噛みしめが重心動揺に及ぼす影響に関する研究

石亀 勝, 三浦廣行, 佐藤和朗, 古町瑞郎, 益田 勉, 石川富士郎

岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座 (主任: 石川 富士郎教授)

[受付: 平成 9 年 5 月 21 日]

A study on the effects of clenching on the shifting of the gravity center

Masaru Ishigame, Hiroyuki Miura, Kazuro Satoh, Mitsuro Furumachi,
Tsutomu Masuda, Fujiro Ishikawa

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University

(Director: Prof. Fujiro Ishikawa)

[Received: May 21, 1997.]

Key words: equilibrium function, clenching, gravity center

Abstract: The relationship between the function of whole body and static occlusion has been reported in many articles; however, it still remains unknown whether clenching — which is one of the dynamic occlusal functions — exerts an influence on the whole body.

In this study, the shifting of the gravity center with mandible at resting position, in occlusion and in clenching with voluntary occlusal force was measured to investigate whether or not the mechanism of physical adjustment of equilibrium was affected by the alteration of mandibular position. The following results were obtained:

1. In the testing with eyes closed, the distance and velocity of the shifting of the gravity center tended to be relatively smaller with the mandible in occlusion and when clenching in the intercuspal position with 10% and 50% of occlusal force than when the mandible was kept at resting position or clenched with 100% occlusal force.
2. The extent of shifting tended to be smaller — except in one subject — when the mandible was occluded, clenched with 10% occlusal force and clenched with 50% occlusal force.
3. The center of gravity tended to be displaced on the whole towards the posterior direction.
4. Slight alteration of mandibular position at rest and in occlusion did not produce significant differences in the shifting of the gravity center.

抄録 静的な咬合と全身状態との関係についての報告は多数見受けられるが, 動的な咬合の中の等尺性収縮である噛みしめ行動が, 全身に影響を及ぼすのかについて, 明確な見解は得られていない。

そこで本研究では, 特に下顎安静時, 咬合時と, 随意性努力で噛みしめを行った場合について, 体調節機構, 特に平衡調節に影響を与えるか否かについて重心動揺を測定し, 検討した後, 以下の結論を得た。

1. 閉眼時における下顎安静時と100%噛みしめ時と比較して, 咬合時, 10%噛みしめ時, 50%噛みしめ時の方が, 重心の移動距離および移動速度が小さくなる傾向が認められた。
2. 重心移動から求められた各種面積に関しては, 1名を除いて咬合時, 10%噛みしめ時, 50%噛みしめ

時のいずれかが小さな値を示す傾向がうかがわれた。

3. 重心は、全体的に後方へ偏位する傾向が認められた。
4. 下顎安静時と咬合時におけるわずかな顎位の変化量では、重心動揺の各測定値には有意な差が認められなかった。

I. 緒 言

近年、顎機能異常などに伴う関連症状として、めまい、耳鳴りなどの異常、ひいては全身に影響を及ぼすといった報告¹⁻⁵⁾が散在し、顎口腔機能と平衡調節機構との関連性を疑わざるをえない場合がある。

スポーツ医学の分野でも、咬合の重要性が指摘された報告⁶⁻¹⁰⁾がなされ、咀嚼や構音以外にも全身の運動に咬合が深く関与していることを示唆しているものもある。

また、身体一部の全力運動は常に身体各部の機能的協力を必要としており、我々が身体の一部に強い力を入れる場合、歯を食いしばり、顎口腔周囲筋を強く収縮させることもあることが知られている¹¹⁾。

また、噛みしめを行っている際には、脊髄の反射興奮性が著しく上昇していること、および、その上昇の度合いと噛みしめの強度の間には、正の相関が存在することが明らかにされている⁸⁾。

しかし咀嚼器官が、噛みしめなどの様に運動している状態で、身体全体に何らかの影響、あるいは作用を及ぼすのか、もしくは関連性があると仮定した場合でも、その関連メカニズムの解明については、いまだ明確な報告はなされていない。

一方で、ヒトの全身の重心は、地上で身長56%の高さという比較的高い位置にあり¹²⁾、狭い支持面である足底部で支えられているという物理的に不安定な状態にあるため¹³⁾、人の直立起立姿勢は静止しているものではなく絶えず僅かな動揺を繰り返しつつ動的平衡を保って維持されている¹⁴⁾ことが知られている。

