

Title	足底接地の有無が咀嚼運動に与える影響
Author(s)	新谷, 明昌; 鈴木, 惇也; 佐藤, 亨; 四ツ谷, 護; 腰原, 輝純; 小山, 拓; 神田, 雄平; 久永, 竜一
Journal	歯科学報, 116(3): 187-192
URL	http://doi.org/10.15041/tdcgakuho.116.187
Right	

足底接地の有無が咀嚼運動に与える影響

新谷明昌 鈴木惇也 佐藤 亨 四ツ谷 護
腰原輝純 小山 拓 神田雄平 久永竜一

抄録：本実験は足底接地と足底離脱が咀嚼運動に与える影響について検討を行い、咀嚼運動と座位における姿勢との関連性について考察することを目的とした。

被験者は健常有歯顎者5名とした。体位は垂直座位とし、被験食品としてガムを咀嚼させた。計測装置には3次元6自由度顎運動測定装置(ナソヘキサグラフⅡ JM-2000)を使用した。基準平面は重力線と垂直な水平面とし、計測平面はFH平面と咬合平面とした。咀嚼能率の判定、咀嚼運動時の計測平面の角度、運動変化と運動リズムの解析を行い、足底接地と足底離脱間の咀嚼運動に与える影響について検討を行った。

運動リズムの停止相時間において、足底接地と足底離脱間で有意な差が認められた。このことから、足底接地の有無による姿勢の安定性は、咀嚼運動時の運動リズムの安定性に影響を与えることが示唆された。

緒 言

摂食時の姿勢は、臨床的にできる限り足底を接地することが望ましいとされている¹⁾。倉地ら²⁾は足をぶらぶらさせた状態では、咬合力、咬合面積ともに低下し咀嚼能率が低下すると報告している。石川ら³⁾は足底を接地するほうが足底を離脱しているより、重心動揺が安定し最大咬合力が増加したと報告

している。阿志賀ら⁴⁾は咬合・咀嚼機能を有効に発揮させるためには、座位の安定性を高める必要があると示唆している。これらのことから、足底接地の有無による姿勢の安定性は、頭位や咀嚼運動に影響を与えていると考えられる。また、咀嚼運動には下顎運動に伴う頭部の揺れがあることが報告^{5,6)}され、様々な要因に影響を受けることが知られている。しかし、足底接地の有無と頭位、咀嚼運動とその際の頭部の揺れについての報告はない。

そこで本研究は、3次元6自由度顎運動測定装置を用い、足底接地の有無による姿勢の変化が、咀嚼運動時の頭部の揺れ、下顎運動にどのような影響を与えるかについて検討を行った。

材料および方法

1. 被験者の選定

被験者は、自他覚的に顎口腔系に異常を認めない健常有歯顎者5名(男性5名、平均年齢28.4歳)とし、個性正常咬合を有し、第二大臼歯までに歯の欠損がなく、歯科治療の必要ない者もしくは歯質欠損が局所的で治療の完了している者を選定した。また、開眼咬合時の立位正面像において正常姿勢を示すもの⁷⁾とした。なお、本研究は東京歯科大学倫理委員会の承認(no. 650)を受け、被験者には十分なインフォームドコンセントを行い、研究に参加する了承を得ている。

2. 咀嚼能率の判定

被験食品はガム(XYLITOL[®]咀嚼力判定ガム、ロッチ)を用いた。このガムは、咀嚼することで色調が変化し、咀嚼能率を示すものである。姿勢の設定は、背板のない高さの調節できる椅子を用意し、垂直座位にて大腿部の約1/2が接するように腰掛け

キーワード：咀嚼運動、頭位、咀嚼運動リズム
東京歯科大学クラウンブリッジ補綴学講座
(2016年1月12日受付、2016年2月29日受理)
<http://doi.org/10.15041/tdcgakuho.116.187>
連絡先：〒261-8502 千葉市美浜区真砂1-2-2
東京歯科大学クラウンブリッジ補綴学講座 新谷明昌

