

原 著

咬合と歩行運動との関連に関する研究
—義歯使用者における歩行運動の三次元的解析—山 本 寛 明¹⁾ 渡 邊 諒¹⁾ 廣 田 翔¹⁾
山 本 英 弘²⁾ 岩 堀 正 俊¹⁾ 都 尾 元 宣¹⁾A study of relationship on occlusion and walking
-Three-dimension analysis on walking about geriatrics wearing removable denture-YAMAMOTO HIROAKI¹⁾, WATANABE RYO¹⁾, HIROTA SHO¹⁾, YAMAMOTO HIDEHIRO²⁾,
IWAHORI MASATOSHI¹⁾, MIYAO MOTONOBU¹⁾

近年、口腔機能と全身運動の関連が重要視されている。特に咬合状態の変化は身体機能に影響することがいわれており、姿勢制御機構や身体平衡機能にも関与することが研究されている。本研究では、義歯を使用している高齢者に対して、三次元運動解析システムを用いることで咬合状態の変化が身体運動機能にどのような影響を与えるかを検討した。

9名の本学学生・職員（対照群）と、9名の義歯を使用している高齢者（実験群）を対象に実験を行った。高齢者は義歯により臼歯部の咬合が確立されている者で、eichner の B2 以上の欠損領域をもつ者とした。身体上に運動追跡用マーカーを貼付し、三次元運動解析システムを使用して歩行運動中におけるマーカーの変位速度を計測した。計測したマーカー変位速度を被験者の歩行速度とし、開口時と咬合時とで歩行速度を比較、検討した。統計処理は一元配置分散分析を行った後に paired-t test を用いた。

対照群では、咬合時に歩行速度の上昇が認められたが、実験群では歩行速度は減少した。

三次元運動解析システムを用いることで歩行運動の解析が可能であり、咬合状態の変化は歩行運動に影響を及ぼすことが示唆された。

キーワード：咬合、全身運動、歩行、高齢者、運動解析

The purpose of this study was to evaluate the influence of the change of occlusal condition on gross movement and walking speed.

The research subjects in this study were consisted of 9 students, member of the faculty (Control), and 9 elderly people wearing removable denture (Test group).

About test group (9 geriatrics), their occlusal condition was Eichner B2 classified or bigger than it, wearing removable denture on a daily basis.

In analysis, 4 points of marking tool were set on the research subjects for motion tracking during walking. Walking speed and gross movement were measured with two or three dimension video motion tracking system, and examined effect of occlusion on walking by comparing with mouse opening position, and mouse biting position. Statistical processing went on paired-t-test.

In biting occlusal condition, walking speed increased in control, but decreased in test group.

This result suggested that

¹⁾ 朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科補綴学分野

²⁾ 朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科
〒501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851

¹⁾ Department of Prosthodontics (Removable partial Denture) Division
of Oral Functional Sciences and Rehabilitation Asahi University

School of Dentistry

²⁾ Department of Health and Sport Sciences School of Health Sciences
Asahi University

Hozumi 1851, Mizuho, Gifu, 501-0296, Japan
(平成 31 年 2 月 8 日受理)

Three dimension analysis system was useful about analysis gross movement, and change of occlusal condition (biting, not biting) influenced gross movement.

Key words : occlusion, gross movement, walking, geriatrics, movement analysis

緒 言

顎口腔系の異常や状態変化は、顎口腔系のみならず全身や姿勢制御機構にも影響する可能性について多く報告がなされており¹⁻³⁾、口腔と全身との関連が重視されていて、超高齢社会における補綴治療の必要性にも影響すると考えられている^{4,5)}。また現在、日本のみならず各国においても高齢化が問題となっている。国内での交通事故における死者数は65歳以上が約半数を占め、特に歩行中の事故が最も多いとされており⁶⁾、このことは、高齢者の感覚や運動機能、注意力の低下が大きな原因と考えられる。なかでも、姿勢が悪く安定した歩行状態が得られないことによる転倒が、負傷や事故に大きく関与することは想像に難くない。ヒトは直立姿勢を維持する際、足の裏の狭い支持面と比較的重い頭蓋(約5kgとされている)が脊柱の最上部に位置し、可動性の高い関節により位置関係を保っているため頭蓋の位置による影響を受けやすい⁷⁾。このような姿勢の維持は、骨格筋の抗重力的緊張により四肢、体幹の関節を固定することで行っている。また、顎関節は咀嚼筋群と密接に関連していることから、咀嚼筋の緊張が平衡感覚や筋活動において大きな影響を与えるといわれている⁸⁾。特に、噛みしめた状態においては胸鎖乳突筋、僧帽筋をはじめとする骨格筋の緊張が生じる。伸筋・屈筋が共縮して非相反性に筋活動を亢進させ関節を固定するのに有利に働き姿勢維持に貢献するといわれている^{8,9)}。また、咬合状態の変化が重心動揺に影響を及ぼし、スプリントなどでの咬合状態の変化により重心動揺に変化がみられると報告されており¹⁰⁾、当教室の山本ら¹⁰⁾、澤田ら¹¹⁾は、咬合が全身に及ぼす影響について、重心動揺に関する報告をしている。これらから、咬合が全身の姿勢制御機構に影響を与えることは明らかである。重心動揺については高齢者を対象とした報告¹²⁻¹⁴⁾や、義歯による影響についての報告^{15,16)}もみられるが、高齢者の歩行について報告されているものの多くは、介護施設や病院等におけるリハビリテーションやトレーニングから得られたものである^{17,18)}。日常生活の基本運動である歩行と咬合に焦点をあてた報告は少なく、義歯による咬合が高齢者の歩行運動に及ぼす影響についての報告¹⁹⁻²¹⁾は少ない。高齢者に起こりうる疾病等で注目されているものとして、サルコペ