これまでの口腔機能と全身状態とに関する研究では、噛みしめ強度とヒラメ筋H反射の促通量^{8, 15)}との関連、また咬合干渉¹³⁾、水平的¹⁶⁾、垂直的¹⁷⁾な下顎位の変化と重心動揺との関連、顎関節症患者における水平的下顎位の変化と重心動揺との関連¹⁸⁾、顎関節症の症状を有する開咬患者の重心動揺の変化¹⁹⁾、下顎の水平等尺性運動と頸、肩の筋活動との関連⁵⁾などについて報告されている。

このように、顎関節に疾患を持った場合もしかり、健康者に対しても、何らかの外的刺激や負荷を与えた場合の反応から、顎口腔機能と全身状態との間には密接な関

わり合いが存在することが十分考えられる。

また、咀嚼システムの重要性として、咀嚼システムからの感覚入力欠如すると頭位の最適制御ができなくなることから、咀嚼システムの発達が全身の他の機能システムの発達にも深く関わっていることが示唆され、そのため咀嚼システムは、全身の機能システムの恒常性を維持しているものであると考えられている⁹⁾。

そこで本研究では、動的な咬合の中の等尺性収縮である噛みしめの違いが、体平衡調節機能にどのような影響を与えるかについて重心動揺を測定し、直立姿勢の維持変化を統計学的検索を行い、定量的に検討した。

II. 研究方法

重心動揺は、プラットフォーム型検出台を用いた重心動揺分析システム（アニマ社製 G-5500 GRAVIANA-LYZER Version 2.03B）を用いて足圧中心の経時的変化を計測し、分析を行った。

測定の条件は、日本平衡神経科学会による平衡機能検査法に準じ^{20, 21)}、また五島²²⁾による検査条件も参考とした。つまり、静かで、明るさが均等で、音、刺激による身体変異が生じない部屋であること、そして足位は両足を接し、特に今回は対象者全員足位規定板により常に一定の位置に閉足位で自然に直立した姿勢“natural standing”にて計測を行った。記録時間は60秒間で、サンプリング周波数は20Hzに設定した。閉眼検査においては、初期閉眼効果²³⁾をさけるため、閉眼後約20秒後から計測を行った。

対象者は、全身的な疾患がなく、口腔内、顎関節及び頭頸部の諸筋群などに自覚的、他覚的に異常を認めず、耳鼻科的な疾患の無い年齢25歳から29歳までの健康男性5名とした。

閉眼時における下顎安静時、咬合時と、随意性最大努力で噛みしめを行った最大噛みしめ、すなわち100%噛みしめ、中等度の50%、さらに弱い10%の噛みしめを含めた5つの条件下で、日時を変えて、計7回の計測を行った。

噛みしめの強さを一定にするために、フィードバックシステム（Cyborg 社製EMG J33）を用いた。この装置は、

筋の活動電位の変化を電子音に変え、その活動電位量に応じて音のレベルが変化するものである。本研究では、対象者の左側咬筋中央部から表面筋電図を導出し、筋活動の状態を聴覚的にフィードバックできるような状況下で計測を行った。また、この装置を対象者の前方約1 m、高さ約1.5 mの位置に常に同様の状態で設置した。

本研究について、重心移動における以下の9つの項目を分析した。

1. 総軌跡長 (cm)

総軌跡長は、重心動揺の大きさを表す指標の一部で、計測時間内に重心点の移動した全長を表している。

2. 単位軌跡長 (cm/sec)

単位軌跡長は、計測時間内の重心の移動速度の平均値から求めたものである。

3. 単位面積軌跡長 (1/cm)

単位面積軌跡長は、単位面積当たりの軌跡長を表している。

4. 矩形面積 (cm²)

矩形面積は、X、Y各軸の動揺の最大幅で囲まれる長方形の面積を表している。

5. 外周面積 (cm²)

外周面積は、重心動揺の軌跡の最外郭によって囲まれた内側の面積を表している。

6. 実行値面積 (cm²)