足底が床に接地する状態(足底接地)と、同じ姿勢で椅子の高さをあげて足底を離れた状態(足底離脱)とした。足底接地と足底離脱の条件下で60秒間咀嚼させ、その混合状態から咀嚼能率を判定した。咀嚼能率の判定には、付属のカラースケールを用い目視にて判定し、5段階に分類した。最も混合状態が悪いものを1、最も混合状態が良いものを5とした。その中間を2、3、4と分類した。足底接地と足底離脱の条件の順番は被験者ごとにランダムとした。

3. 咀嚼運動の測定

計測装置は3次元6自由度顎運動測定装置(ナソヘキサグラフ II JM-2000, ジーシー)を使用し、ナソヘキサグラフ用顎運動解析ソフトを用い上顎と下顎に分けて解析を行った。体位は垂直座位とし、計測開始時はフランクフルト平面を床と平行になるように設定した。被験食品は、XYLITOL®咀嚼力判定ガムを用いた。咀嚼運動は習慣性咀嚼側にて咀嚼するように指示を行った。咀嚼時間は60秒間とし、計測は足底接地と足底離脱で1クールずつ行った。足底接地と足底離脱の条件の順番は被験者ごとにランダムとした。

基準平面は重力線と垂直な水平面とした。計測平面は、上顎ではFH平面とし、下顎では咬合平面とした。FH平面は、FH平面上で顔面正中との交点となる鼻根部で皮膚上の点と、同じくFH平面上で左右の耳珠上縁の点座標の midpoint とを結ぶ線を計測対象と設定した。咬合平面は、下顎切歯点と、本来の第二大臼歯遠心頬側咬頭頂ではなく沼澤ら⁸⁾の実験と同様に下顎左右第一大臼歯近心頬側咬頭頂の点座標の midpoint とを結ぶ線を計測対象と設定した。そして、基準平面に対する計測平面の角度を経時的に測定し、平面が上方へ傾斜している時をプラス、下方へ傾斜している時をマイナスで表記した。

得られたデータは咀嚼周期の第5サイクル目から第14サイクル目の10サイクルを対象とし、計測平面の角度および、運動変化と運動リズムの解析を行った。計測平面の角度は、FH平面の角度を頭位とし、咬合平面の角度を下顎開閉口時角度として、対象とした10サイクル間に計測された角度(サンプリングレート60Hz)の分布の解析を行った。運動変化の解析は、咀嚼周期1サイクルにおける計測平面の角度の変化量を算出し、対象とした10サイクルの値

の解析を行った。1サイクルにおける角度の変化量は、沼澤ら⁸⁾の実験と同様に経時的に得られた角度に対し下顎運動を基準として下顎の開閉開始位から最大開口位間と最大開口位から閉口終了位間の角度変化の絶対値の平均を1サイクルの変化量として算出した。頭部はそれに同期する時期を抽出した。頭位(FH平面)の変化量を頭部の揺れとし、下顎開閉口時角度(咬合平面)の変化量を下顎開口角度とした。運動リズムの解析として停止相時間、開口相時間、閉口相時間、咀嚼周期の時間と変動係数の解析を行った。各相は咀嚼サイクルを開口から閉口までの垂直最大速度から3つの時期に区分し、開口直前の0 mm/sの時点から、開口時最大速度を経て最大開口付近での速度が0 mm/sになるまでを開口相、そこから閉口時最大速度を経て、速度が0 mm/sになるまでを閉口相とし、そこから開口までの速度が0 mm/sの期間を停止相と規定し算出した。各相の時間を計測し、その合計を咀嚼周期とした。

4. 統計処理

咀嚼能率と運動リズムの各相の変動係数の値は、足底接地、足底離脱間でウィルコクソンの符号順位和検定にて比較を行い、運動変化、運動リズムの各相の時間の値は、足底接地、足底離脱間で対応のあるt検定にて比較を行った。統計処理にはエクセル統計2012を用い、危険率5%以下に設定した。

