

義歯による咬合回復と歩行

わたなべ りょう

渡邊 諒

本論文の要旨は，第 201 回朝日大学大学院歯学研究科
発表会（2017 年 11 月 7 日，岐阜）において
発表した．また，本論文の一部は，第 28 回日本スポ
ーツ歯科医学会（2017 年 6 月 18 日，北海道）において
発表した．

緒 言

顎口腔系の異常や状態変化は，全身の姿勢制御機構に影響することが報告¹⁾され，咬合状態は全身における運動分野，特に重心動揺に影響を及ぼすといわれている^{2,3)}．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5 kg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く⁴⁾姿勢の維持・安定に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成立している．顎口腔系の構成要素の一つである顎関節は咀嚼筋群と密に関連していることから，咬合によって生じる咀嚼筋の緊張が，平衡機能や筋活動に影響する報告⁵⁾もなされている．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，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⁶⁾．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⁷⁾されている．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．

歯の欠損による咬合支持の喪失は、咬合が困難になり咀嚼筋の緊張が低下することで、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、姿勢保持能力の低下や運動機能の低下を惹起することが予想される。姿勢制御に関する重心動揺の報告には高齢者を対象としたもの⁸⁻¹⁰⁾もあるが、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^{11,12)}であり、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や義歯による咬合の回復が高齢者の歩行運動に及ぼす影響について報告されたもの^{13,14)}は多くない。

高齢者において運動機能が低下すると、歩行による転倒が懸念される。高齢者にとって転倒は小さなつまづきでも負傷し、骨折や入院等が生じると容易に寝たきりに発展し要介護状態へ移行しやすくなる。

これらの背景から、本研究では義歯による咬合支持に焦点を当て、高齢者と成人の歩行運動を解析比較し、義歯による咬合回復と歩行運動との関係について検討した。

方 法

1 . 被 験 者

被験者は、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、現在使用している義歯に関して異常を訴えていない本学附属病院通院患者10名（男女比6：4）に加え、特別養護老人ホームにて自立歩行可能な協力者6名（男女比2：4）合計16名（平均年齢81.6歳）を対象とし高齢者群とした。

咬合状態は、欠損範囲がEichnerの分類におけるB2よりも多数の欠損領域を認め、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）。

表 1 被験群における年齢，性別，Eichner の分類握力

被験者	年齢(歳)	性別	Eichner	握力(kg)
1	88	女性	B 4	11.5
2	92	女性	C 3	9.5
3	89	女性	C 3	< 5
4	85	女性	C 3	< 5
5	85	男性	B 4	16.8
6	92	男性	C 1	7.05
7	83	男性	B 4	23.3
8	81	男性	C 2	26.4
9	75	女性	B 3	20.3
10	92	男性	C 2	23.4
11	73	女性	B 3	15.3
12	67	女性	C 2	40.3
13	77	男性	C 2	39.3
14	76	女性	C 2	14.2
15	85	男性	C 3	24.7
16	65	男性	C 3	19.2

また，比較対照として，顎口腔系に自覚的・他覚的な症状を訴えておらず，歯の欠損を認めない（智歯を除く）本学学生・職員 26 名（平均年齢 23.5

歳，男女比 21：5) を選択した (対照群) .

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 28006 号) を受けている .

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屋内の一室で，歩行運動が十分に可能な場所を選択した . 測定範囲として横幅 0.9 m ，長さ 7 m のマットを用意し，マット上における被験者の歩行運動を動画で撮影した . キャリブレーション範囲として横幅を X 軸，奥行を Y 軸，高さを Z 軸と設定し，横幅 X:0.9 m ，奥行 Y:5.0 m ，高さ Z:1.8 m の範囲を設定し，それに対応した直線にひかれたマット上を被験者に歩行させた (図 1)

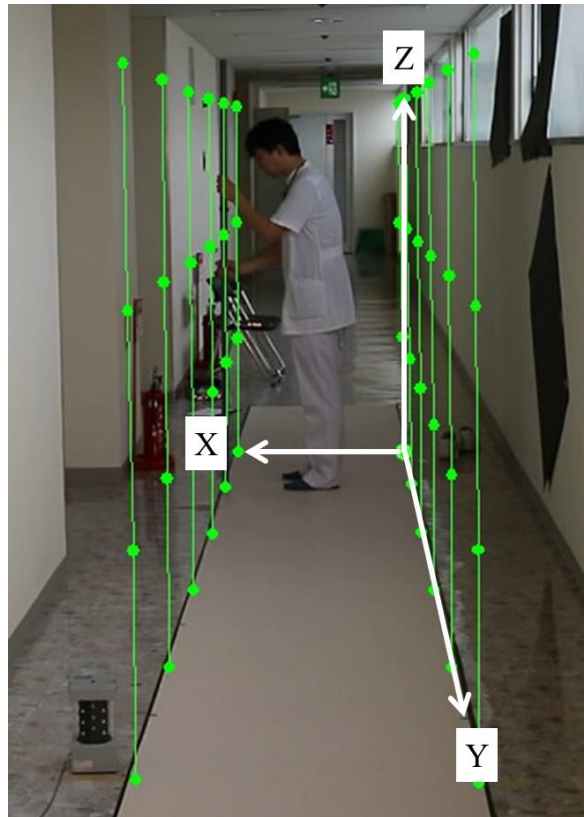


図 1 キャリブレーション範囲

横幅 $X:0.9\text{ m}$, 奥行 $Y:5.0\text{ m}$, 高さ $Z:1.8\text{ m}$ を計測範囲とした。

3. 実験機材

歩行運動の撮影には、デジタルカメラ EOS M3 (キヤノン社, 東京) を 2 台使用した。サンプリング周波数は 640×480 , 30 fps とした。撮影した動画の変換には、動画編集:ビデオ編集ソフトウェア EdIUS NEO ver3.5 (Grass Valley K.K, 兵庫) を使用した。

試技の解析には 2 次元 / 3 次元ビデオ動作解析システム (Frame-DIAS V, ディケイエイチ社, 東京) を使用した。被験者の動きの追跡には $\phi 20\text{ mm}$