実効値は、X軸、Y軸において、個々のサンプリングした振幅値と平均値の差を二乗し、X軸の値、Y軸の値の和を積算して、サンプル数で割った値の平方根を表している。

この値は振幅を変えながら、時間経過につれて作られる動揺の広がり、それと等しい仕事をする円で置き換えたときの半径に相当する。この値を半径にした円の面積、いわゆる実効値面積は、外周面積と比べ、動揺の密度が考慮に入れられており、動揺の大きさを単純な円で表現した優れたパラメータとして用いられる。

7. X方向動揺平均中心偏位 (cm)

X方向動揺平均中心偏位は、重心の左右方向への動揺の大きさを表している。

8. Y方向動揺平均中心偏位 (cm)

Y方向動揺平均中心偏位は、重心の前後方向への動揺の大きさを示している。

9. 集中面積 (cm²)

これまでの面積法の欠点は1～2個の偶発的な大きな体動揺によって、成績が大きく左右される点である²⁴⁾。そこで集中面積は、偶発的な要素を取り除き、重心動揺が最も集中している部分の面積を求めたものである。

以上の分析項目に関し、対象者5名(A, B, C, D, E)の噛みしめ強さを含む測定条件について、独立した5群間の比較に、One-way Factorial ANOVA and Multiple Comparison tests による分散分析を行った後、Post-Hoc test として、Fisher's PLSD Method を用いて各条件での有意差を検索した。

Ⅲ. 結 果

1. 総軌跡長 (図1)

この総軌跡長では、対象者Aは、下顎咬合時、10%噛みしめ、50%噛みしめが100%噛みしめより有意に小さかった。対象者Bは、50%噛みしめが下顎安静時と100%噛みしめより有意に小さかった。対象者Dは、10%噛みしめが下顎安静時より有意に小さく、50%噛みしめが下顎安静時、咬合時、100%噛みしめより有意に小さかった。対象者Eは、下顎安静時、咬合時、10%噛みしめ、50%噛みしめが100%噛みしめより有意に小さく、対象者Cは、それぞれの測定条件間には有意な差が認められなかったが、他の対象者と似た傾向の値が得られた。

2. 単位軌跡長 (図2)

重心の移動速度からみた単位軌跡長も前の総軌跡長と同様の結果で、下顎安静時と100%噛みしめのときと比較し、咬合時、10%噛みしめ、50%噛みしめの方が小さかった。

3. 単位面積軌跡長 (図3)

単位面積当たりの軌跡長については、全体的に一貫した傾向が認められなかった。

4. 矩形面積 (図4)

動揺の最大幅で求められた矩形面積では、対象者Aを除き、咬合時、10%噛みしめ、50%噛みしめのいずれかが小さな値を示した。

5. 外周面積 (図5)

動揺軌跡の外周面積でも、先の矩形面積と同様、対象者A以外は、咬合時、10%噛みしめ、50%噛みしめのいずれかが小さな値を示した。

6. 実行値面積 (図6)

動揺の密度を考慮に入れた動揺の大きさを求めた実効値面積において、矩形面積、外周面積と同様に、対象者Aを除き、咬合時、10%噛みしめ、50%噛みしめのいずれかが小さな値を示した。

7. X方向動揺平均中心偏位 (図7)

重心の左右方向の動揺の大きさを知るX方向動揺平均中心偏位では、全体的に一貫した傾向は認められなかつ

図1 総軌跡長

Fig. 1 Total length

図2 単位軌跡長

Fig. 2 Length/Time

図3 単位面積軌跡長
Fig. 3 Length/Envelope area

図4 矩形面積
Fig. 4 Rectangle area

図 5 外周面積

Fig. 5 Envelope area

図 6 実効値面積

Fig. 6 Root mean square area

図7 X方向動揺平均中心偏位
Fig. 7 Deviation of mean of X

図8 Y方向動揺平均中心偏位
Fig. 8 Deviation of mean of Y

図9 集中面積

Fig. 9 Standard deviation area

た。

8. Y方向動揺平均中心偏位 (図8)

重心の前後方向での動揺の大きさであるY方向動揺平均中心偏位では、全体を通して後方への偏位傾向が認められた。

9. 集中面積 (図9)

