原著論文

連続開閉口運動時の下顎の垂直的位置感覚について

兼平 治和 前田 照太 井上 宏

Mandibular Position Sense during Open-Close Movement

Harukazu Kanehira, Teruta Maeda and Hiroshi Inoue

Abstract : The purpose of this study was to investigate mandibular position sense with four different jaw openings (5, 10, 15 and 20 mm from intercuspal position) during open-close movements. Eight subjects memorized the reference positions with monitoring their spatial vertical jaw positions using a Mandibular Kinesiograph (M.K.G., K-5). Immediately after memorizing one of those positions, they were required twenty times open-close movements; that is, approaching the memorized position from superior (opening approach) or from inferior position (closing approach) and receding were repeated. Vertical distances from intercuspal position at lower incisal teeth were recorded by MKG and statistically analyzed.

1. In the closing approach, perceived mandibular positions were become lower, but in the opening approach, significantly higher than reference positions (5 mm : $p < 0.00001$, 10 mm : $p < 0.05$, 15 mm : $p < 0.025$, 20 mm : $p < 0.005$).

2. In the closing approach, the inclination of regression lines shows significantly the estimated decrement to come near closed position throughout twenty experimental sequences (5 mm : $p < 0.001$, 15 mm : $p < 0.025$).

3. On 5 mm reference position, variance of data was significantly lower than the others. On 10 mm with opening approach, it was the highest of all.

4. It was suggested that mandibular position sense was affected by mandibular spatial vertical position and direction of approaching during jaw movements, and that neuronal mechanism of controlling mandibular positions and movements were more excellent near tooth contact.

Key words : mandibular position, perception, sensation open-close movement

I. 緒 言

Cyclicにくり返される咀嚼運動は個人において本来固

有の経路とリズム性が認められている^{1,2)}。これらの運動要素は、食品の性状などの変化に対応して、非常に巧妙に調節されている³⁾。この調節機構には、顎口腔系に存在する種々なる感覚受容器からの情報、すなわち末梢からの感覚入力、総合的に関与していると考えられている^{4,5)}。本研究は、この調節機構を、空口時の開閉口運動における、下顎の垂直的位置感覚の面より検討することを目的として行った。

大阪歯科大学歯科補綴学第三講座
The Third Department of Prosthodontics, Osaka Dental University.
平成元年5月8日受付

Fig. 1 Example of vertical movement of mandible

The ordinate shows the mandibular position. I.C.P. : Intercuspal position. The subject was asked twenty successive open-close movements; for the approach to the memorized position (in this case, 15 mm opening from I.C.P.) from superior position (upper record : closing approach) and from inferior position (lower record : opening approach)

II. 研究方法

被検者は顎口腔系に異常を認めない健常有歯顎者で26～39歳（平均29.8歳）の男子8名である。設定した基準位は閉口方向あるいは開口方向から無理なく運動できるように、つまり歯が接触せず、かつ最大開口位とならない範囲で mandibular kinesiograph (M.K.G. K-5) のブラウン管上で、咬頭嵌合位より垂直的に5, 10, 15, 20 mmの4つの下顎位とした。被検者には、直立座位にてM.K.G.のブラウン管上で、設定した4つの基準位を各試行ごと視覚的に確認、記憶させた後、ただちに閉眼状態で実験を行った。被検運動は、これらの4基準位より開口位 (closing approach) と閉口位 (opening approach) の2方向から、それぞれの基準位へ20回の連続開閉口運動を行わせた。Fig. 1はその原波形の一部で、破線は咬頭嵌合位 (I.C.P.) と基準位15 mmを示し、上段は開口位から基準位15 mmの下顎位まで閉口させたもので、vertical曲線上のpeakが被検者が認知、再現した15 mmの顎位である。下段はその逆で、閉口位すなわち下顎安静位付近からの運動で、下のpeakがその再現顎位を示している。8種類 (4基準位×2方向) の被検運動はrandomに行い、被検者の疲労ならびに前の基準位の記憶などが残らぬよう、実験間隔を十分にあげ

た。被検者には、運動時に歯の接触を避けるように指示した以外は、基準位の記憶時間、閉開口距離、運動速度などは、任意とした。得られたデータは咬頭嵌合位からの距離として測定し、各基準位別に、以下に示すリニアモデルにより分散分析法にて解析した。

$$\text{Total} = \mu + I_i + D_j + e_i + S_k + S_k \times I_i + S_k \times D_j + e_2$$

μ : Mean, I : Individuals ($i=8$), D : Directions ($j=2$), S : Sessions ($k=20$), e : error

さらに運動回数間での回帰性についても分析した。

III. 研究結果

1. 平均値

4基準位のすべてに運動方向Dに有意差を認めた (5 mm : $p < 0.00001$, 10 mm : $p < 0.05$, 15 mm : $p < 0.025$, 20 mm : $p < 0.005$). 基準位5 mmにおいて、被検者が認知、再現した顎位は、開口方向からの運動では基準位より低く、20回の平均で4.2 mm、閉口方向からの運動では逆に基準位より高く、平均6.2 mmであった (Fig. 2, Table 1). この基準位に対する運動方向による違いは、他の基準位10, 15, 20 mmにおいても同様であった (Fig. 3～5, Table 1).