反射マーカー(ディケイエイチ社, 東京)を使用した。2台のカメラによる試技の同期には, 全周囲光呈示器(ディケイエイチ社, 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。被験者の身体上の13箇所(A:額中央部, B:オトガイ部, C:右肩部, D:左肩部, E:腰中央部, F:右腰部, G:左腰部, H:右ひざ部, I:左ひざ部, J:右くるぶし部, K:左くるぶし部, L:右足先端部, M:左足先端部)に反射マーカーを貼付(図2)し, マット上を10m先の歩行目標に対する歩行運動を撮影した。

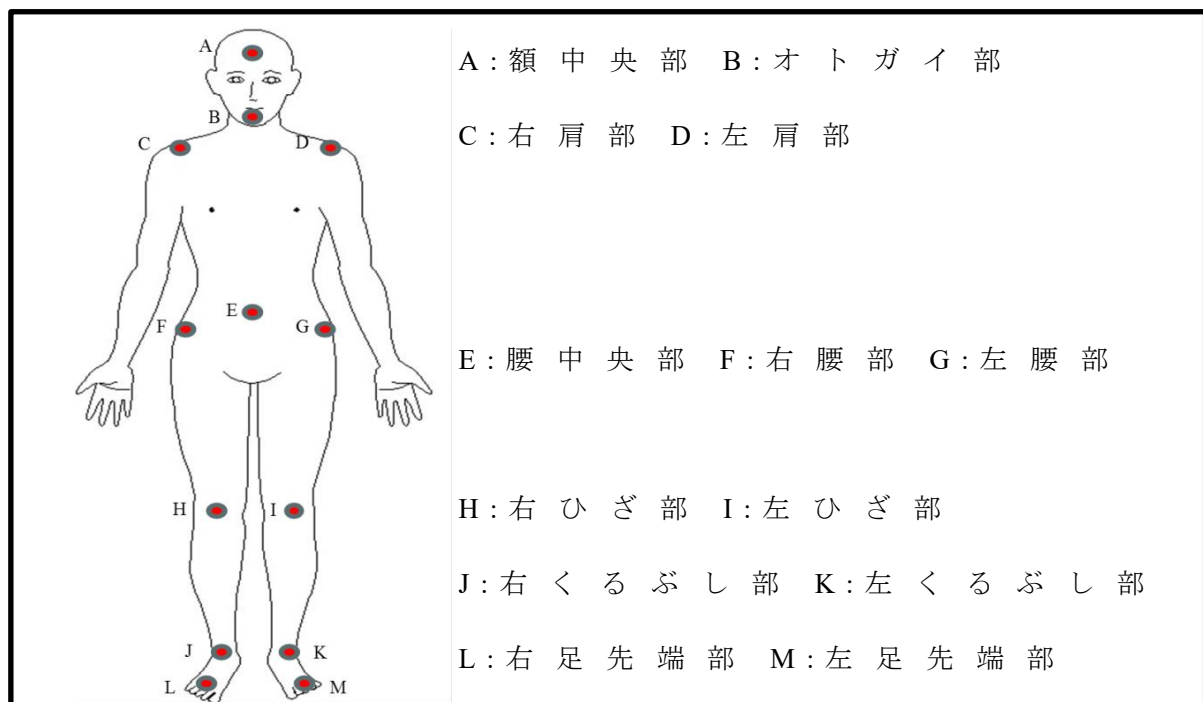


図2 被験者に貼付した反射マーカー(基準点)

5 . 咬合状態

歩行時の咬合状態としては，高齢者群では義歯を装着した状態（以下，装着時），義歯を未装着状態（以下，未装着時）の2通りとした．対照群では意識して咬合した状態（以下，咬合時），意識した開口した状態（以下，開口時）の2通りとした．

高齢者群は各3回以上，対照群は各1回の撮影を行い，各回に得られた数値の最大値，平均値を算出し検討した．

6 . 解析項目

歩行開始前に直立状態を指示し，直立状態を基準（図2）として，歩行中の各基準点の左方変位と右方変位の合計値を左右の変位の最大値，上方変位と下方変位の合計値を上下の変位の最大値，平均歩行速度を計測した．