結果

1. 咀嚼能率

咀嚼能率は、足底接地では 3.6 ± 0.8 (平均 \pm 標準偏差)、足底離脱では 3.2 ± 1.2 となった(図1)。足底接地と足底離脱間に有意な差は認められなかった($p=0.42$; ウィルコクソンの符号順位和検定)。各

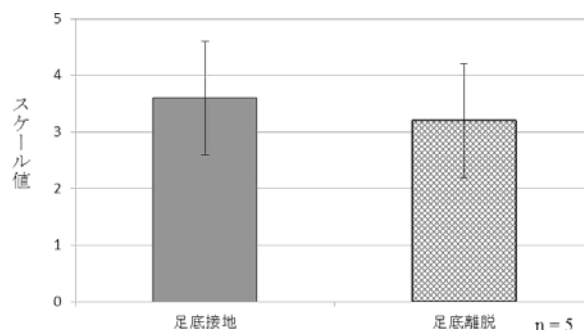


図1 足底接地と足底離脱の違いによる咀嚼能率

被験者の変化では、足底接地に比べ足底離脱の方が、咀嚼能率が下がったものが2名(sub.2, sub.5)、変わらなかったものが2名(sub.1, sub.4)、上がったものが1名(sub.3)となった。

2. 咀嚼運動

各被験者の頭位の分布については、足底接地と足底離脱間で頭位の角度の四分位範囲が重ならず頭位に後屈が認められたものが2名(sub.3, sub.4)、四分位範囲が重なり頭位に変化が認められなかったものが3名(sub.1, sub.2, sub.3)であった(図2)。各被験者の咀嚼運動時の頭位は、足底接地で平均12.54°から16.75°、足底離脱で平均11.78°から20.07°であった。各被験者の下顎開閉口時角度の分布については、すべての被験者で足底接地と足底離脱間で四分位範囲が重なった(図3)。各被験者の咀嚼運動時の下顎開閉口時角度は、足底接地で平均-23.53°から-57.62°、足底離脱で平均-18.85°から-55.58°であった。

咀嚼運動時の頭部の揺れと下顎開口角度において、頭部の揺れは足底接地で $0.67 \pm 0.52^\circ$ 、足底離脱で $0.57 \pm 0.41^\circ$ となった(図4)。下顎開口角度は足底接地で $8.75 \pm 1.68^\circ$ 、足底離脱で $10.30 \pm 3.97^\circ$

となった(図4)。頭部の揺れ、下顎開口角度ともに足底接地と足底離脱間で有意な差は認められなかった(頭部の揺れ： $p=0.48$ 、下顎開口角度： $p=0.26$ ；対応のあるt検定)。

停止相時間、開口相時間、閉口相時間、咀嚼周期の時間は足底接地の停止相時間で 0.18 ± 0.03 秒、開口相時間で 0.25 ± 0.10 秒、閉口相時間で 0.30 ± 0.09 秒、咀嚼周期で 0.73 ± 0.14 秒となった(図5)。足底離脱の停止相時間で 0.18 ± 0.08 秒、開口相時間で 0.24 ± 0.10 秒、閉口相時間で 0.29 ± 0.06 秒、咀嚼周期で 0.71 ± 0.17 秒となった(図5)。各相における時間で足底接地と足底離脱間で有意な差は認められなかった(停止相時間： $p=0.80$ 、開口相時間： $p=0.28$ 、閉口相時間： $p=0.39$ 、咀嚼周期： $p=0.30$ ；対応のあるt検定)。変動係数は足底接地の停止相時間で0.18、開口相時間で0.41、閉口相時間で0.28、咀嚼周期で0.19となった(図6)。足底離脱の停止相時間で0.45、開口相時間で0.43、閉口相時間で0.22、咀嚼周期で0.24となった(図6)。停止相時間の変動係数において足底接地と足底離脱間で有意な差が認められた($p < 0.05$ ；ウィルコクソンの符号順位和検定)。その他の相では有意な差は認めら