重心動揺の集中面積は、矩形や外周の面積と同様に対象者A以外は咬合時、10%噛みしめ、50%噛みしめでのいずれかが小さな値を示した。

IV. 考 察

1. 重心動揺の計測方法について

重心動揺とは重心そのものの動きを意味するが、今回用いたストレングージ方式の重心動揺計にて計測する場合、実際に記録されるのは真の重心動揺ではなく、重心動揺に伴う足圧中心の動き(床反力中心点の動き)である²⁵⁾。しかし通常の静止起立時には両者の差異はほとんどないとされているため²⁶⁾、今回はこの足圧中心を重心動揺として捉えた。

本研究での重心動揺計は、人が直立または運動をしているとき、人体の接地足趾囲繞面に落下する重心移動を

二次元的に記録できる装置である。描かれた重心移動の軌跡の重心図から検討を行った。

総軌跡長や単位軌跡長、外周面積などから動揺の大きさ、平衡障害の程度が同定できる。

また、単位面積軌跡長は年齢とともに変化し、若年者では短く、面積、総軌跡長などの動揺の大きさを示すパラメーターとは異なり、ロンベルグ率^{25, 27)}との関係は少なく、視性姿勢制御の影響を受けにくいパラメーターである。すなわち、単位面積軌跡長は、重心動揺における姿勢の微細さを示す。このような微細な制御は深部感覚系姿勢制御機能によると考えられる²⁸⁾。

X方向動揺中心偏位では迷路障害などで生じる四肢、躯幹の筋緊張の左右差から生じる偏倚、またY方向動揺中心偏位では抗重力筋緊張の亢進、低下を評価することができる²⁷⁾。

通常、起立時には前庭系、視覚系、深部知覚系が働いて骨格筋の緊張のバランスをとり、いわゆる立ち直り反射によって、破綻すなわち転倒から免れており、なかでも視覚からの情報が、前庭動眼反射に及ぼす影響が大きく、そのフィードバック機構により重心動揺を補償し、姿勢を安定化するというわれている視性代償効果²⁴⁾が確認されている。

検査は一般に開眼と閉眼とで行うが、本研究では、視性代償効果によるデータの補償を防ぐために、閉眼時のみでの計測とした。

田口ら²³⁾は、閉眼の場合、前庭動眼反射への視覚情報の遮断および眼瞼閉鎖とともに眼球が上転し、外眼筋深部受容器が刺激され、閉眼の当初には重心動揺が増す初期閉眼効果が、閉眼後約10秒の間に現れることと、この初期閉眼効果の終了後、やがて前庭反射、深部知覚反射さらに体表反射によって比較的安定した経過を示すと報告しており、開眼、閉眼の動揺軌跡距離の差はその後ほぼ一定で、これを閉眼効果と呼んでいる。

したがって、本研究での閉眼時測定では、データサンプリング開始時期は安定期に入ってから閉眼開始約20秒後とした。

これまでの報告から、20～69歳（男37名、女43名）の耳疾患の既往のない健康な対象者80名についての重心動揺図、および重心動揺移動距離とも、年齢別、性別に有意の差は認められなかった²⁹⁾ことから、この種の研究においては年齢、性の差は、計測結果に対して大きな影響は与えないものと考えられる。

2. 重心動揺の計測結果について

下顎安静時と100%噛みしめ時と比較して、咬合時、10%噛みしめ時、50%噛みしめなどのある適当な噛みしめを行っているときの方が、重心の移動距離および移動速度が比較的小さくなる傾向が認められ、重心動揺は比較的安定化傾向にあり、バランスのとり易い環境であると考えられる。

単位面積軌跡長からは、一定の傾向は認められなかったが、中には計測項目間に有意な差を認める対象者もあり、これから評価可能とされる姿勢の微細制御の能力には、個人差がかなりあるものと思われた。

さらに、重心移動から求められたそれぞれの面積に関しては、対象者Aを除いて咬合時、10%噛みしめ時、50%噛みしめ時のいずれかが小さな値を示し、より狭い範囲内で重心は安定化されていた。これは重心の移動距離と移動速度の傾向とほぼ一致していることから、両者の値が小さくなるということは面積がより狭くなる傾向にあると考えられ、ひいてはバランス能力の向上に結び付くものと考えられる。

