

重心動揺
矯正歯科治療
下顎安静時
咬頭嵌合時

矯正歯科治療が重心動揺に与える影響に関する研究

福本 葵 小泉 創 笹原 絹代*
佐久間 秀二** 宮澤 幸紀子*** 小田 博雄
河田 俊嗣

神奈川歯科大学口腔機能修復学講座歯科矯正学分野

* 神奈川歯科大学附属横浜クリニック臨床検査科

** 神奈川歯科大学附属横浜クリニック高度先進口腔医学講座歯科矯正学分野

*** ふなき矯正歯科経堂クリニック

(受付: 2017年8月30日)

The Effect of Orthodontic Treatment on Center of Gravity Sway

Aoi FUKUMOTO, So KOIZUMI, Kinuyo SASAHARA*, Shuji SAKUMA**,
Yukiko MIYAZAWA***, Hiroo ODA and Toshitugu KAWATA

Department of Oral function & Restoration Graduate School of Dentistry Kanagawa Dental University,
82 Inaoka-cho, Yokosuka, Kanagawa 238-8580 Japan

*Department of Clinical Laboratory, Kanagawa Dental College Yokohama Clinic, 3-31-6 Turuya-cho, Kanagawa-ku,
Yokohama-shi, Kanagawa 221-0835 Japan

**Department of Highly Advanced Stomatology, Kanagawa Dental University, 3-31-6 Turuya-cho, Kanagawa-ku,
Yokohama-shi, Kanagawa 221-0835 Japan

*** Funaki Orthodontic Kyodo Clinic, 1-23-21 Morino, Matida-shi, Tokyo 194-0022 Japan

Abstract

The purpose of this study was to investigate how orthodontic treatment influences center of gravity sway (COGS) through the occlusal change. A total of fourteen adult orthodontic patients (mean age: treatment before 22.4±5.12 years; treatment after 26.0±5.18 years, Men) were participated in this study. The COGS was evaluated before and after orthodontic treatment under the two kind of conditions in the intercuspal position and the mandibular rest position. The results showed that the COGS were improved significantly after the orthodontics treatment.

Furthermore, this study showed the COGS tend to increase in the intercuspal position compare to the mandibular rest position before the treatment. On the other hand, the COGS was significantly improved in the intercuspal position in comparison with the mandibular rest position due to the orthodontics treatment.

緒 言

重心は身体の直立姿勢保持の調整機構の生理的メカニズムを理解する上で重要であり、身体の姿勢を客観的、定量的に評価が可能であるため、直立姿勢制御機構や平衡機能障害に関する研究に用いられている¹⁻³⁾。

一方、咬合接触歯数の少ない不正咬合者が咬合接触歯数の増加にともない重心動揺が収束し身体平衡機能が改善するなど、咬合変化が身体平衡機能へ及ぼす影響については、これまで数多くの報告がなされている^{4,5)}。また矯正歯科治療前後における重心動揺や、咬合力、咀嚼筋活動等の機能的変化についても観察さ

表 1 被験者の初診時と治療終了時の平均年齢

	男性	女性	平均年齢±標準偏差
初診時	1名	13名	22.4±5.12歳
終了時	1名	13名	26.0±5.18歳



図 1 重心動揺計 (GRAVICORDER GS-11)

れているが⁶⁾、同一対象者による縦断的な検討はこれまで行われていない。そこで本研究では不正咬合に対する矯正歯科治療が、重心動揺に及ぼす影響を定量的に明らかにするために、矯正歯科治療前後での下顎安静時および咬頭嵌合時の重心動揺の変化を、同一対象者を用いて縦断的検討を行った。

