を御援助下さいました口腔外科学講座匠原悦雄講師に感謝の意を表します。

本論文の要旨は、第4回日本顎関節学会総会(平成3年7月12日、名古屋)・第5回日本口腔診断学会(平成4年5月15日、仙台)・第5回日本顎関節学会総会(平成4年7月3日、甲府)において発表した。

文 献

- 1) 鬼塚謙治：顎関節症に関する臨床的研究。九州歯会誌。30：662-708, 1977.
- 2) Roura, N. and Clayton, J. A. : Pantographic records on TMJ dysfunction subjects treated with occusal splints. A progress report. J. Prosthet. Dent. 33: 442-453, 1975.
- 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。18：221-245, 1975.
- 4) 大河平貞郎：健常者および顎関節症患者における顎関節雑音に関する臨床的研究—特にX線およびVTRによる検索。口病誌。43：144-168, 1976.
- 5) 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.
- 6) 石原寿郎、藍 稔：咬合に関する見解の種々相。2下顎運動について。歯界展望 31：29-40, 1968.
- 7) 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軸の解析。補綴誌。12：350-380, 1968.
- 8) 中島清一、古谷野潔、水野幹生、末次恒夫：切歯路と顎路の運動論的対応関係の研究。第1報前後の運

動距離の解析。補綴誌。35：1275-1285, 1991.

- 9) Gysi, A. : The problem of articulation. Dent. cosmo. 52: 1-19, 1910.
- 10) 匠原悦雄、川上哲司：MKGトレースのパーソナルコンピュータ記録の方法について(抄)。日顎誌。4：210, 1992.
- 11) 石岡 靖、小林義典、長谷川成男、河野正司、林 豊彦：顎口腔機能分析の基礎とその応用。—ME機器をいかに臨床に活かすか。デンタルダイヤモンド社、東京、p56, 1991.
- 12) 中野雅徳、坂東永一：発症因子として咬合に対する考え方。歯界展望(別冊)：157-162, 1987.
- 13) 三谷春保、虫本栄子：MKGによる診査。補綴臨床(別冊)：129-137, 1985.
- 14) 小野尊睦、岡 達：顎関節症分類案。顎関節研究会誌。7：135-136, 1987.
- 15) 辰巳佳正、匠原悦雄、川上哲司、杉村正仁：顎関節症患者の症型分類による臨床統計的観察。日顎誌。2：98-112, 1990.
- 16) 長谷川成男、藍 稔：下顎限界運動における全運動軸の立体測定。補綴誌。19：434-443, 1975.
- 17) 中野雅徳：側方滑走運動における顎路と歯牙路に関する研究。補綴誌。19：647-665, 1976.
- 18) 和栗範幸、清野晃孝：咬合と顎関節に関する研究IV。補綴誌。32：1122-1131, 1988.
- 19) 河野正司、塩沢育巳：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.
- 20) 長谷川成男、真柳昭敏：下顎運動要素の歯牙路への影響。その1 算出法。補綴誌。24：54-58, 1980.
- 21) 林 豊彦：側方滑走運動の三次元動態に関する研究。第1報 下顎代表点の運動路と運動初期の動態について。補綴誌。30：1136-1149, 1986.
- 22) 戸田外穂：各種食品咀嚼時の下顎切歯点の水平面運動の解析。歯科医学 33：10-32, 1970.
- 23) 古屋良一：下顎運動からみた診査・診断—下顎切歯限界運動について。歯医学誌。13：111-115, 1994.
- 24) Jankelson, B., Swain, C. W., Crane, P. F. and Radke, J. C. : Kinesiometric Instrumentation. A new technology. J. A. D. D. 90: 834-840, 1975.
- 25) 外山正彦、栗田賢一、河合 幹、菊地 厚：片側に顎関節症症状を訴えた患者の両側MRI所見—関節円板前方転位について。日顎誌。4：99-108, 1992.
- 26) 中野雅徳、坂東永一：側方運動のガイドをどのように与えるか。日本歯科評論 別冊犬歯：128-133, 1989.

- 27) 中野雅徳, 近藤一雄: 歯のガイドの与え方—量的要素. 補綴臨床別冊/咬合—診断・治療のために. 第1版, 医歯薬出版, 東京, p31-41, 1984.
- 28) 中野雅徳, 近藤一雄: 歯のガイドの与え方—質的要素. 補綴臨床別冊/咬合—診断・治療のために. 第1版, 医歯薬出版, 東京, p42-51, 1984.
- 29) James, P. C., Mahan, P. E., Charles, H. G. and Boyd, B. W.: A preliminary study of the effect of tooth guidance on working-side condylar movement. *J. Prosth. Dent.* **62**: 157-162, 1989.
- 30) 中沢勝紘, 立石 淳: 日常臨床における顎関節症の位置. *クインテッセンス (別冊)*: 167-181, 1989.
- 31) 中沢勝紘: 顎関節症における下顎運動の分析. *歯科学報* **74**: 277-311, 1974.
- 32) 栗山 寛: 歯牙指導要素が平衡側顎路に及ぼす影響について. *補綴誌*. **23**: 126-147, 1979.
- 33) 廣瀬正和: 前方指導要素の変化が顎頭運動に及ぼす影響. *補綴誌*. **31**: 509, 1987.
- 34) 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.