さらに任意に基準線（図3）を設定し，歩行中のなす角度を解析可能な平面で計測した（表2）．

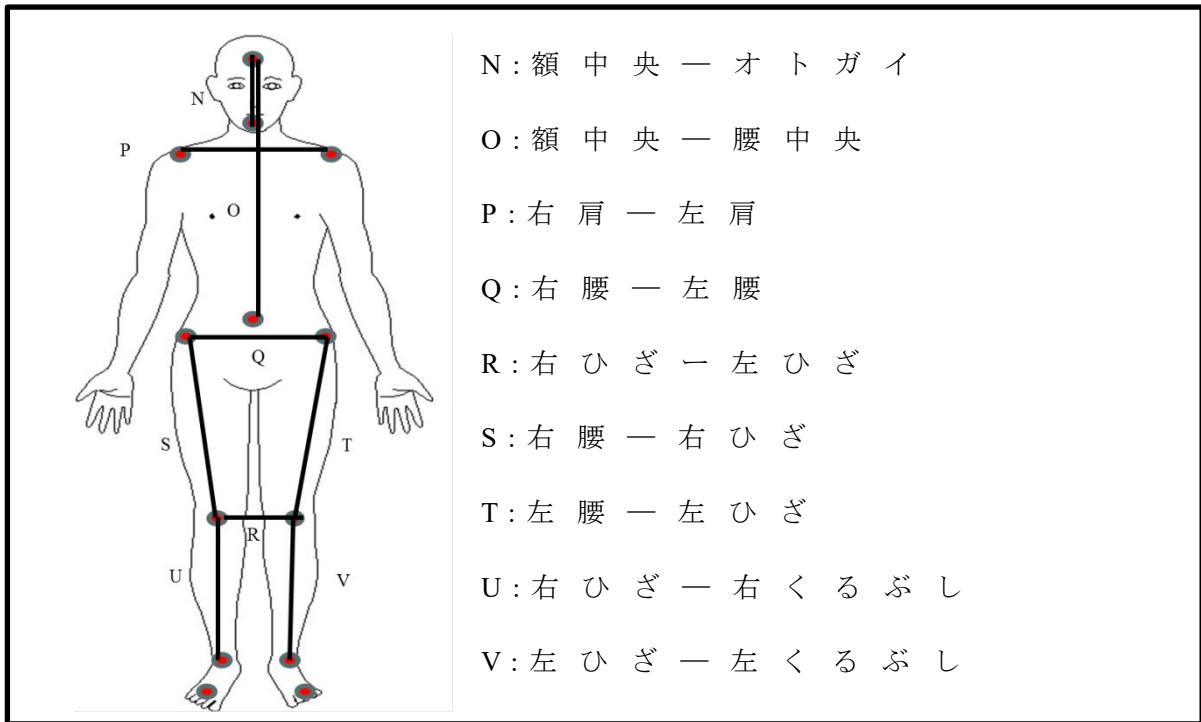


図 3 設定した基準線

表 2 解析項目

1	左右の変位	最大値
2	上下の変位	最大値
3	歩行速度	平均値
4	体軸方向(上方)からの角度	最大値
5	側方方向(側方)からの角度	最大値
6	矢状方向(正面)からの角度	最大値
7	合成角度	最大値

これらの項目について、高齢者群では義歯未装着時と装着時，対照群では開口時と咬合時で比較検討した。

統計処理ソフトは EZR(自治医科大学附属さいたま医療センター，埼玉)の paired t-test を用い，有意水準は 5% とし検定を行った。

結 果

1. 左右の変位の最大値

高齢者群における左右の変位の最大値を図4に示す。義歯未装着時と装着時の変位に有意差は認めなかったが、すべての基準点で減少する傾向を認めた。対照群における左右の変位の最大値を図5に示す。咬合時は開口時と比較して、オトガイ部、腰中央部、右腰部、左腰部、右足先端部で有意に減少した。