実験方法

1. 被験者

資料は神奈川歯科大学附属横浜クリニック矯正歯科を受診し、同科にて歯列不正と診断された初診時（初診群：n=14, 男性1名, 女性13名, 初診時平均年齢22.4±5.12歳）と、矯正歯科治療終了時（保定群：平均年齢26.0±5.18歳）（表1）とを対象にし、同一被験者を用いた縦断的検討を行った。本実験では顕著な顎変形症を伴わず外科的矯正治療が対象ではない、永久歯が萌出完了した20歳以上、非抜歯により、個性正常咬合とsix keys occlusion⁷⁾を確立した症例で、同病院臨床検査科にて眼球運動、視刺激検査、内耳刺激検査を行い正常と診断された者を被験者とした。本研究は神奈川歯科大学倫理委員会の承認を得て行った（承認番号2015-306号）。

2. 生理学的機能検査

平衡機能感覚は、深部知覚運動系、眼球運動系、前庭系の3系によって成り立っている。本実験の目的は深部知覚運動系が身体に与える影響について検討する事である為、下記に示す項目の生理学的機能検査を行い、眼球運動系、前庭系に異常のない者を被験者とした。

- 1) 眼球運動……中枢（大脳、脳幹、小脳）機能検査
 - (1) 10度較正波
 - (2) 注視眼振（電気眼振計 Electronystagmography: ENG, NY-50, リオン株式会社, 東京）
 - (3) 非注視眼振（ENG）
 - (4) 頭位眼振（ENG）
- 2) 視刺激検査……脳幹機能検査
 - (1) 運動視標追跡検査（ETT）

(2) 視運動性眼振検査（OKP）

- 3) 内耳刺激検査……半規管機能検査
回転眼振検査（RPT）

4) 聴覚機能検査

- (1) 標準純音聴力検査
- (2) 鼓膜聴力検査

3. 重心動揺試験

本研究では矯正歯科治療による咬合変化が重心動揺に与える影響についての解明を目的としているため、矯正歯科治療前、後において下顎安静時、咬頭嵌合時の2条件にて重心動揺計測を行った。本実験で用いた重心動揺計（GRAVICORDER GS-11, アニマ株式会社, 東京）は、直立姿勢時における足底圧の垂直作用力を検出し、足底中心の動揺を変換器にて電気信号変化として出力することで重心動揺を計測するものである（図1）。20Hzのサンプリング周波数による60秒間の計測を行った。測定条件は日本平衡神経科学学会基準⁸⁾に従って行い、測定条件および解析項目は以下のように設定した。統計処理はSPSS（SPSS Statistics Ver22.0, 日本IBM, 東京）を用い、矯正歯科治療前後における下顎安静時および咬頭嵌合位の条件の違いによる変化の比較をWilcoxon符号付順位和検定により行った。

1) 測定条件

- (1) 検査室：明るさが均等な部屋で、音や視刺激による変異が生じない部屋とする。
- (2) 重心動揺計上の直立位置：被験者の足底の中心が検査台上の基準点と一致するように直立させる。
- (3) 足位：両足を接して直立する事を基準とし、直立位置が不安定で閉足直立が困難な場合は、開足または踵を接し足尖を開いて直立させて検査する。開足感覚距離あるいは足尖を開いた開足角度を記載する。
- (4) 直立姿勢の指定：両上肢を体足側に接し、自然に直立した姿勢で検査する。
- (5) 視点の設定：開眼検査においては眼前約3m,

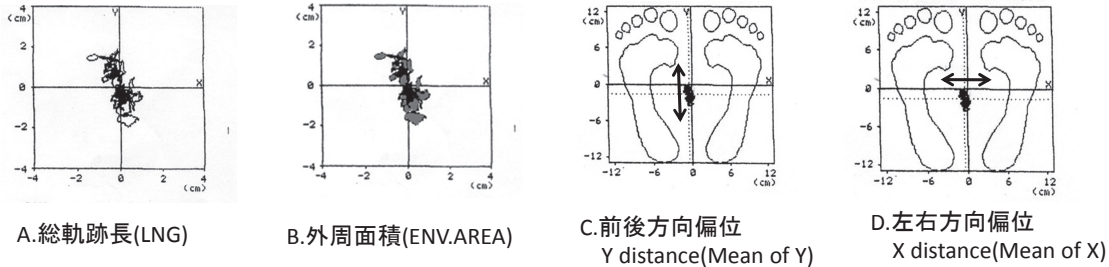


図2 重心動揺解析項目

表2 総軌跡長 (LNG)