ニア、ロコモティブシンドロームおよびフレイル等が挙げられる。サルコペニアはRosenberg²²⁾によって提唱され、抗重力筋の筋肉量が低下することで生じ、老年症候群のひとつとして知られる。ロコモティブシンドロームも同じく筋肉量の低下により継発する²³⁾。また、フレイルは虚弱を表す用語からなるものであり、これらは全身運動の機能の低下を引き起こし、寝たきり状態への起因となりうる因子である²⁴⁾。高齢者が歯の欠損により咬合支持を失い、咬合が困難になることで咀嚼筋の緊張が低下すると、顎関節を通じて起こる全身の骨格筋・抗重力筋の筋力低下が生じ、姿勢保持の低下やそれによる運動機能の低下が生じることが予想される。また、高齢者にとって転倒は小さなつまずきでも負傷を負い、骨折や入院等が生じると容易に寝たきりに発展する。上野ら²⁵⁾は、咬合支持域が確保されている者の転倒事故リスクは低くなる可能性を報告している。咬合による下顎の安定が、姿勢維持や骨格筋・抗重力筋の筋力や運動能力の低下を抑制して転倒などを防ぎ、サルコペニア、ロコモティブシンドロームなどの発症を防ぐ要素として検討することが本実験を行う意義である。本研究では、三次元運動解析システムを用いることによる歩行運動の解析と、咬合や義歯の使用による咬合の変化が歩行運動にどのような影響を及ぼすのか検討する目的で実験を行った。

方 法

1. 被験者

対照群として、顎口腔系に自覚的・他覚的な症状を訴えていない本学学生・職員で、歯の欠損のない男性9名(平均年齢23.5 ± 3.2歳)を選択した。実験群として、義歯を使用している65歳以上の高齢者で、全身機能は日常生活に支障がなく、自立歩行が可能であり、使用している義歯に関しては半年以上の期間、異常を訴えていない本学附属病院通院患者9名(平均年齢76.4 ± 4.0歳、男女比8:1)を選択した。欠損状態としては、Eichnerの分類におけるB2以上の欠損領域を持ち、かつ義歯によって臼歯部の咬合支持域が確立されているものとした(表1)。実験群の自立歩行の状態に関しては、室内での歩行運動を確認し、つまずきや大きなバランスの崩れなどが生じる可能性がない者を選別した。また、被験者はすべて階段の昇降が

可能であり、歩行時に杖を使用していない者とした。なお、本実験は朝日大学歯学部倫理委員会の承認（承認番号 25157 号）を受けている。

表 1. 被験者の年齢・性別・欠損部位（実験群）

被験者	年齢	性別	欠損部位	被験者	年齢	性別	欠損部位
1	81	男性	7-7 76 567	6	80	男性	7-7 7-4 2+2 7
2	75	男性	7-7 7-4 456	7	78	男性	7-7 76 67
3	75	男性	2 7-42 1 1 4-7	8	70	男性	76 3+3 67 7-7
4	71	男性	7-7 76 2-7	9	80	女性	76 67 7-7
5	79	男性	7-4 4-7 7-4 2+2 4-7				