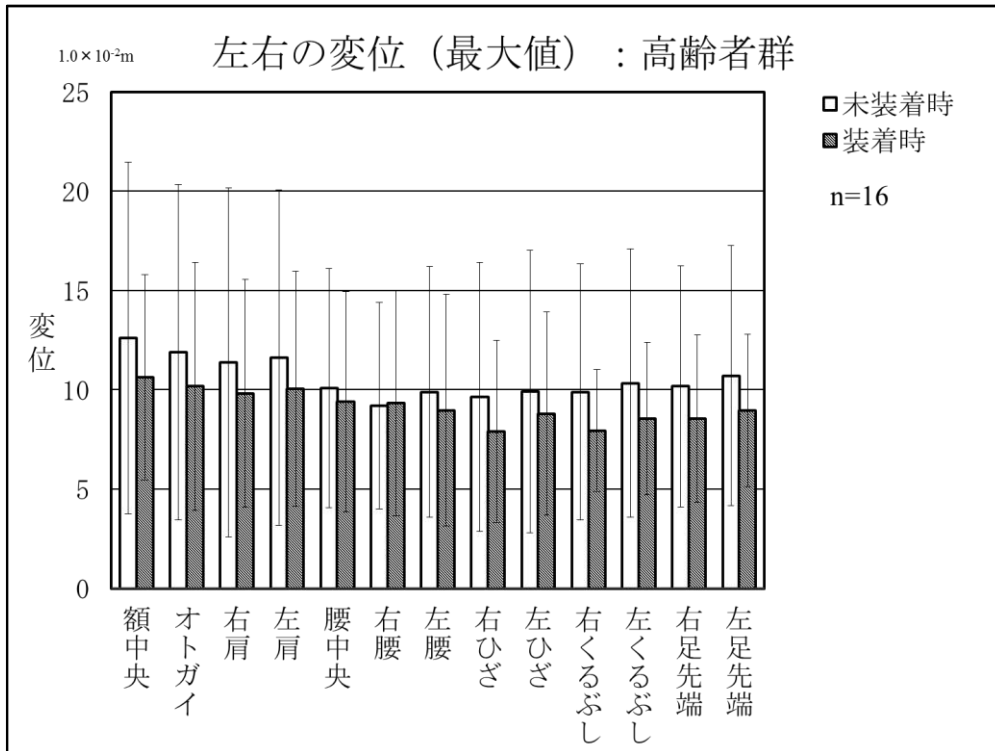


図 4 高齢者群における左右の変位の最大値

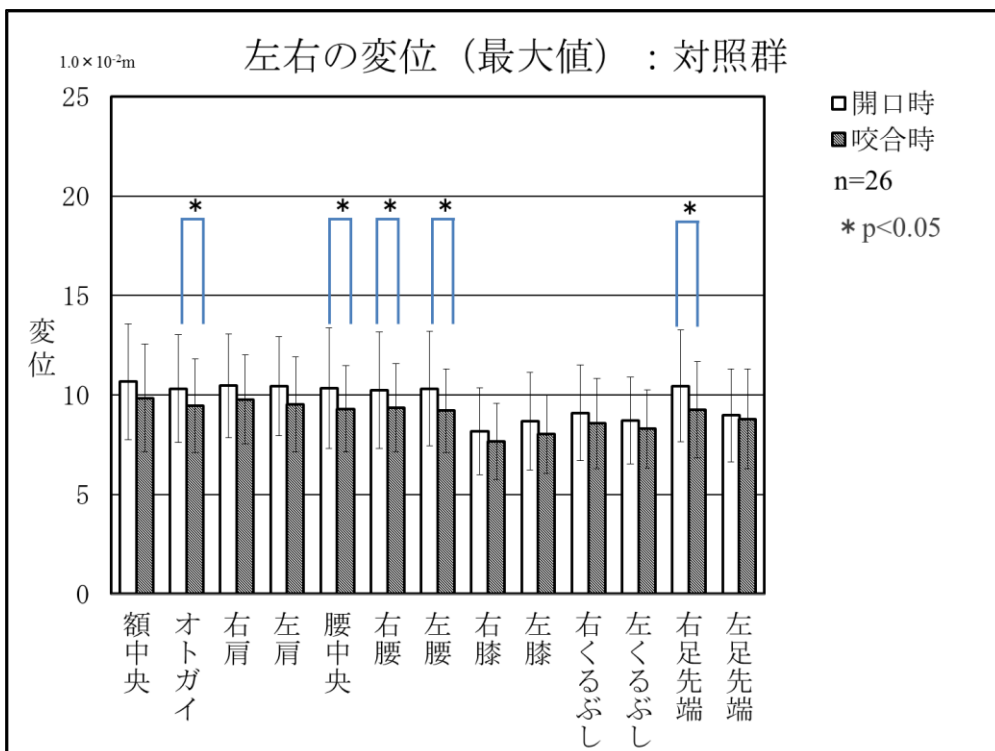


図 5 対照群における左右の変位の最大値

2. 上下の変位の最大値

高齢者群における上下の変位の最大値を図6に示す。義歯装着時は未装着時と比較して、左足先端部は有意に減少した。

対照群における上下の変位の最大値を図7に示す。咬合時は開口時と比較して右足先端部は有意に減少した。

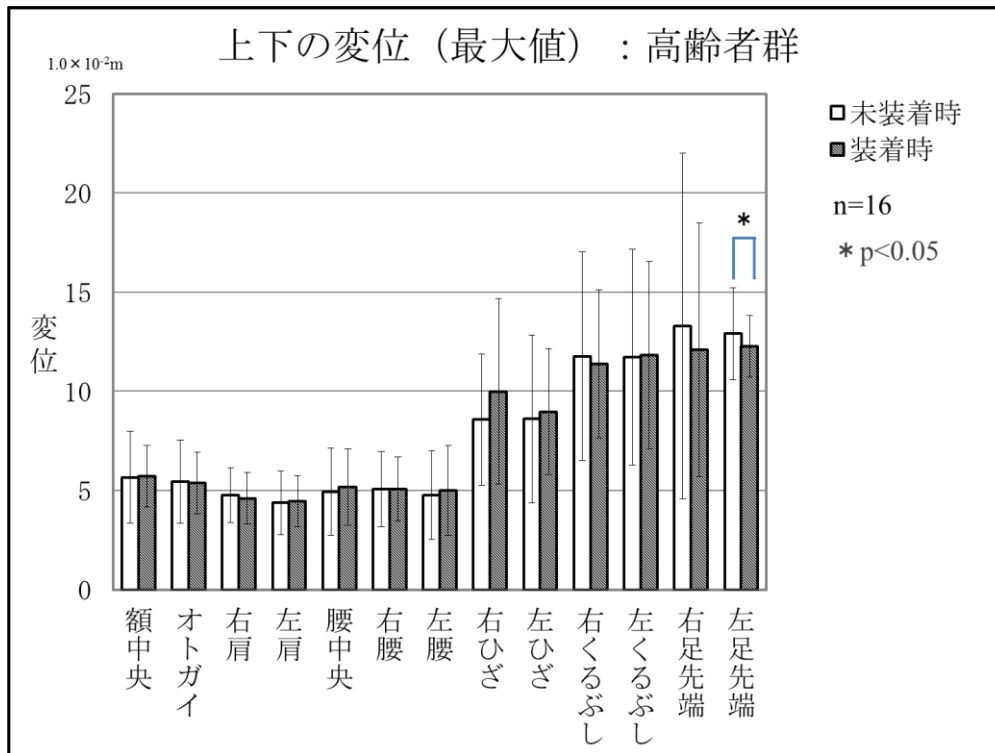


図 6 高齢者群における上下の変位の最大値

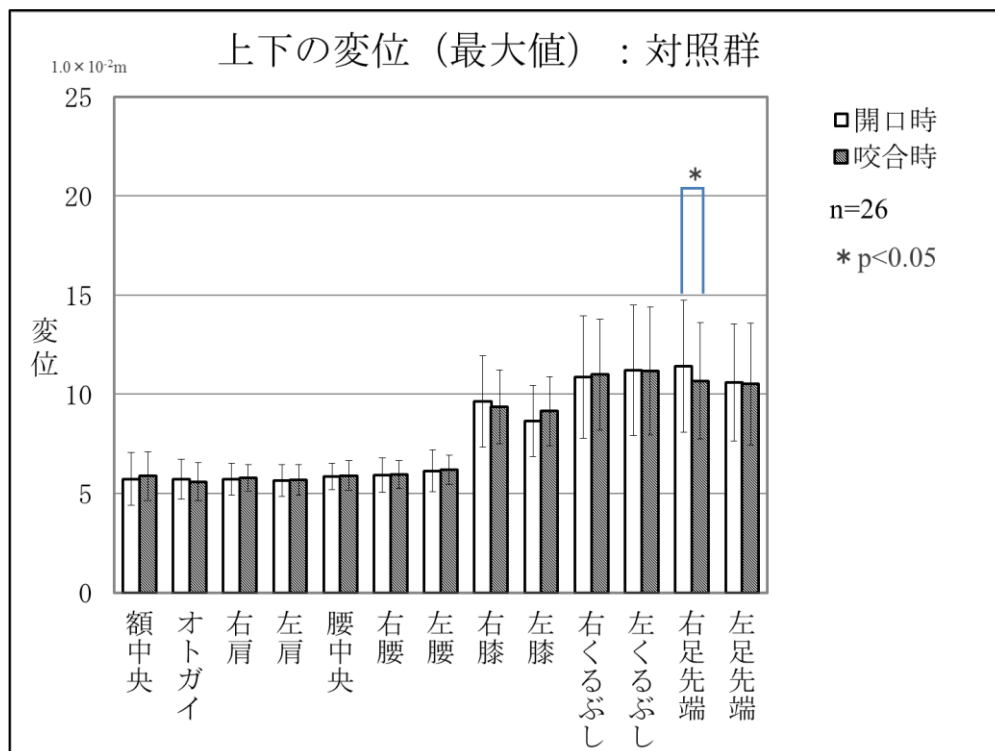