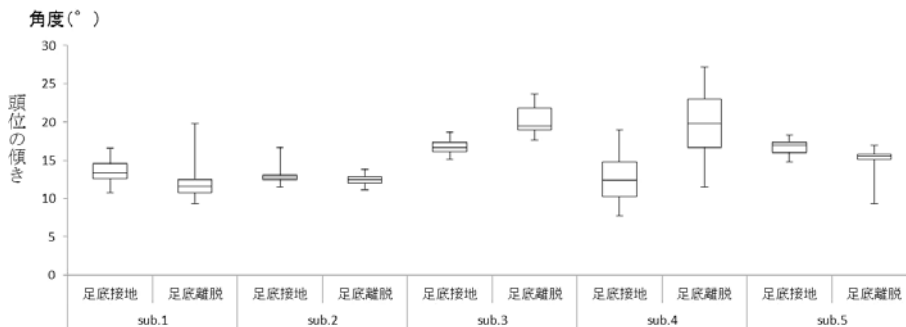


図2 足底接地と足底離脱の違いによる各被験者の頭位

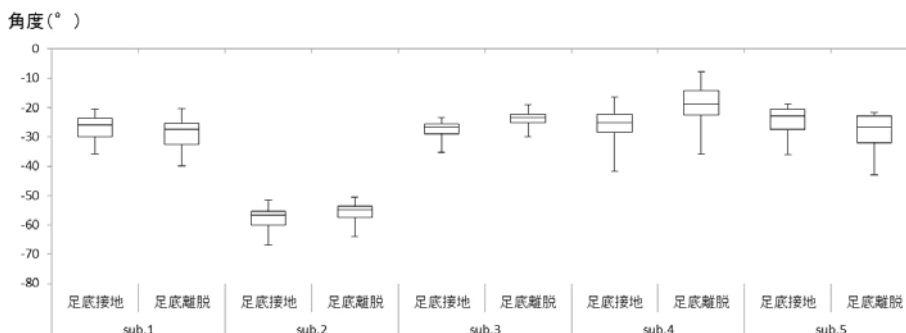


図3 足底接地と足底離脱の違いによる各被験者の下顎開閉口時角度

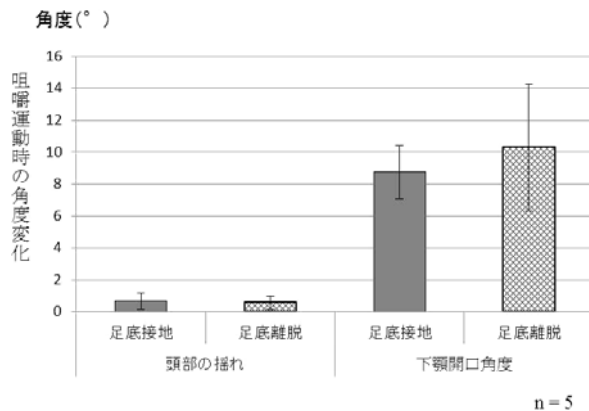


図4 足底接地と足底離脱の違いによる頭部の揺れと下顎開口角度

れなかった(開口相時間: $p=0.14$, 閉口相時間: $p=0.69$, 咀嚼周期: $p=0.14$; ウィルコクソンの符号順位和検定)。

考 察

1. 被験食品について

咀嚼運動は、食品の性状や量により変化することが報告⁹⁾されている。運動経路や運動リズムの分析には、性状や量の変化が少ない被験食品が有効である。ガムは恒常性が高く、咀嚼の進行により硬さや量の変化が少なく、分析に適している。その中で、今回使用したガムは、咀嚼することで色調が変化し、咀嚼能率を示すものである。これは、篩分法による粉碎能力と強い相関があり¹⁰⁾、咀嚼能力の判定に有用である¹¹⁾と報告されているため本実験に用いた。