2. 実験環境

実験環境として、日光や騒音、風の影響が可及的に少ない本学施設内の一室で、約 10 歩の歩行運動が十分に可能な場所を選択した。キャリブレーション範囲として、通常成人男性が約 10 歩の歩行運動に必要な距離を考慮し横幅 x:90cm, 奥行 y:630cm, 高さ z:240cm の範囲を設定した (図 1-2)。本実験に至るまでに、成人男性に対して異なる咬合状態で 30m の目隠し歩行を行わせ、咬合が歩行運動に与える影響を検討したところ²⁶⁾、歩行開始から約 10 歩程度で変化が生じた。その後、最終的に偏向した方向に直進する傾向がみられ、歩行運動は最初の約 10 歩以降は咬合状態よりも心理的な影響や空間に対する影響が大きいことが推察されたため、最初の約 10 歩を歩行距離の目安とした。計測期間については、歩行開始時には脚支持力に逆応答や床反力作用点に逆変動とよばれる現象が歩行運動に生じる特性がある²⁷⁾とされており、歩行目標付近は歩行速度や歩幅を無意識に調節してしまう可能性があるため、歩行開始直後と歩行目標付近の歩行期間を除いた区域である 4 歩から 8 歩までを解析の対象とした。

3. 実験機材

歩行運動の撮影には、ハイスピード撮影が可能なビデオカメラ (EX-FH20, CASIO 社, 東京) を 2 台使用した。各カメラ間の距離は約 160cm に設定し、サンプリング周波数は 640 × 480, 30fps とした。撮影した動画の変換には、ビデオ編集ソフト (EDIOS, Glass Valley 社, 神戸) を使用した。

試技の解析には二次元 / 三次元ビデオ動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH 社, 東京) を使用した。被験者の動きの追跡には φ 20mm 反射マーカ (DKH 社, 東京) を使用した。被験者に貼付した反射マー

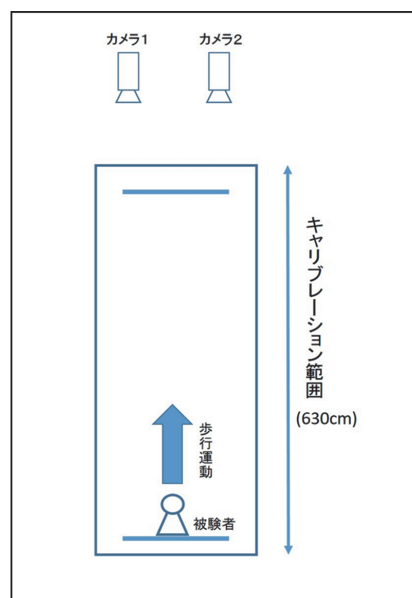


図 1. 実験環境におけるキャリブレーション範囲とカメラ位置

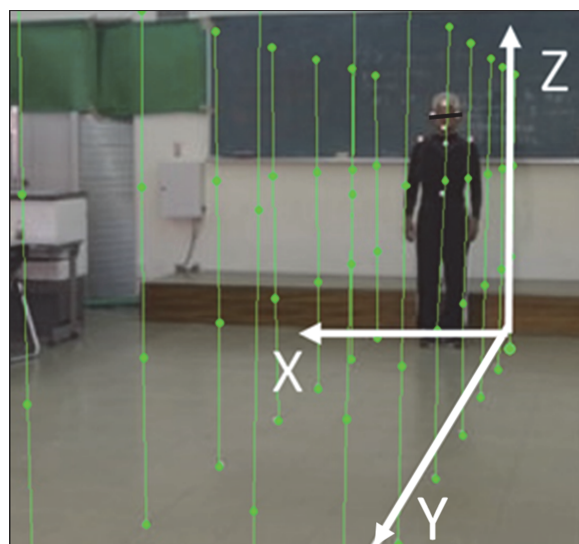


図 2. 実験環境におけるキャリブレーション範囲

カーには再帰性反射フィルムが使用されており、光を感知することでそれを反射する。撮影された動画内でのマーカ位置を Frame-DIAS 画面上にて明暗差で判別しており、画面内でのマーカ位置の座標を追跡して DLT (Direct Linear Transformation) 法によって画面座標から三次元換算する。本実験で使用する Frame-DIAS の機構である DLT 法はビデオ画像による三次元動作解析に対して用いられる方法であり、スポーツの動作を記録して解析するには三次元 DLT 法が最も適しているとされている²⁸⁾。また、DLT 法はカメラの設置位置や光軸の方向についての制約が少ないため、屋内での運動の解析に適していると考えられ