図 7 対照群における上下の変位の最大値

3. 歩行速度の平均値

高齢者群における平均歩行速度を図 8 に示す。
有意差を認めないが、装着時はすべての基準点で未装着と比べ増加傾向を示した。

対照群における平均歩行速度を図 9 に示す。
咬合時は開口時と比較して、すべての部位で有意に増加した。

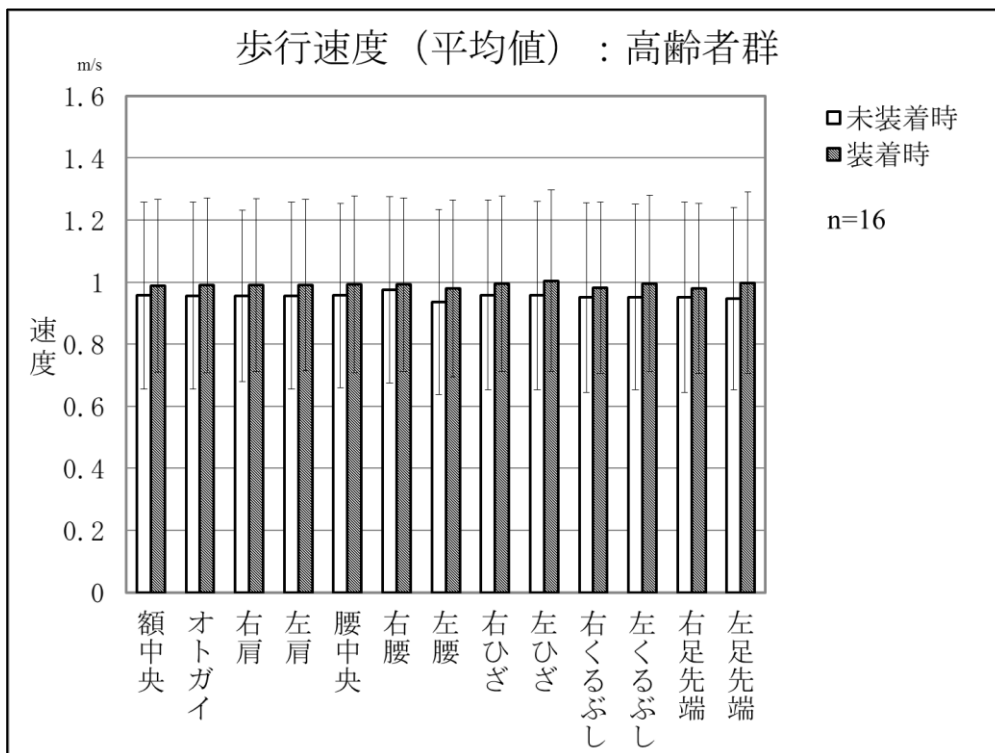


図 8 高齢者群における平均歩行速度

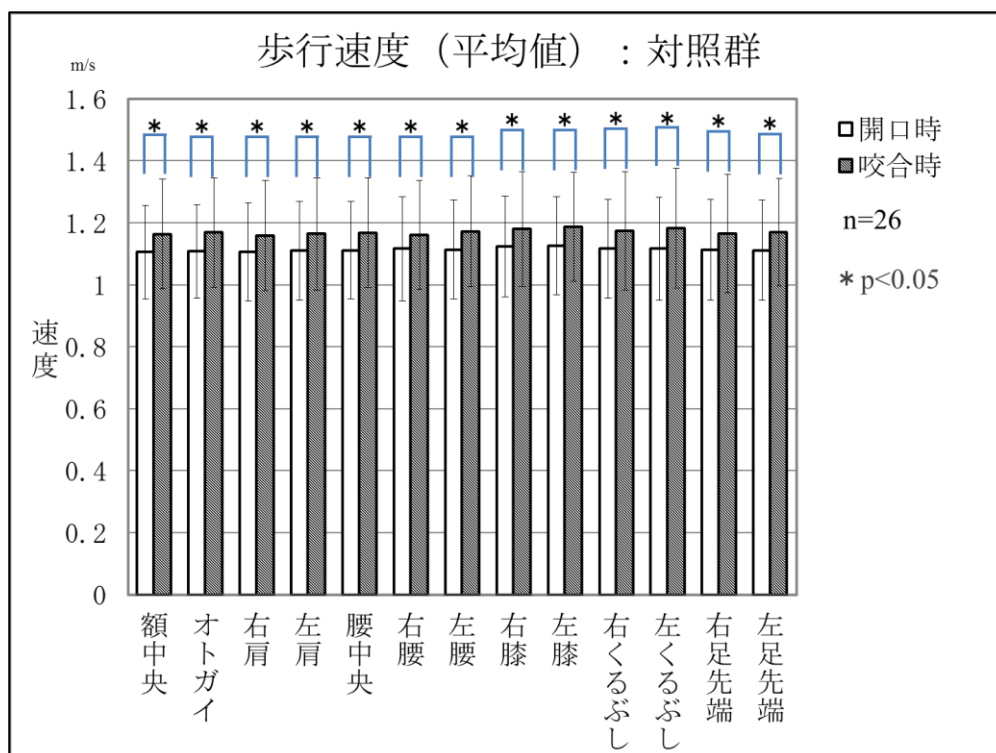


図 9 対照群における平均歩行速度

4. 体軸方向からの角度の最大値

体軸方向からの計測は、それぞれ右肩部と左肩（肩）、右腰部と左腰部（腰）、右膝部と左膝部（膝）の基準線がある。