また、開口方向からの運動では、運動回数の増加に伴って、基準位から離れて、より閉口位をとる傾向が著し

Fig. 2 Mean values of perceived vertical mandibular positions during twenty open-close movements complete with regression line on 5 mm reference. Open circles : closing approach. Closed circles : opening approach. Vertical bar : 95% confidence interval. Broken line : reference position

Fig. 3 Mean values of perceived vertical mandibular positions during twenty open-close movements complete with regression line on 10 mm reference. See also the caption of Fig. 2

く、基準位 5 mm と 15 mm では、回帰直線に有意性を認めた (5 mm : $p < 0.001$, $y = 5.011 - 0.08X$, 15 mm : $p < 0.025$, $y = 13.617 - 0.138X$, Fig. 2, 4).

2. 分散

それぞれの基準位における分散の結果を Fig. 6 に示した。開口方向からの運動では、基準位が大きくなるにつれて、5 mm より順に 0.92, 6.86, 15.99, 15.12 mm² と分散は増加する傾向がみられた。一方、閉口方向からでは、5 mm において、開口方向からの結果と同様に最少の 1.43 mm² であったが、10 mm では 8 被検運動中最多の 21.84 mm² となり、運動方向により大きな違いを示した。

Table 1 Mean values of vertical mandibular positions in eight subjects

Reference position	mm	
	Closing approach	Opening approach
5	4.2	6.2
10	8.5	12.9
15	12.2	16.3
20	17.9	21.8

Fig. 4 Mean values of perceived vertical mandibular positions during twenty open-close movements complete with regression line on 15 mm reference. See also the caption of Fig. 2

Fig. 5 Mean values of perceived vertical mandibular positions during twenty open-close movements complete with regression line on 20 mm reference. See also the caption of Fig. 2

IV. 考察

1. 研究方法

本研究は咀嚼運動の調節機構を、下顎の垂直的位置感覚の面より検討することを目的とした。

Fig. 6 Variance within positions

Open columns : closing approach. Filled columns : opening approach

従来より、下顎の位置感覚に関する研究は、大きさあるいは厚さの弁別能を利用して種々なる方法により、その調節に影響を与える因子が報告されている⁶⁻¹⁰⁾。しかし、stick を咬む方法に代表されるような厚さの弁別能の測定では、その運動は不連続性であり、さらに麻酔下であったとしても上下歯列間に物を咬んでいる状態は、歯の接触による感覚入力を完全に block するものではない^{7,9)}と思われる。一方、咀嚼運動は連続的でさらに歯列間に物が存在しない空間的な位置感覚の関与も考えられ^{11,12)}、弁別能の場合とはやや様相を異にすると推察される。著者らと同様に、Morimotoら^{6,10)}も上下歯列間で物を咬んでいる時と咬んでいない時では、下顎の位置感覚は異なるであろうと報告している。

以上のことから、本研究は従来みられない方法、すなわち歯が全く接触しない空間的な連続開閉口運動での、下顎の位置感覚を追究したものであり、新たな知見を与えるものと考ええる。

2. 研究結果

1) 平均値

開口方向からの運動では基準位より低く、閉口方向からでは逆に高く認知される有意な関係は、すべての基準位に認められた (Fig. 2~5, Table 1)。

上下歯列間に物が介在せず、歯の接触が全くない状態の位置感覚について、Thilander¹³⁾ は正常者で顎関節の麻酔により任意の開口距離の認知、再現が有意に困難になったことを報告した。さらに、TMJ 患者では関節の受容器と求心性神経の機能の一時的な欠落により、治療前後で、正常者の顎関節への麻酔実験と同様な変化を観察し、筋その他の受容器からの影響は認めつつも、主に

下顎位をコントロールするのは関節の受容器であるとしている。

一方、Morimoto⁶⁾は 8~12 mm の stick を咬ませた後、閉口位より空口的にその高さを再現した場合、認知される顎位は著者らと同様に常に 2~3 mm 閉口位となり、そのときの位置感覚の多くは筋からの情報、つまり筋紡錘を受容器として調節されることを示唆した。