る。Frame-DIASは歩行運動の解析をDLT法で行うため、本実験における解析に有用な機構を有している。歩行運動の動的平衡機能検査には、Frame-DIASのようなビデオ動画を用いる手法のほかに圧力センサーを用いて歩行時の地面への圧力・重心分布を解析する手法¹⁹⁾もみられるが、本実験では三次元での動作解析を目的とし、解析機材はFrame-DIASのみを使用した。なお、2台のカメラによる試技の同期には、全周囲光呈示器(DKH社、東京)を使用した。

4. 歩行運動の撮影

被験者には、撮影開始前に5分程度の休息をとらせ、実験内容の説明を行った。実験内容について十分な理解を得たことを確認した後、着衣状態で被験者の身体上の4箇所(A:額中央部、B:オトガイ部、C:胸骨柄中央部、D:臍部)に反射マーカを貼付し(図3)、10m先の歩行目標に対する歩行運動を撮影した。歩行運動開始時には視線を歩行目標である10m先に向ける様指示した。

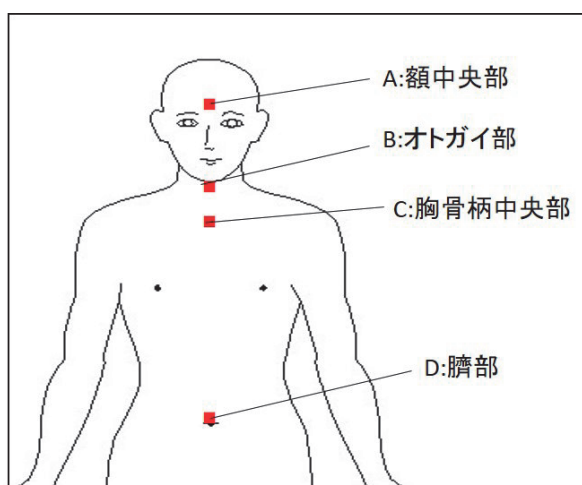


図3. 被験者の身体上に貼付した反射マーカ部位

5. 咬合状態

歩行時の咬合状態としては、対照群では1.意識して咬合した状態(以下、咬合時)、2.軽く開口した状態(以下、開口時)の2条件とした。実験群では1.義歯を装着して意識して咬合した状態(以下、咬合時)、2.義歯を装着せずに軽く開口した状態(以下、開口時)の2条件とした。

6. 計測項目

対照群、実験群ともに歩数を計測し、反射マーカの変位速度を被験者の歩行速度として計測した。それぞれ3回撮影を行い、計測して得られた歩行速度の平

均値を、開口時と咬合時を群内で比較・検討した。なお、歩行開始と歩行終了時の不安定な期間を排除し、歩行期間の内4歩から8歩までを解析対象とした。統計処理は一元配置分散分析を行った後にpaired-*t* testを用いた。また、被験者の頭部と体部が歩行運動中にどの程度傾き、変位が生じているかを検討した。計測方法は、まずFrame-DIAS内にて床面に垂直な線(Z軸)を設定し、次に点Aと点Bを結んだ直線(線AB)と点Cと点Dを結んだ直線(線CD)を設定した(図4)。解析システムには平面に投影させた線分と対象軸とのなす角度を算出し利用する方法もあるが、本実験では3D運動解析の成分により、3次元空間で2つのベクトル(線分)がなす角度を算出している。算出した角度は、歩行運動中における線ABとZ軸のなす角度(以下、 $\angle H$:Z軸と頭部のなす角度)と、線CDとZ軸のなす角度(以下、 $\angle B$:Z軸と体部のなす角度)の2種類を設定し計測した。

$\angle H$ の値を歩行運動中における頭部の変位とし、 $\angle B$ の値を歩行運動中における体部の変位とした。

結 果

開口時での歩行運動中における各マーカの変位速度を計測したところ、対照群の各マーカの平均値は154.5cm/secであった。歩数は最も多かった者では11歩、最も少なかった者では9歩、平均10歩であった。実験群では、各マーカの変位速度の平均値は141.47cm/secであった。歩数は、最も多かった者では14歩、最も少なかった者では10歩、平均11歩であった。実験群と対照群の間では歩数に有意な差は認められなかった。貼付したマーカのうち、額中央部以外のマーカは衣類もしくは可動部付近に貼付されているため着衣の影響が推察される場合もあるが、皮膚に直接貼付したことで衣類や可動部位の影響を受けない額中央部のマーカにおいて開口時と咬合時を比較すると、対照群では開口時と比較して咬合時の方がマーカ変位速度の平均値は有意な上昇が認められた(*p*値:0.0066, 図5)。対照群では、額中央部マーカの開口時における歩行速度の平均値は158.9cm/sec, SD:18.6であり、咬合時では154.1cm/sec, SD:18.9であった。実験群では開口時に比較して咬合時の方がマーカ変位速度の有意な減少が認められた(*p*値: 8.23×10^{-9} , 図6)。実験群では、額中央部マーカの開口時における歩行速度の平均値は139.6cm/sec, SD:14.7であり、咬合時では133.4cm/sec, SD:13.9であった。