高齢者群の体軸方向からの角度の最大値を図 10 に示す。義歯未装着時と装着時の角度に有意差は認めなかった。

対照群における体軸方向からの角度の最大値を図 11 に示す。開口時と咬合時の角度に有意差は認めなかった。

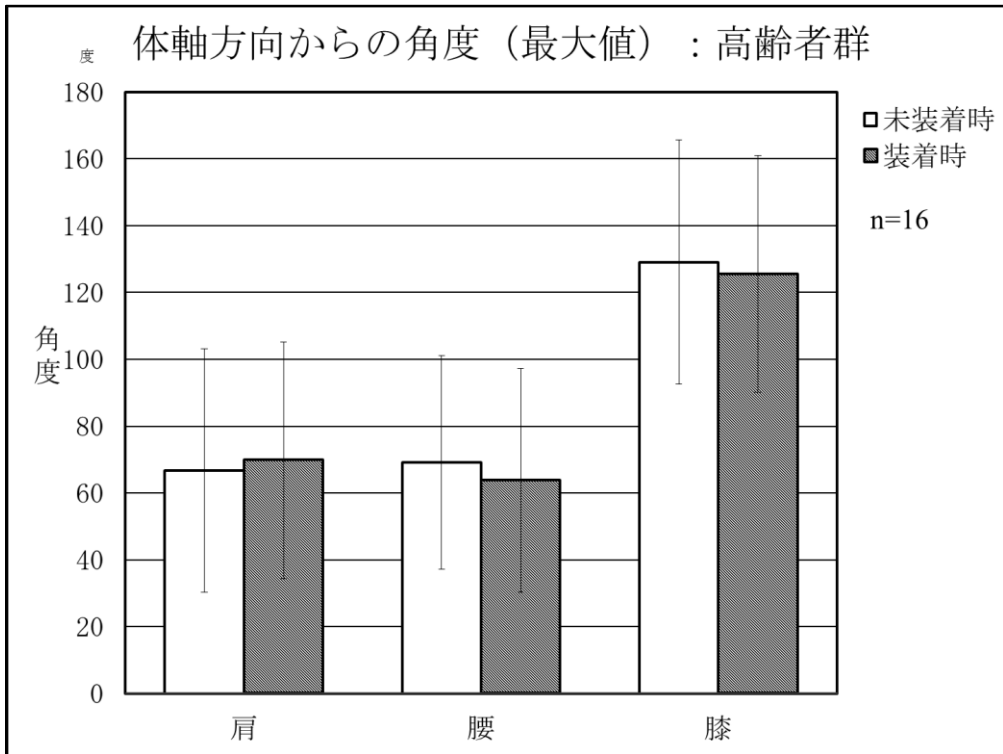


図 10 高齢者群における体軸方向からの最大角度

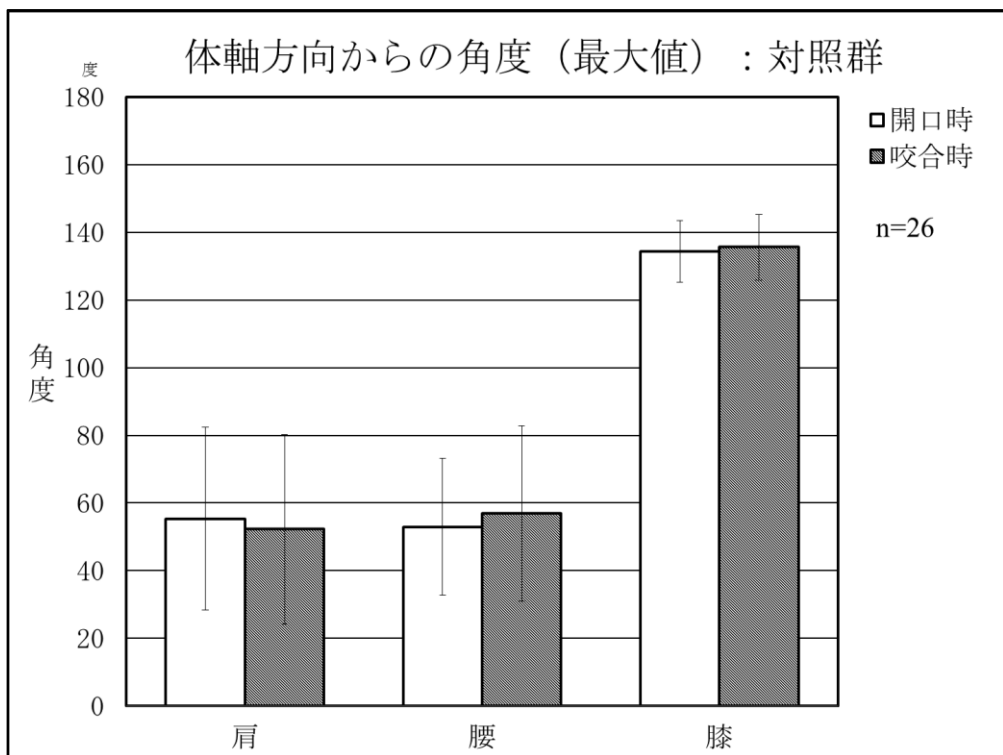


図 11 対照群における体軸方向からの最大角度

5. 側方方向からの角度の最大値

側方方向からの解析は、それぞれ額中央部とオトガイ部、額中央部と腰中央部、右腰部と右膝部、左腰部と左膝部、右膝部と右くるぶし部、左膝部と左くるぶし部を結んだ基準線がある。