本研究でも基準位 10 mm の開口方向からの運動ではより閉口位をとり、その偏差が 1.5 mm であったことは、主に筋紡錘が筋伸展を非常に敏感に察知し、下顎の位置感覚に関与していると推察できる。しかし、今回は歯からの情報は排除できたが、筋紡錘と顎関節¹²⁾の両者の分離¹⁵⁾は勿論のこと、その他の受容器の関与も明らかではない。咀嚼中の Oral tactile sensibility とは同一視できないものの、Møller¹⁶⁾のいう “residual sensibility” として顔面皮膚^{17,18)}を含めた総合的な情報による下顎の位置感覚と考えるのが妥当であろう。

運動回数が増加すると基準位 5 mm と 15 mm では認知される顎位はより閉口位となり、その回帰直線は有意であった (Fig. 2, 4)。Tryde^{19,20)}らは screw jack 法による comfortable zone の知覚において、同様な回帰直線の slope を認め、screw jack の調節の starting position と被検者の疲労が影響しているのではないかとしている。また咀嚼筋に振動刺激を加えたとき、TVR^{21,22)}により、空口的な閉口位が経時的に一定方向へ変化し、振動の除去とともに元の閉口位へ復位するという事実から考えて、本研究の運動の方向性および空口時の連続開閉口運動においても、筋の感覚受容器である筋紡錘の関与²³⁾の可能性が十分に推察される。

2) 分散

本研究は被検者には空口的に連続開閉口運動を指示したのみであったが、データの集積中に MKG の顎運動軌跡において側方偏位はほとんど観察されなかったことから、顎頭の運動は関節結節の後方斜面での前後移動と考えられる。しかし、開口量 5 mm の顎頭の移動は 0.3~1.5 mm という報告²⁴⁾と、顎頭安定位の前後の許容範囲が 0.78~1.51 mm²⁵⁾と非常に近似することから、本研究の基準位 5 mm での顎頭の動きは顎頭安定位内での主として回転とみなされる。Klineberg²³⁾は顎関節の麻酔により、咀嚼運動路の咬頭嵌合位にいたる展開角には変化がなかったことを、同様に、Posselt ら²⁶⁾も習慣性閉口路と gothic arch に顎関節への麻酔は影響を及ぼさなかったと報告している。このことは、本研究の基準位 5 mm では顎頭の移動による顎関節からの情報は少な

ったことを示唆している。教室の加藤²⁷⁾は開口筋と閉口筋の対比により、1 mm の咬合高径の変化が EMG 周波数を変化²⁸⁾させるのは、筋紡錘の求心性情報が関与している可能性があると報告している。すなわち、咬頭嵌合位付近つまり本研究の基準位 5 mm では、下顎位は主に筋紡錘によりコントロールされており、分散が最小であったのも、この鋭敏な感覚によるものと推察される (Fig. 6)。

一方、閉口位からの基準位 10 mm への運動では、分散はきわめて多かった。顎関節の受容器は、顎頭の側方移動よりは前後移動に敏感に反応するとされている¹²⁾。基準位 10 mm への閉口方向からの運動は、顎頭安定位内での回転から移動への開始点を反復したと考えられる^{24, 25)}。また開口路と閉口路では、開口量と顎頭移動量の関係が開口量 10 mm 付近で逆転するとの報告²⁴⁾からも、この付近での顎頭の動きは、非常に不安定であると思われる。さらに、顎関節からの感覚情報は開口と閉口では、その関与に差があるという報告¹²⁾もあり、顎関節形態の機能への適応という面で^{29, 30)}、顎頭の回転から移動に変わる特異点の存在が、閉口位からの基準位 10 mm への運動において、最も分散が多くなった一因と推察される (Fig. 6)。

V. 結 論

1. 被検者が認知した顎位は開口位からの運動では基準位より低く、rest 付近の閉口位からでは逆に高くなり、この運動方向における有意差は 4 つの基準位 (5 mm; $p < 0.00001$, 10 mm; < 0.05 , 15 mm; < 0.025 , 20 mm; < 0.005) すべてに認められた。

2. 開口位からの運動では、運動回数の増加に伴って、認知された顎位はより閉口位へ近づく傾向があり、基準位 5 mm と 15 mm で回帰直線に有意性があつた (5 mm; $p < 0.001$, 15 mm; < 0.025)。

3. 基準位 5 mm における分散は、運動方向にかかわらず有意に小さく、さらに基準位からの偏差でも、下顎位の再現性は高いことが明らかとなった。

4. 基準位 10 mm における閉口位からの運動での分散は最も大きく、この付近での顎位の認知は困難であることがわかった。

5. 下顎の位置感覚は、開口位からと閉口位からでは明らかに異なり、しかも垂直的下顎位により変化することがわかった。特に、歯牙接触付近では下顎位の調節能力は高いことが示唆された。

本研究の一部は、昭和 61 年度 (財) 山崎歯学振興財団助成金によるものであり、本論文の要旨は第 79 回日本補綴歯科学会学術大会 (1988 年, 5 月 27 日, 東京) において発表した。