頭部と体部の変位では、対照群、実験群共に、開口



歩行開始前・直立時

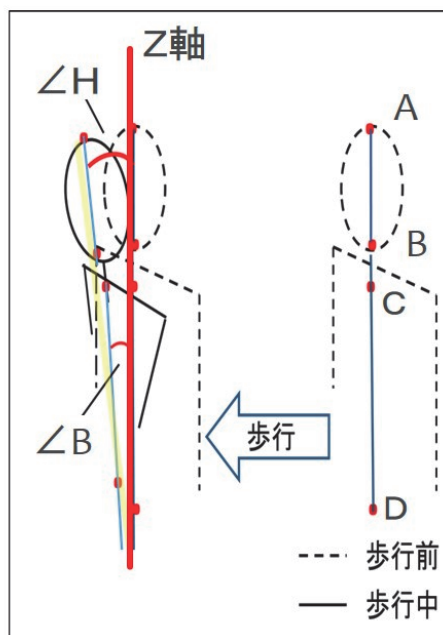
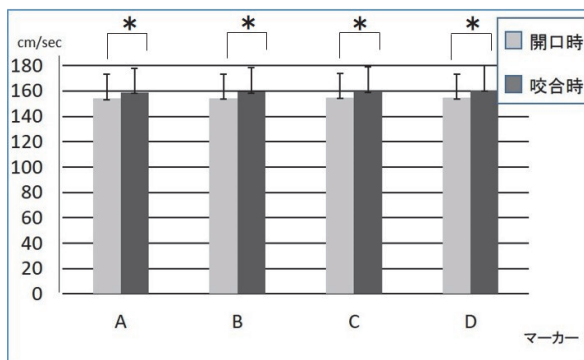


図4. 解析において設定した線 AB・線 CD (左図).

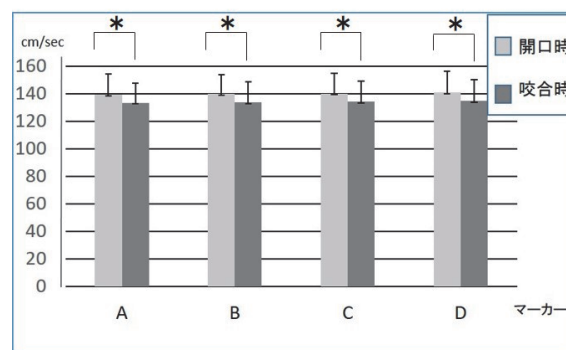
歩行運動中において、3次元空間で2つのベクトル(線分)がなす角度を算出した。

歩行運動中において線 AB と Z 軸となす角を $\angle H$, 線 CD と Z 軸となす角を $\angle B$ と称し (右図), それぞれ $\angle H$ は頭部の変位, $\angle B$ は体部の変位を表す。



* p<0.05

図5. 開口時と咬合時におけるマーカー変位速度 (対照群) 縦軸が歩行速度 (cm/sec), 横軸が反射マーカーを表す。



* p<0.05

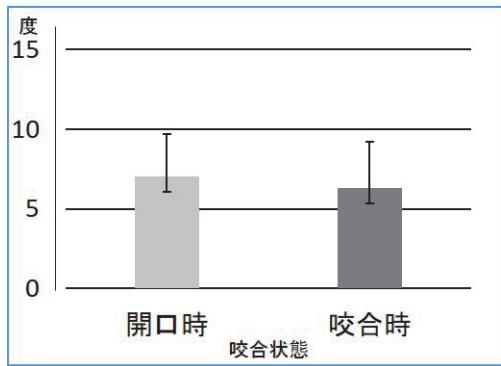
図6. 開口時と咬合時におけるマーカー変位速度 (実験群) 縦軸が歩行速度 (cm/sec), 横軸が反射マーカーを表す。

時と比較して咬合時の方が $\angle H$ と $\angle B$ は減少する傾向がみられたが, 有意な差は認められなかった (図7-8).