高齢者群における側方方向からの角度の最大値を図 12 に示す。義歯装着時は未装着時と比較して、右膝－右くるぶし、左膝－左くるぶしは有意に減少した。

対照群における側方方向からの角度の最大値を図 13 に示す。

咬合時は開口時と比較し、額中央－オトガイで角度は有意に増加した。

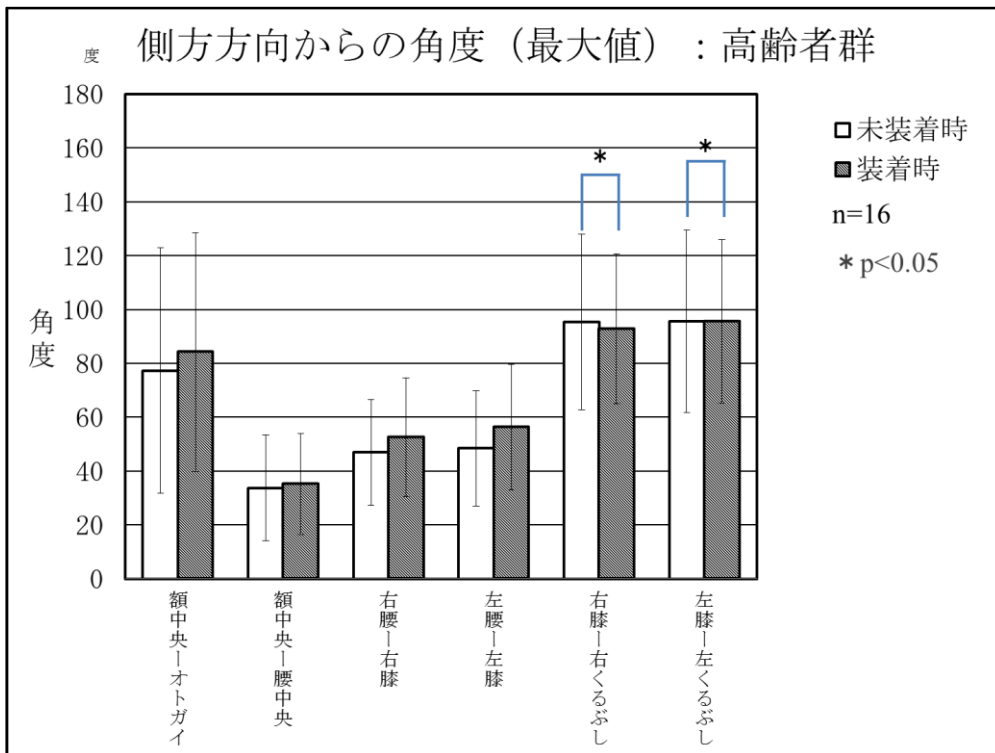


図 12 高齢者群における側方方向からの最大角度

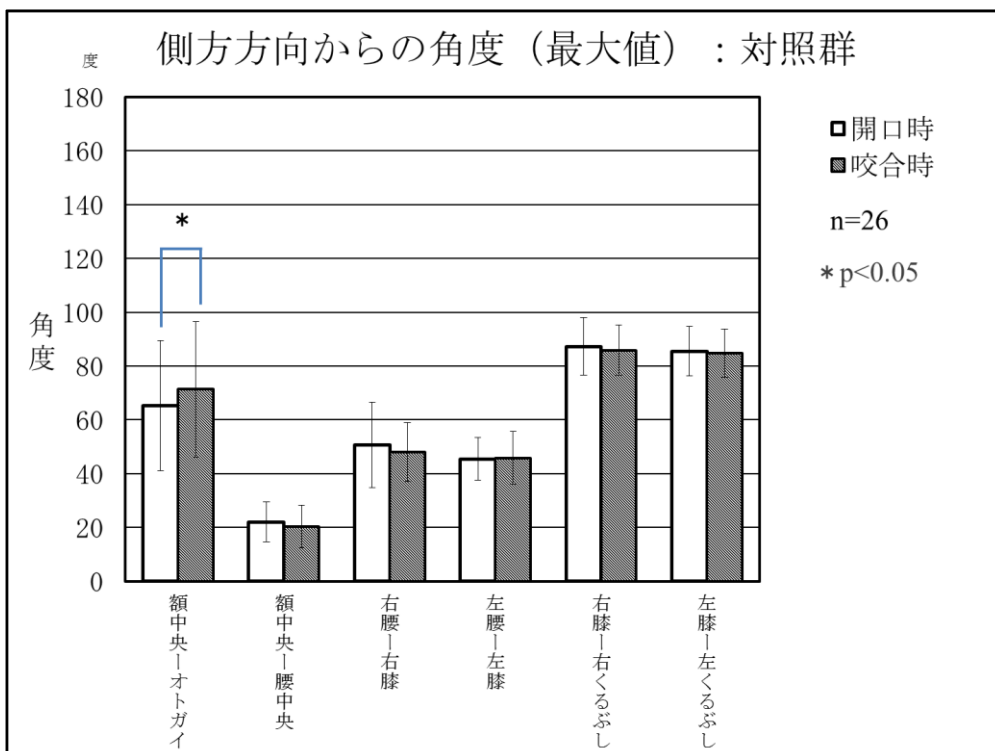


図 13 対照群における側方方向からの最大角度

6. 矢状方向からの角度の最大値

矢状方向からの計測は，それぞれ額中央部とオトガイ部，額中央部と腰中央部，右腰部と右膝部，左腰部と左膝部，右膝部と右くるぶし部，左膝部と左くるぶし部を結んだ基準線があり，垂直方向の基準線である．右肩と左肩（肩），右腰と左腰（腰），右膝と左膝（膝）を結んだ基準線については，水平方向の基準線である．