距離 (mm)	治療前	治療後
下顎安静時	+603.3±208.3	+571.7±110.1 [†]
咬頭嵌合時	+585.5±178.0	+529.5±146.0 [‡]

[†] 治療後における下顎安静時と咬頭嵌合時との比較 (p<0.05)
[‡] 咬頭嵌合時における治療前と治療後との比較 (p<0.05)

表3 外周面積 (ENV. AREA)

面積 (mm ²)	治療前	治療後
下顎安静時	243.7±77.5	262.7±128.1
咬頭嵌合時	229.0±76.5	213.3±81.5 [‡]

[‡] 咬頭嵌合時における治療前と治療後との比較 (p<0.05)

目の高さに設定された視点を注視させて行う。視野に動く目標がないようにする。

(6) 記録の開始：記録は重心動揺検査が安定した時点から記録を開始する。

2) 解析項目 (図2)

(1) 総軌跡長 (LNG)

(2) 外周面積 (ENV. AREA)

(3) 重心平均中心変位 (DEV OF MX, MY)

a) 前後方向偏位：Y distance (Mean of Y)

b) 左右方向偏位：X distance (Mean of X)

重心平均中心変位の前後方向偏位は重心変位図の中心点を基準として、前方偏位を+の値、後方を-の値で示す。前後方向の動揺の平均値として以下の数式により算出した。

$$\text{Mean of Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (n: \text{サンプリング個数})$$

重心平均中心変位の左右方向偏位は重心変位図の中心点を基準として、右側偏位を+, 左側偏位を-の値で示す。左右方向の動揺の平均値として以下の数式により算出した。

$$\text{Mean of X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (n: \text{サンプリング個数})$$

(4) 動揺中心変位 (DEV OF XO, YO)

Y軸方向動揺中心変位は最大動揺幅の中心を以下の数式により算出した。

$$Y_0 = (Y_{\text{max}} + Y_{\text{min}}) / 2$$

X軸方向動揺中心変位は最大動揺幅の中心を以下の数式により算出した。

$$X_0 = (X_{\text{max}} + X_{\text{min}}) / 2$$

結 果

1. 総軌跡長 (LNG) (表2)

咬頭嵌合時において矯正歯科治療前に比べ治療後に総軌跡長が有意に減少した (治療前: +585.5 mm±178.0, 治療後: +529.5 mm±146.0, p<0.05)。また治療前における下顎安静時と咬頭嵌合時との比較では有意差を認めなかったが (安静時: +603.3 mm±208.3, 咬合時: +585.5 mm±178.0), 治療後においては下顎安静時に比べ、咬頭嵌合時で有意に小さい値を示した (安静時: +571.7 mm±110.1, 咬合時: +529.5 mm±146.0, p<0.05)。

2. 外周面積 (ENV. AREA) (表3)

治療前後の比較において、下顎安静時 (治療前: +243.7 mm²±77.5, 治療後: +262.7 mm²±128.1), 咬頭嵌合時 (治療前: +229.0 mm²±76.5, 治療後: +213.3 mm²±81.5) のいずれの条件も有意差は認められなかった。また治療前における下顎安静時と咬頭嵌合時との比較では有意差を認めなかったが (安静時: +243.7 mm²±77.5, 咬合時: +229.0 mm²±76.5), 治療後においては下顎安静時に比べ、咬頭嵌合時で有意に小さい値を示した (安静時: +262.7 mm²±128.1, 咬合時: +213.3 mm²±81.5, p<0.05)。

3. 重心平均中心変位 (DEV OF MX, MY)

1) 前後方向偏位：Y distance (Mean of Y) (表4)