2. 咀嚼能率について

足底接地と足底離脱間の咀嚼能率は足底接地のほうが大きい値を示したが、有意な差は認められなかった。成人23名を対象とし同様な実験を行った佐橋ら¹²⁾によると、足底接地が 3.8 ± 0.2 、足底離脱が 3.7 ± 0.3 で足底接地のほうが有意に大きい値を示したと報告している。本実験では、足底接地で平均 3.6 と前述した研究結果の 3.8 に近い値である。一方、足底離脱は平均 3.2 と前述の研究結果の 3.7 と比べ、我々の結果のほうが少し咀嚼能率は低い値となった。本実験では症例数も少ないため足底接地の有無が咀嚼能率に与える影響は明瞭に認められなかった。しかし、今回の計測値と前述の報告を参考

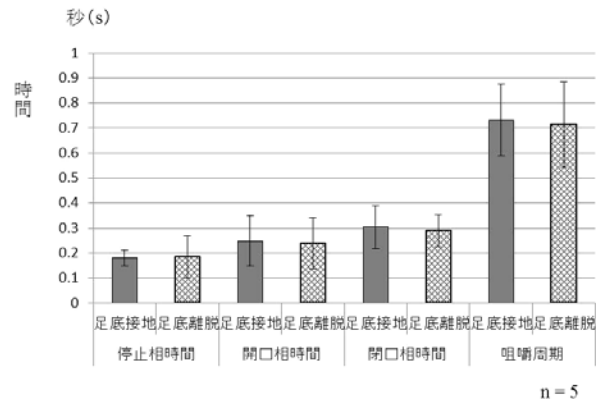


図5 足底接地と足底離脱の違いによる咀嚼運動の各相の時間

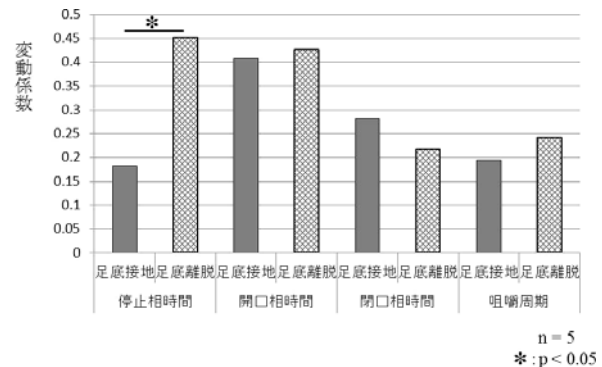


図6 足底接地と足底離脱の違いによる咀嚼運動の各相の変動係数

にすると、症例数を増やせば足底接地と足底離脱との間の咀嚼能率に差が出るのが予想された。

3. 咀嚼運動測定の設定について

計測装置に使用したナソヘキサグラフIIは従来、上顎に対する下顎の運動を記録する装置であるが、本実験ではナソヘキサグラフ用頭部運動解析ソフトを用い下顎と上顎の運動を分けて解析を行った。以前の我々の研究^{5,6)}で食品の性状によって、頭位や頭部の揺れに変化が認められることを報告した。本実験のように、姿勢と咀嚼運動との関係を明らかにするためには、全身に対する上顎の変化を解明する必要があると考えられた。そのため、従来の上顎に対する下顎の相対的な運動を記録するのではなく、上顎と下顎の運動に分けて解析を行った。

本実験では、習慣性咀嚼側で咀嚼するように指示を行った。以前より、Perryら¹³⁾や栃倉ら¹⁴⁾により咀嚼側間により機能的差異があることが報告されており、咀嚼運動時の運動経路とリズムの安定性を比

較した坂口ら¹⁵⁾によると、習慣性咀嚼側と非習慣性咀嚼側には機能的差異があり、習慣性咀嚼側のほうが良好な咀嚼機能を営むことが示唆され、習慣性咀嚼側は咀嚼運動の分析に有用であるとされている。