文 献

- 1) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 164~200, 1962.
- 2) 兼平治和: 光刺激による咬筋の反応運動に関する基礎的研究, 歯科医学, 47: 446~476, 1984.
- 3) 森本俊文: 下顎位と下顎運動の調節機構 (その 1) 一咬合の生理学的背景一, 歯界展望, 56: 881~887, 1980.
- 4) 森本俊文: 下顎位と下顎運動の調節機構 (その 2) 一下顎中枢神経系と顎反射一, 歯界展望, 57: 207~213, 1981.
- 5) 森本俊文: 下顎位と下顎運動の調節機構 (その 3) 一下顎位, 下顎運動の調節と筋紡錘の役割一, 歯界展望, 57: 617~623, 1981.
- 6) Morimoto, T. and Kawamura, Y.: Oral physiology & Occlusion, 149~169, Pergamon Press, New York, 1978.
- 7) Laine, P. and Siirila, H.S.: The effect of muscle function in discriminating thickness differences interocclusally and the duration of the perceptive memory, Acta Odont Scand, 35: 147~153, 1977.
- 8) Williams, W.N., Lapointe, L.L. and Thornby, J.I.: Interdental thickness discrimination by normal subjects, J Dent Res, 53: 1404~1407, 1974.
- 9) Caffesse, R.G., Carraro, J.J. and Albano, E.A.: Influence of temporomandibular joint receptors on tactile occlusal perception, J Periodont Res, 8: 400~403, 1973.
- 10) 森本俊文: 口における物の大きさの弁別, 国際歯科ジャーナル, 1: 556~565, 1975.
- 11) Larsson, L.E. and Thilander, B.: Mandibular positioning. The effect of pressure on the joint capsule, Acta Neurol Scand, 40: 131~143, 1964.
- 12) 阿部勝也: 顎関節よりの求心性神経情報に関する研究, 歯基礎誌, 16: 117~128, 1974.
- 13) Thilander, B.: Innervation of the temporo-mandibular joint capsule in man, Trans Roy Schools Dent, 2: 1~67, 1961.
- 14) Ransjo, K. and Thilander, B.: Perception of mandibular position in cases of temporomandibular joint disorders, Odont T, 71: 134~144, 1963.
- 15) Millar, J.: Joint afferent fibres responding to muscle stretch, vibration and contraction, Brain Res, 63: 380~383, 1973.
- 16) Öwall, B. and Möller, E.: Oral tactile sensibility during biting and chewing, Odont Revy, 25: 327~346, 1974.

- 17) Goodwin, G.M., McCloskey, D.I. and Matthews, P.B. C. : The persistence of appreciable kinesthesia after paralyzing joint afferents but preserving muscle afferents, *Brain Res*, 37 : 326~329, 1972.
- 18) Cross, M.J. and McCloskey, D.I. : Position sense following surgical removal of joints in man, *Brain Res*, 55 : 443~445, 1973.
- 19) Tryde, G., Stoltze, K. and Morimoto, T. et al : Long-term changes in the perception of comfortable mandibular occlusal positions, *J Oral Rehabil*, 4 : 9~15, 1977.
- 20) Tryde, G., Stoltze, K. and Fujii, H. et al : Short-term changes in the perception of comfortable mandibular occlusal positions, *J Oral Rehabil*, 4 : 17~21, 1977.
- 21) 藤井弘之, 犬伏義臣, 虫本栄子ほか : 咬筋腱部へ加えた機械的振動刺激が咀嚼筋におよぼす影響, *歯科医学*, 40 : 437~449, 1977.
- 22) Hellsing, G. : Distortion of mandibular kinesthesia induced by vibration of human jaw muscles, *Scand J Dent Res*, 86 : 486~494, 1978.
- 23) Klineberg, I. : Influences of temporomandibular articular mechanoreceptor on functional jaw movements, *J Oral Rehabil*, 7 : 307~317, 1980.
- 24) 福島俊士 : 習慣的開閉運動における顎頭運動の研究, *補綴誌*, 15 : 267~290, 1971.
- 25) 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 : 403~428, 1971.
- 26) Posselt, U. and Thilander, B. : Influence of the innervation of the temporo-mandibular joint capsule on mandibular border movements, *Acta Odont Scand*, 23 : 601~613, 1965.
- 27) 加藤俊治 : 咬筋筋腹の伸張が表面筋電図の様相におよぼす影響, *歯科医学*, 50 : 179~200, 1978.
- 28) 鈴木啓一 : 咬合高径の筋電図的診断に関する基礎的研究, *歯科医学*, 49 : 181~204, 1986.
- 29) Zola, A. : Morphologic limiting factors in the temporo-mandibular joint, *J Prosthet Dent*, 13 : 732~740, 1963.
- 30) 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, 第一報 断層X線規格写真による観察, *補綴誌*, 12 : 337~349, 1968, 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.