咬頭嵌合時において矯正歯科治療前に比べ治療後に重心平均中心変位の前後方向偏位が有意に減少した (治療前: -22.7 mm±2.23, 治療後: -30.0 mm±1.88, p<0.05)。

表4 重心平均中心変位 (DEV OF MX, MY)
前後方向偏位: Y distance (Mean of Y)

距離 (mm)	治療前	治療後
下顎安静時	-25.5±1.68	-30.8±2.19
咬頭嵌合時	-22.7±2.23	-30.0±1.88 [‡]

[‡] 咬頭嵌合時における治療前と治療後との比較 (p<0.05)

表5 重心平均中心変位 (DEV OF MX, MY)
左右方向偏位: X distance (Mean of X)

距離 (mm)	治療前	治療後
下顎安静時	1.08±0.43	-2.5±0.67
咬頭嵌合時	0.40±0.32	-0.50±0.41 [‡]

[‡] 咬頭嵌合時における治療前と治療後との比較 (p<0.05)

表6 動揺中心変位 (DEV OF XO, YO)
前後方向偏位: Y distance

距離 (mm)	治療前	治療後
下顎安静時	-25.3±1.60	-30.3±2.25
咬頭嵌合時	-21.8±2.32	-29.5±1.87 [‡]

[‡] 咬頭嵌合時における治療前と治療後との比較 (p<0.05)

表7 動揺中心変位 (DEV OF XO, YO)
左右方向偏位: X distance

距離 (mm)	治療前	治療後
下顎安静時	0.00±0.45	-2.10±0.67
咬頭嵌合時	0.59±0.32	-0.32±0.46 [‡]

[‡] 咬頭嵌合時における治療前と治療後との比較 (p<0.05)

2) 左右方向偏位: X distance (Mean of X) (表5)

咬頭嵌合時において矯正歯科治療前に比べ治療後に重心平均中心変位の左右方向偏位において有意に左側へ偏位した (治療前: +0.4 mm±0.32, 治療後: -0.5 mm±0.41, p<0.05)。

4. 動揺中心変位 (DEV OF XO, YO)

1) 前後方向偏位: Y distance (表6)

咬頭嵌合時において矯正歯科治療前に比べ治療後に動揺中心変位の前後方向偏位が有意に後方へ偏位した (治療前: -21.8 mm±2.32, 治療後: -29.5 mm±1.87, p<0.05)。

2) 左右方向偏位: X distance (表7)

咬頭嵌合時において矯正歯科治療前に比べ治療後に動揺中心変位の左右方向偏位が有意に左側へ偏位した (治療前: +0.59 mm±0.33, 治療後: -0.32 mm±0.46, p<0.05)。

考 察

本研究において矯正歯科治療前後での重心動揺の変化を、同一対象者を用いて縦断的検討を行ったところ、矯正歯科治療前に比べ治療後に総軌跡長の有意な減少を示し、治療後に改善が認められた。またこの改善は、「咬頭嵌合時」のみに認められ、下顎安静時には治療前後での差は認められなかった。さらに治療後では下顎安静時に比べ咬頭嵌合時で、総軌跡長および外周面積が有意に減少し、重心の安定が認められた。