咀嚼運動は第5サイクル目から第14サイクル目の10サイクルを抽出し解析を行った。これは、咀嚼運動のリズムが運動初期と後期で乱れるとの報告があり、咀嚼の中断や嚥下の準備動作が加わることによる影響を排除するためである。志賀らは咀嚼運動リズム、経路ともに第5サイクル目からの10サイクルが最も安定していると報告¹⁶⁾している。

4. 咀嚼運動の結果について

以前より我々は咀嚼運動時の頭位に注目し、被験食品の硬さにより頭位の変化が見られ、頭位の変化による調節機構があることを報告^{5,6)}した。今回の実験では、体位とくに咀嚼運動時の姿勢の中で足底接地について注目した。足底接地は体全体の姿勢が安定し、頭位の変化やぶれが少ないと考えていた。一方、足底離脱は、体幹とくに下半身に力が入りにくく、座位であっても姿勢の安定は難しいと考えられた。しかし、各被験者の足底接地と足底離脱間の頭位の角度と、その四分位範囲に足底接地の明瞭な影響は認められなかった。

咀嚼運動時の変化では、頭部の揺れと下顎開口角度の平均は両結果とも有意な差は認められなかった。座位の安定性と咬合力、咬合面積との関連性を調べた阿志賀ら⁴⁾は、咬合が安定している群では座位の安定性の影響を受けにくく、咬合不安定群のほうが影響を受けたと述べているが、本実験のように頭部の揺れと下顎の開口角度を検討した報告はない。本実験では、正常咬合者を被験者として選択しているため、両角度において足底接地と足底離脱の影響は認められなかったと推察された。

咀嚼運動の各相の時間は、足底接地と足底離脱間で、有意な差はなかった。咀嚼リズムの変動係数においては、開口相、閉口相、咀嚼周期において有意な差はなかった。しかし、停止相時間において足底接地のほうが足底離脱に比べ小さい値を示した。これは、足底接地しているほうがより姿勢が安定しているため、食品を粉碎する力がかかるときにリズムカルに咀嚼を行なえたと考えられる。志賀らの健常者と顎関節症患者の変動係数を比較した報告¹⁵⁾によ

ると、咬合相時間、開口相時間、閉口相時間、咀嚼周期ともに顎関節症患者のほうが有意に大きい値を示していた。また、不正咬合者や咀嚼系機能障害患者における下顎運動や筋活動の時間的要素の変動係数は、正常者のそれより大きい¹⁷⁾ことが明らかにされている。このことから、食事姿勢において足底接地の状態のほうが有益であると示唆された。

今回の実験では症例数も5例と少なく、被験者を増やすことにより差が予想される項目もあった。しかし、咀嚼運動における停止相時間の変動係数が、足底接地と足底離脱間で異なる結果が得られ、姿勢の安定性は運動リズムに影響を与えることが示唆された。