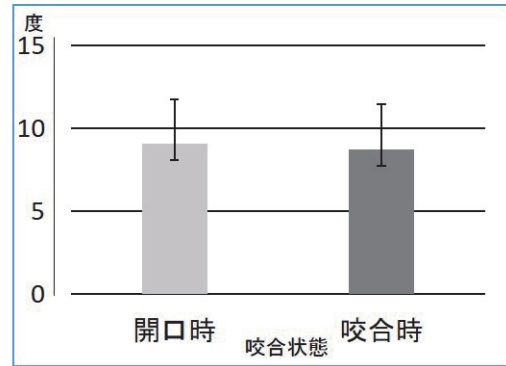
考 察

本実験で使用した三次元運動解析システムについて, 従来 Frame-DIAS は歩行運動の様な距離を必要

とする運動の解析を対象とせず, 定位置での運動の解析に用いられる. 本実験では歩行運動の解析のため 10m の距離を設定し, 運動の解析が可能であったことから, Frame-DIAS は定位置における運動のみならず広範囲な環境における運動でも解析が可能ということがわかった. 本実験により, 歩行運動は約 10m 程度のキャリブレーション範囲で解析可能であり, 機



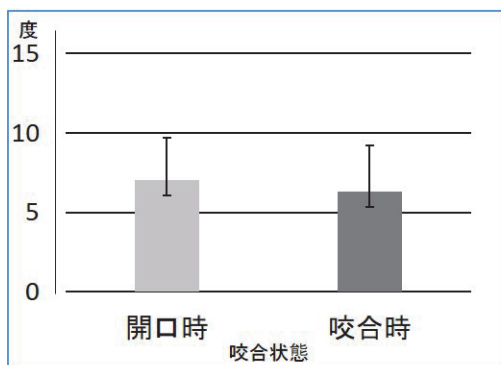
∠H



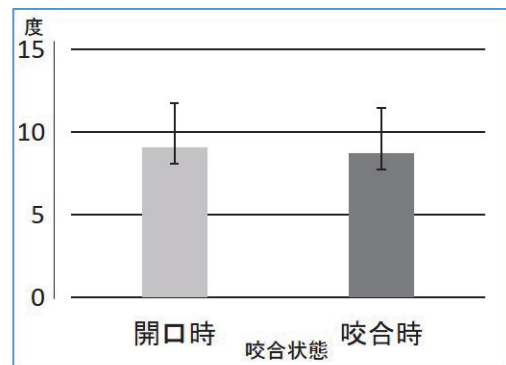
∠B

図7. 開口時と咬合時における頭部と体部の変位.

∠Hは歩行運動中におけるZ軸と線ABとのなす角度, ∠Bは歩行運動中におけるZ軸と線CDのなす角度を表す(対照群).



∠H



∠B

図8. 開口時と咬合時における頭部と体部の変位.

∠Hは歩行運動中におけるZ軸と線ABとのなす角度, ∠Bは歩行運動中におけるZ軸と線CDのなす角度を表す(実験群).

材を設置・運用の簡便さからFrame-DIASを用いた運動解析システムは、デイサービス内や特別養護老人ホームなどの介護施設居住者に対しても実験方法として有用性があることが示唆される。

本実験において、被験者数は9名でありサンプル数による結果への影響が懸念される場合もあるが、他の報告^{13, 15, 20)}による高齢者の歩行実験と被験者数が同様なことから、本実験のサンプル数においても統計処理について十分な配慮を行った。

本実験で三次元運動解析システムを用いた手法において歩行速度を解析したところ、対照群において開口時と咬合時の歩行速度を比較すると、歩数の変化はほぼ無いにもかかわらず、咬合時の歩行速度は増加していた。このことから、一步一步の移動速度は咬合時に上昇したことが推察される。咬合による筋緊張と素早い動きの関連を推察すると、咬合することで体幹の筋

が励起され、全身の抗重力筋に安定した動きを与え、その結果、歩行速度が増加したと考えられる²⁹⁾。阿部ら³⁰⁾は、歩行時および立位時の身体重心加速度動揺量は、高齢者では若年者と比較して有意に大きかったと報告しており、加齢によって運動機能の低下が生じることを示唆している。

実験群において、開口時と咬合時を比較すると歩数の変化はほぼ無いにもかかわらず、咬合時の歩行速度は減少していた。有歯顎者と同様に推察するならば、実験群においても咬合時に歩行速度は増加するものであると考えられるが、咬合することで動きが遅くなったことは、動きが速くなった場合と同じく咬合によって頸部筋肉の緊張が生じ、その結果、体幹の機能に作用したことによる可能性が考えられる。歩行運動は身体重心が移動しながら行われており、バランスの消失と回復の繰り返しと定義される³¹⁾。歩行運動はバラ