顎口腔機能を包含する比較的重い頭蓋は、頸椎、脊椎などからなる体幹の最上位に位置するのに対し、支持面は狭い足底部という物理的に非常に不安定な状態

にある。その為ヒトの直立姿勢は静止しておらず、頸反射や迷路反射にみられる姿勢制御機構により不安定な直立姿勢の平衡を維持している^{9,10)}。従って、頭蓋の位置やそれを支える頸部からの感覚情報は直立姿勢に大きく影響を与え、事実、頸椎捻挫等の頸部外傷の症状にあらわれるバランス障害など^{11,12)}、首の感覚運動系からの刺激が姿勢維持や平衡感覚に重要な役割を担っている^{9,10)}。咀嚼筋群は、この頭部の安定に対し頸部や肩部の筋群と機能的に関連しながら関与しており¹³⁻¹⁵⁾、クレンチングによる噛みしめの感覚情報は上行する際に脳幹部を賦活し^{16,17)}、頸部筋群の緊張による頭部の安定に寄与する¹⁸⁾。さらに、クレンチングの影響は頭頸部に留まらず、下肢ヒラメ筋と、その拮抗筋である前脛骨筋のホフマン反射を促通することが知られており、四肢の伸筋・屈筋が共縮して非相反性に筋活動を亢進させることで関節を固定するのに有利に働き、姿勢維持に貢献すると考えられている^{19,20)}。また、平衡機能に密接に関連する下肢筋群の筋力がクレンチングの強度の増大と相関することが知られている²¹⁾。一方、山本らは不正咬合者や咬合接触歯数の減少にともない、咀嚼筋の筋活動の左右的バランスが悪くなり、バランスが悪くなるほど重心動揺が大きくなると報告しており²²⁾、不正咬合による咀嚼筋の非対称性筋活動は重心動揺に対し、負の影響を及ぼすことが示唆されている。このようにクレンチングや咬合状態、下顎位の変化と平衡機能とは密接に関連していることが示唆されている。これらの報告を考慮すると、今回得られた矯正歯科治療後の咬頭嵌合時に重心が安定した結果は、矯正歯科治療を通じて得られた咬合状態の

改善が、咀嚼筋活動量の非対称性の改善や、頸部筋群の連動的収縮をもたらす頭頸部を安定化させ、さらには下肢筋群への促通効果を通じて、姿勢制御機構に好影響を及ぼしたものと推察される。一方、矯正歯科治療前の不正咬合者においては咬頭嵌合に伴うこれらの一連の機構が妨げられ、結果として重心の安定が得られなかったものと考えられる。

また、本研究では矯正歯科治療前に比べ治療後に重心平均中心変位および重心中心変位の前後方向偏位は治療を通じて重心の中心は後方へ、左右方向偏位は左方に偏位したことが確認された。

平衡機能維持に関する反射性制御の末梢受容器である内耳迷路に対して顎関節は解剖学的に隣接し、平衡機能維持に関連する三叉神経の線維束は耳小骨に付着し、前庭迷路・蝸牛膨大部後に対する三叉神経支配が確認されている²³⁾ことから、下顎位の変化は姿勢に対してなんらかの関わりを持っていると考えられており¹⁸⁾、吉野らや、中川らは、下顎を側方に偏位させると重心は同側に偏位し、前後に偏位させると重心は反対側に偏向することを報告している^{8,24,25)}。そのため、本研究において治療後に重心の中心が偏位した要因として、矯正歯科治療を通じて生じた下顎位の変化が影響しているものと推察されるが、その意義やメカニズムの解明については、下顎位や咬合接触歯数、筋活動の変化などさらなる調査を要し、今後の課題となる。

結 論

不正咬合時には認められない噛み締めによる重心動揺の安定化が矯正歯科治療後に認められた。さらに下顎安静時には治療前後で重心動揺に有意差が認められなかったのに対し、咬頭嵌合時には治療前に対し治療後に有意な重心動揺の減少が認められた。これらの結果から矯正歯科治療による咬合の改善は姿勢の維持安定の向上に寄与することが示唆された。