重心の偏位では、全体的に後方へ移動していた。このことより、抗重力筋に対する影響はいずれの条件においても一定していたものと考えられるが、筋の緊張についての評価については、筋電図学的検索などが必要であると思われる。

下顎安静時と咬合時における下顎位の変化量は、過去の報告などと比較すると微少であり、重心動揺の各測定値には、有意な差は認められなかった。微少な下顎の位置変化については、他の平衡調節機構が補償する形で現れたとも考えられる。ただし、過去の報告では口腔内に装置を装着した状態で下顎位を変化させているのに対して、今回は装置を用いずに下顎安静状態で測定しているため、異なった状況であるといえる。

咀嚼筋は、頸部および肩部筋群とともに頭部の位置づけ安定化に寄与しており^{30, 31)}、咬合を中心とした顎口腔系のバランスの乱れは、全身状態の1つの変化として姿勢に影響を及ぼす可能性があると考えられている³²⁾。

したがって、咀嚼筋や頸部の筋に過緊張が生じ、身体他部の筋群とのバランスが崩れると、頭位の安定化がはかれなくなり、結果として姿勢維持全体に影響が及び、姿勢調節が適正に行われなくなるという可能性が推測される¹³⁾。

このような推論と今回の結果から、噛みしめを行うことにより、これに関与する顎口腔諸筋、歯根膜そして顎関節部への刺激が、身体、特に体性調節機構に影響し、平衡機能である重心動揺に変化がみられたものと思われる。ただこの際、ある適当な噛みしめ強さでは、重心動揺のコントロールを司るいろいろな刺激伝導系に促通効果を与え、平衡調節機能をよりよい状態にしていると思われるが、この適当な噛みしめ強さには個人差があり、過度の刺激は、異常刺激として認識されている場合もあると考えられる。

以上のことより、逆に重心動揺軌跡を観察することは、顎口腔周囲筋の不調和や咬合異常の評価ならびに治療効果判定の一助となると考えられる。

V. 結 論

1. 閉眼時における下顎安静時と100%噛みしめ時と比較して、咬合時、10%噛みしめ時、50%噛みしめ時の方が、重心の移動距離および移動速度が小さくなる傾向が認められた。
2. 重心移動から求められた各種面積に関しては、1名を除いて咬合時、10%噛みしめ時、50%噛みしめ時のいずれかが小さな値を示す傾向がうかがわれた。
3. 重心は、全体的に後方へ偏位する傾向が認められた。
4. 下顎安静時と咬合時におけるわずかな顎位の変化量では、重心動揺の各測定値には、有意な差が認められなかった。