ンスを崩しながら行うものであり、特に前方への重心移動が必要である。歩行運動中における $\angle H$ と $\angle B$ の変化は、咬合時における身体の姿勢の変化を反映している。咬合することが体幹機能に作用し、重心の移動速度を増加させるための前方へのバランス消失が軽減され、今回の実験では実験群では移動速度よりも体幹のバランス安定に働き、その結果、歩行速度が減少したと考えられる。正しい姿勢は、直立時において、頭部と体部が直線状となる状態と定義されている³²⁾が、本研究では両群ともに咬合時では開口時よりも歩行中におけるZ軸に対する頭部と体部の角度の減少傾向が認められ、咬合時での歩行運動中の姿勢は直立姿勢、すなわち正しい姿勢に近づいたことが考えられる。

渡辺²⁰⁾は、無歯顎者が全部床義歯を装着することによって歩行速度が上昇したと報告している。本実験では、被験群では歩行速度は咬合時に減少が生じたが、この報告と差異が生じた原因を推察すると、被験者の年齢や運動状態、生活環境、心理状態、欠損状態の差異や、実験環境、実験方法など、様々な要素が異なるためであることが考えられる。歩行運動にとって、歩行目標までの距離や実験環境の広さなどは特に影響が大きく、視覚的な影響や心理的な影響に左右されやすい³³⁾。本実験では、10歩以降は心理的影響が大きく関与することを念頭に置き、心理的影響を排除した上での咬合と歩行運動との関連を解析することが目的であったため、実験環境と歩行運動の関連も示唆される。

高齢者における歩行運動の緩慢化は認知症との関連を示唆する報告³⁴⁾もみられるため、上半身のみならず足先や膝などの下半身の動きに視点を向けた解析や、被験者の認知機能と運動機能の関連を調査していくことが今後の検討課題といえる。

結 論

本実験において以下の結論を得た。

三次元運動解析システムを用いることで成人・高齢者の歩行運動解析が可能であり、義歯・天然歯ともに咬合の変化は、歩行運動、歩行速度に影響を及ぼすことがわかった。

文 献

- 1) 石上恵一. 顎口腔系の状態変化が静的・動的バランスへ及ぼす影響. *スポーツ歯学*. 2009; 13: 1-5.
- 2) 石上恵一, 大木十三. 咬合と重心動揺. *スポーツ医学*. 1992; 11: 360-364.
- 3) 王丸寛美, 鱒見進一, 有田正博, 尾座本まゆみ. 顎口腔系の状態および全身状態が重心動揺に及ぼす影響. *九州歯会誌*. 2002; 56: 141-146.

- 4) Okuyama N, Yamaga T, Yoshihara A, Nohno K, Yoshitake Y, Kimura Y, Shimada M, Nakagawa N, Nishimura M, Ohashi M and Miyazaki H. Influence of dental occlusion on physical fitness decline in a healthy Japanese elderly population. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011; 52: 172-176.
- 5) Morozumi K, Yamamoto I, Fujiwara T, Nishiya T, Takeuchi Y, Umeki C, Ichikawa T and Karasuno H. Effect of dentures wearing on motor reaction time and balance function in elderly people. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 2004; 23: 129-137.
- 6) 警視庁交通局交通企画課: 交通事故統計, (平成27年度10月末).
- 7) 奥園達也. ベクトル動揺図の開発と人・人体動揺解析の研究, *耳鼻臨床*. 1983; 76: 2565-2580.
- 8) 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 - 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 -. *補綴誌*. 1990; 34: 631-645.
- 9) 河野正司, 吉田恵一, 小林 博, 三浦宏之. 咬合機能時にみられる胸鎖乳突筋の活動様相. *補綴誌*. 1987; 31: 764-769.
- 10) 山本賢彦, 都尾元宣, 岸井次郎, 山内六男, 長澤 亨. 咬合接触状態と重心動揺. *岐歯誌*. 2005; 32: 1-15.
- 11) 澤田季子, 渡邊一弘, 眞岡知史, 上松信助, 今津英文, 吉川榮博, 苦瓜明彦, 都尾元宣. 剣道選手の咬合状態と重心動揺. *スポーツ歯学*. 2010; 14: 22-28.
- 12) 時田 喬, 宮田英雄, 水田啓介, 正木道熹, 加藤史門. 高齢者の重心動揺 - ピーク面積 - 周波数スペクトルによる検討. *Equilibrium Research*. 2015; 74: 174-183.
- 13) 前田芳信, 柴村 勲, 中村公一, 西田 圭, 野首孝嗣. 高齢者における咬合支持が全身の平衡調節機能に与える影響ならびに動的条件下での検討. *補綴誌*. 1995; 39: 900-905.
- 14) 石上恵一, 島田 淳, 宮田敏則, 梅津徳弘, 武田友季, 大木十三. 顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究 - 有床義歯装着患者における義歯装着の有無が姿勢, 特に重心動揺軌跡に及ぼす影響 -. *姿勢研究*. 1990; 10: 135-142.
- 15) 丸谷美和, 清水公夫, 大沼智之. 義歯装着および咬合位の変化が無歯顎者の重心動揺に及ぼす影響について. *補綴誌*. 2000; 44: 781-785.
- 16) 宮澤 慶. 局部床義歯装着患者の咬合状態と身体動揺の関連について. *スポーツ歯学*. 2009; 13: 16-22.
- 17) Sakita M, Murakami S, Saito T and Kumagami S. Falls and fall prevention in elderly people summary of recent reviews. *ヘルスプロモーション理療研*. 2015; 4: 161-169.
- 18) Yoshida M, Morikawa H, Kanehisa Y, Zhao Yan, Taji T and Akagawa Y. Relationship between dental occlusion and falls among the elderly with dementia. *Prosthodont Res*. 2006; 5: 52-56.
- 19) 三栖翔吾, 浅井 剛, 土井剛彦, 堤本広大, 澤 龍一,