利益相反

著者全員利益相反なし。

文 献

- Masu Y, Muramatsu K, Hayashi N. Characteristics of sway in the center of gravity of badminton players. *J Phys Ther Sci* **26**: 1671-1674, 2014.
- Horak FB, Kluzik J, Hlavacka F. Velocity dependence of vestibular information for postural control on tilting surfaces. *J Neurophysiol* **116**: 1468-1479, 2016.
- Laurendeau S, Teasdale N, Simoneau M. Change in the natural head-neck orientation momentarily altered sensorimotor control during sensory transition. *Gait Posture* **53**: 80-85, 2017.
- 岡本和彦, 猪野照夫, 鈴木めぐみ他. 開眼・閉眼およびスプリント装着が重心動揺におよぼす影響について. *明海歯学* **36**: 144-147, 2007.
- 丸谷美和, 清水公夫, 大沼智之他. 義歯装着および咬合位の変化が無歯顎者の重心動揺におよぼす影響について. *補綴誌* **44**: 781-785, 2000.
- 中川峰子, 中島 還, 山口徹太郎他. 咬合位と重心動揺に関する研究. *東京矯歯誌* **21**: 1-6, 2011.
- Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod* **62**: 296-309, 1972.
- 渡辺行雄, 肥塚 泉, 山本昌彦他. 平衡機能検査法基準化のための資料—2006年平衡機能検査法診断基準化委員会答申書, 及び英文項目—. *Equilibrium Res* **65**: 468-503, 2006.
- Taguchi K. Relationship between the head's and the body's center of gravity during normal standing. *Acta Otolaryngol* **90**: 100-105, 1980.
- Murata T, Kitahara M. Acceleration registrography of head movement during alternating inclination of the support platform. *Acta Otolaryngol Suppl* **510**(3): 33-37, 1994.
- Kogler A, Lindfors J, Odkvist LM, Ledin T. Postural stability using different neck positions in normal subjects and patients with neck trauma. *Acta Otolaryngol* **120**: 151-155, 2000.
- Abrahams VC. The physiology of neck muscles; their role in head movement and maintenance of posture. *Can J Physiol Pharmacol* **55**: 332-338, 1977.
- Bratzlavsky M, Eecken V. Postural reflexes in cranial muscles in man. *Acta Neurol Belg* **77**: 5-11, 1997.
- Mints VW. The orthopedic influence. Morgan DH, editor, *Disease of the temporomandibular apparatus* St. Louis. The C. V. Mosby Company. 197-201, 1977.
- 高田富三男, 前原 潔, 鶴原常雄. 咬合の全身に及ぼす影響に関する臨床的研究. 第1報. 咬合挙上の姿勢に及ぼす影響について. *歯科医学* **44**: 822-837, 1981.
- 奥園達也. クトル動揺図の開発と人, 身体動揺解析の研究. *耳鼻臨床* **76**: 2565-2580, 1983.
- Shereen D, Farber E. 平山義人, 鷺田孝保 翻訳. 多重感覚治療法—神経系のリハビリテーション, 初版, 共同医書出版, 東京, 42-45, 2016.
- 石上恵一, 上野俊明, 川良美佐雄他. 要説 スポーツ歯科医学, 初版, 医学情報社, 東京, 138-145, 2015.
- Takada Y, Miyahara T, Tanaka T et al. Modulation of H reflex of pretibial muscles and reciprocal I a inhibition of soleus muscle during voluntary teeth clenching in humans. *J Neurophysiol* **83**: 2063-2070, 2000.
- Miyahara T, Hagiya N, Ohyama T et al. Modulation of human soleus reflex in association with voluntary clenching of the teeth. *J Neurophysiol* **76**: 2033-2041, 1996.

21. Sasaki Y, Ueno T, Taniguchi H, Ohyama T. Effect of teeth clenching on isometric and isokinetic strength of ankle plantar flexion. *J Med Dent Sei* **45**: 29-37, 1998.
 22. 山本賢彦, 都尾元宣, 岸井次郎他. 咬合接触状態と重心動揺. *岐歯学誌* **32** : 1-15, 2005.
 23. Vass Z, Shore SE, Nuttall AL, Jancsó G, Brechtelsbauer PB, Miller JM. Trigeminal ganglion innervation of the cochlea--a retrograde transport study. *Neuroscience* **79**: 605-615, 1997.
 24. Gangloff P, Perrin PP. Unilateral trigeminal anaesthesia modifies postural control in human subjects. *Neurosci Lett* **330**: 179-182, 2002.
 25. 吉野源悟, 大封幸太, 西浦宏宰. 平的下顎位の変化が身体の重量配分に及ぼす影響. *全身咬合* **6** : 114-127, 2000.
-