文 献

- 1) 尾本和彦：摂食機能訓練。食べる機能の障害：その考え方とリハビリテーション。第1版(金子芳洋 編著)，pp. 92-95, 医歯薬出版, 東京, 1987.
- 2) 倉治ななえ：噛む力アップには足をつけて食事をしよう。小児歯臨, 9: 40-45, 2004.
- 3) 石川健太郎, 大岡貴史, 向井美恵：座位姿勢における足底接地の有無が重心動揺と最大咬合力に及ぼす影響。障歯誌, 27: 555-559, 2006.
- 4) 阿志賀大和, 水野智仁, 山村千絵：座位の安定性が健常若年者の咬合機能に及ぼす影響。言語聴覚研, 10: 301-309, 2013.
- 5) Shinya A, Sato T, Hisanaga R, Miho O, Nomoto S: Time course analysis of influence of food hardness on head posture and pitching of head during masticatory movement. Bull Tokyo Dent Coll, 54: 73-80, 2013.
- 6) 新谷明昌, 野本俊太郎, 佐藤 亨, 青木雅憲, 四ツ谷護, 三穂乙暁：被験食品の硬さの違いによる咀嚼運動時の頭部動態への影響。歯科学報, 113: 383-387, 2013.
- 7) 平地正茂, 佐藤 亨, 久永竜一, 鈴木雄太, 天崎光宏, 吉田 実：自然立位正面像からみた骨盤, 両上肢帯, 頭蓋の左右対称性について。歯科学報, 105: 148-153, 2005.
- 8) 沼澤成文, 佐藤 亨, 齊藤文明：ガム咀嚼に伴う頭部運動の三次元的検討。歯科学報, 104: 287-296, 2004.
- 9) 瑞森崇弘, 桑原隆男, 西尾公一, 西内修平, 丸山剛郎：咀嚼運動に関する臨床的研究-食品の大きさ・硬さの影響について-。補綴誌, 29: 1062-1069, 1985.
- 10) 平野 圭, 高橋保樹, 平野滋三, 早川 巖, 関 哲哉：新しい発色法を用いた色変わりチューニングガムによる咀嚼能力の測定に関する研究。補綴誌, 46: 103-109, 2002.
- 11) Hama Y, Kanazawa M, Minakuchi S, Uchida T, Sasaki Y: Reliability and validity of a quantitative color scale to evaluate masticatory performance using color-changeable chewing gum. J Med Dent Sci, 61: 1-6, 2014.
- 12) 佐橋喜志夫, 土本里江, 川島三奈：えっ！ホント？足について食事をしないと噛めなくてイラつく-足底離脱によるガム咀嚼が咀嚼機能の低下と不快感を惹起する-。小児歯臨, 14: 71-74, 2009.
- 13) Perry H. T, Harris S. C: Role of the neuromuscular system in functional activity of the mandible. J Am Dent Assoc, 48: 665-673, 1954.

- 14) 析倉 純, 志賀 博, 小林義典: 主咀嚼側時と非主咀嚼側時との間の機能的差異—グミゼリ—咀嚼時の運動機能, 咀嚼筋活動, ならびに咀嚼能率—. 日咀嚼会誌, 9 : 57-64, 2000.
- 15) 坂口 究, 横山正起, 渡邊篤士, 阿部賢一, 岩下隼人, 浦田健太郎, 熊崎洋平, 河野稔広, 小針啓司, 玉置潤一郎, 福井雄介, 藤下あゆみ, 宮城光志, 志賀 博: 習慣性咀嚼側が咀嚼機能に及ぼす影響. 顎機能誌, 18 : 152-160, 2012.
- 16) 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.
- 17) 加藤信次: 顎関節機能障害患者の切歯点における咀嚼運動について, 歯科医学, 41 : 117-146, 1978.

Influence of the grounding the foot bottom on masticatory movement

Akimasa SHINYA, Zyunya SUZUKI, Toru SATO, Mamoru YOTSUYA
Teruyoshi KOSHIHARA, Taku KOYAMA, Yuhei KANDA, Ryuichi HISANAGA

Department of Fixed Prosthodontics, Tokyo Dental College

Key words : *masticatory movement, head posture, chewing rhythms*

The purpose of the present study was to examine the influence of the grounding the foot bottom during sitting on masticatory movement and the relationship between masticatory movement and sitting posture.

The study involved 5 healthy dentulous individuals. While sitting upright, each subject chewed gum as a test food. The device used for the measurement was an optoelectronic jaw-tracking system with six degrees of freedom. The horizontal plane perpendicular to the direction of gravitational force served as a reference plane. The Frankfort horizontal plane and occlusal plane were selected as measurement planes. An analysis of masticatory performance, the measurement plane angle, and the changes in head and mandibular movement and chewing rhythm during masticatory movement was conducted.

During the suspended phase of masticatory movement, the coefficients of variation of chewing rhythm recorded while the subjects were sitting with and without the grounding the foot bottom differed significantly. This suggested that posture stability influences the stability of chewing rhythm during masticatory movement.

(*The Shikwa Gakuho*, 116 : 187-192, 2016)