- 平田総一郎, 小野 玲. 高齢者における歩行速度を遅くした際の歩行のばらつきの変化と身体機能との関連性の検討. *運動器リハビリテーション*. 2015; 26: 47-54.
- 20) 渡辺一騎. 全部床義歯の装着が無歯顎者の身体平衡に及ぼす影響. *口病誌*. 1999; 66: 8-13.
- 21) Okubo M, Fujinami Y, Minakami S. The effect of completed dentures on body balance during standing and walking in elderly people. *J Prosthodont Res*. 2010; 54: 42-47.
- 22) Rosenberg, I, H. Origins and clinical relevance. *J Nutr*. 1997; 127: 9905-9915.
- 23) 川口 浩. ロコモティブシンドローム. *日老医誌*. 2014; 51: 123-125.
- 24) 帖佐悦男. ロコモティブシンドローム. 運動器疾患を取り囲む新たな概念 - ロコモ予防とリハビリテーション -. *Jpn J Rehabil Med*. 2013; 50: 48-54.
- 25) 上野俊明, 高橋敏幸, 藤野祥子, Sharika SHARIN, 石上貴之, 佐藤 亮, 佐々木幸生, 近藤剛史, 斎藤 整, 磯山永次郎, 下山和弘. 咬合状態と転倒事故経験の関連性に関する調査研究. *スポーツ歯学*. 2011; 15: 6-11.
- 26) 山本寛明, 砂治よう子, 苦瓜明彦, 大橋たみえ, 岩堀正俊, 都尾元宣. 咬合状態が歩行に及ぼす影響. *岐歯学誌*. 2016; 43: 1: 1-10.
- 27) 山下 忠, 石田敦夫, 栗栖与文, ほか. 歩行開始時の動的特性の解析. *バイオメカニズム*. 1978; 4: 186-192.
- 28) 北川 薫. 健康・スポーツ科学テキスト機能解剖・バイオメカニクス. 1 版. 東京. 文光堂. 2011; 19-22.
- 29) 月村直樹, 武田友孝, 島田 淳, 大木十三, 中島一憲, 高山和比古, 石上恵一. 顎口腔系の状態と全身運動との関連に関する研究. *スポーツ歯誌*. 1998; 1: 6-23.
- 30) 阿部匡樹, 中澤公孝, 政二 慶, 赤居雅美. 歩行時および静止立位時における身体重心加速度動揺特性 - 加齢による影響 -. *日本臨床バイオメカニクス学会誌*. 2006; 27: 347-352.
- 31) D, A, Neumann. (嶋田智明, 有馬慶美 訳). *Kineology of the musculoskeletal system. Foundation for the rehabilitation 筋骨格系のキネオロジー*. 2 版. 東京. 医歯薬出版. 2012; 700-701.
- 32) 辻村尚子. 姿勢についての文献考察. *豊橋創造大学紀要*. 2009; 13: 81-88.
- 33) 政二 慶. 歩行と視覚. *バイオメカニクス研究*. 1999; 3: 300-307.
- 34) Roosso AL, Verghese J, Metti AL, Boudreau RM, Aizenstein HJ, Kritchevsky S, Harris T, Yaffe K, Satterfield S, Studenski S, Rosano C. Slowing gait risk for cognitive impairment: The Hippocampus as shared neural substrate. *Neurology*. 2017; 89(4): 336-342.