本研究は、平成 8, 9 年度文部省科学研究費補助金基盤研究C (課題番号08672381) により行った。

また本論文の要旨は、日本顎口腔機能学会第10回学術大会 (平成 8 年 8 月, 仙台) において発表した。

文 献

- 1) Kelly, T. H. and Goodfriend, J. D. : Vertigo attributable to dental and temporomandibular joint causes, *J Prosthet Dent*, 14: 159-173, 1964.
- 2) 植野公雄：咬合の改善とめまい症状の消退に関する症例から, *The Quintessence*, 5: 84-93, 1986.
- 3) 二木隆：咬合の改善によりメニエール病が治癒した症例について, *The Quintessence*, 5: 94-101, 1986.
- 4) 尾澤文貞, 尾澤徳子, 尾澤暢彦ほか：咬合の再構成によって多くの不定愁訴が消失した臨床例, *日顎頭蓋会誌*, 1: 50-51, 1988.
- 5) 吉松正, 浪越建男, 小山善哉ほか：顎筋の等尺性収縮持続に伴う頸・肩部の筋活動の変化, *補綴誌*, 33: 1044-1049, 1989.
- 6) Kaufman, R. S. : Case reports of TMJ repositioning to improve scoliosis and the performance by athletes, *N Y State Dent J*, 46: 206-209, 1980.
- 7) 前原潔：スポーツ歯学とテンプレートスポーツ歯学の役割一, *歯科ジャーナル*, 36: 537-546, 1992.
- 8) 宮原隆雄, 大山喬史, 中村嘉男：噛むことと運動機能, *歯科ジャーナル*, 36: 547-555, 1992.
- 9) 窪田金次郎：咀嚼システムと生体機能システム, *Jpn J Sports Sci*, 11: 349-352, 1992.
- 10) 谷口尚, 大山喬史：咬合とスポーツパフォーマンスに関する研究の現状と問題点について, *Jpn J Sports Sci*, 11: 365-370, 1992.
- 11) 河村洋二郎, 藤本順三, 船越正也ほか：“かみしめ”により生じる身体機能変化に就て, *阪大歯誌*, 1: 47-58, 1956.
- 12) Dempster, W. T.: Space requirements of the seated operator; geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs, *WADC Technical Report*: 55-159, 1955.
- 13) 宮田敏則：顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究一実験的咬合干渉が姿勢, 特に重心動揺および抗重力筋に及ぼす影響一, *補綴誌*, 34: 631-645, 1990.
- 14) 時田喬, 鈴木淳一, 曾田豊二：神経耳科学 II 検査, 14-34, 金原出版, 東京, 1985.
- 15) 宮原隆雄：ヒトのヒラメ筋H反射の噛みしめによる変調, *口病誌*, 58: 670-686, 1991.
- 16) 島田淳：顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究一水平的下顎位の変化が姿勢, 特に重心動揺および抗重力筋に及ぼす影響一, *補綴誌*, 35: 501-514, 1991.
- 17) 佐藤武司：顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究一垂直的顎間関係の挙上が姿勢, 特に重心動揺および抗重力筋に及ぼす影響一, *補綴誌*, 35: 574-587, 1991.
- 18) 島田淳, 石上恵一, 武田友孝ほか：顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究一顎関節症患者における水平的下顎位の変化が直立姿勢に及ぼす影響一, *顎機能誌*, 1: 11-23, 1994.
- 19) 島田淳, 榎津徳弘, 高山和比古ほか：顎関節症患者の治療前後において重心動揺軌跡に変化の認められた一症例, *日大歯学*, 65: 1-9, 1991.
- 20) 日本平衡神経科学会“平衡機能検査の標準化検討委員会”：重心動揺検査の基準, *Equilibrium Res*, 42: 367-369, 1983.
- 21) 徳増厚二, 大久保仁, 加藤功ほか：平衡機能検査法基準化のための資料 1987年平衡機能検査法基準化委員会答申書, *Equilibrium Res*, 47: 221-244, 1988.
- 22) 五島桂子：重心動揺検査の検討一検査条件について一, *Equilibrium Res*, 47: 174-186, 1988.
- 23) 田口喜一郎, 依田美千穂：重心動揺軌跡距離測定法, *日耳鼻会報*, 79: 835-843, 1976.
- 24) 田口喜一郎：重心動揺の正常範囲について, *耳鼻咽喉*, 46: 415-420, 1974.
- 25) 時田喬：重心動揺検査の実際, 1-15, アニマ株式会社, 東京, 1994.
- 26) 田口喜一郎：身体動揺測定の進歩と臨床的意義, *耳鼻臨*, 76: 133-147, 1983.
- 27) 時田喬：重心動揺面積・軌跡長検査の総合的評価一レーダーチャート (グラビチャート) を用いた検査一, 2-3, アニマ株式会社, 東京, 1995.
- 28) 大川剛, 時田喬, 柴田康成ほか：重心動揺検査一単位面積軌跡長の意義一健常者における検討, *Equilibrium Res*, 54: 296-306, 1995.
- 29) 田近由美子：重心動揺移動距離と重心動揺図 (X軸長, Y軸長) についての研究, *金沢大十全医学会誌*, 88: 122-137, 1979.
- 30) Graber, T. M. (中後忠男, T.J.青葉, 松本光生ほか

- か) : Orthodontics principle and practice 3rd ed. (歯科矯正学 理論と実際, 161, 医歯薬出版, 東京, 1976), 1972 .
- 31) Mints,V.W.: The orthopedic influence, edited by Morgan,D.H. et al, Disease of the temporomandibular apparatus, 197-201, The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1977.
- 32) 宮田敏則, 佐藤武司, 島田淳ほか: 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究 I-1. 咬合の変化が姿勢, 特に重心動揺軌跡に及ぼす影響, 補綴誌, 32:1233-1240, 1988.