高齢者群における矢状方向からの角度の最大値を図 14 に示す．義歯装着時は未装着時と比較して，右膝－右くるぶし，左膝－左くるぶしは有意に減少した．

対照群における矢状方向からの角度の最大値を図 15 に示す．咬合時は開口時と比較して，膝の角度は有意に増加した．

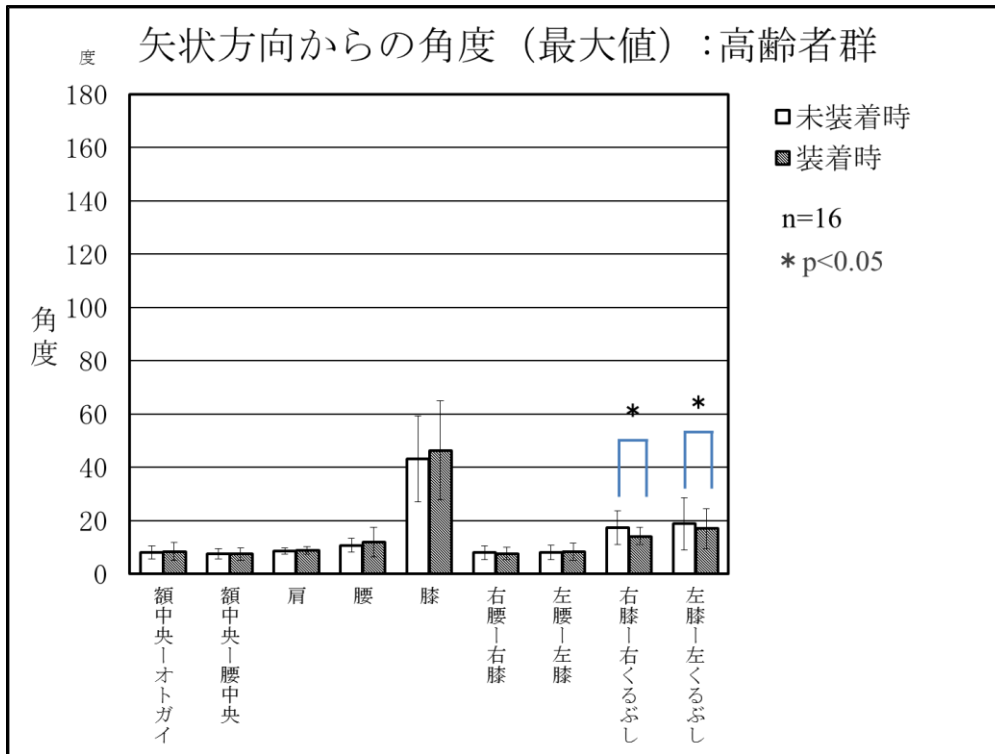


図 14 高齢者群における矢状方向からの最大角度

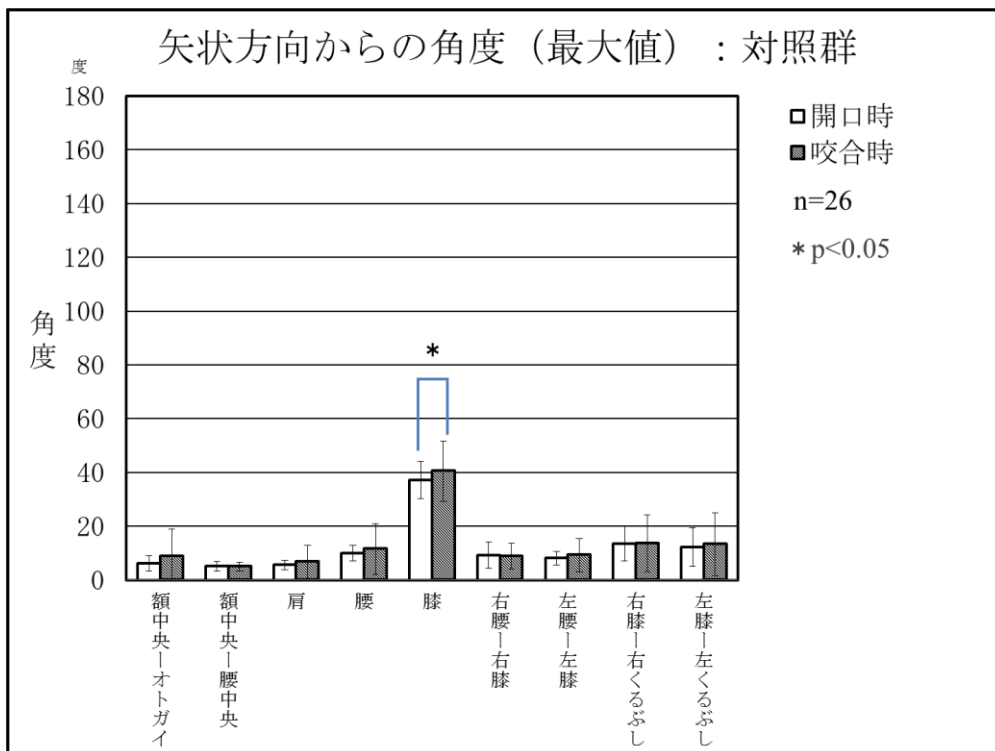


図 15 対照群における矢状方向からの最大角度

7. 合成角度の最大値

高齢者群における合成角度の最大値を図 16 に示す。義歯装着時は未装着時と比較して左腰—左膝の角度は有意に増加した。

対照群における合成角度の最大値を図 17 に示す。咬合時は開口時と比較して、額中央—腰中央の角度は有意に減少した。

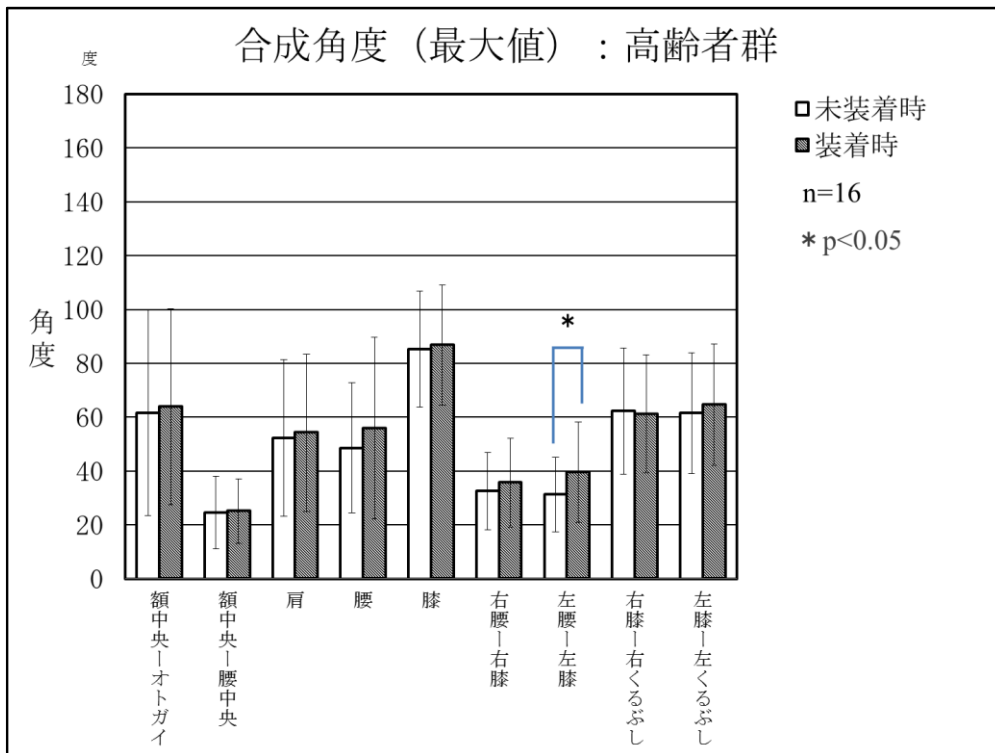


図 16 高齢者群における合成角度の最大値

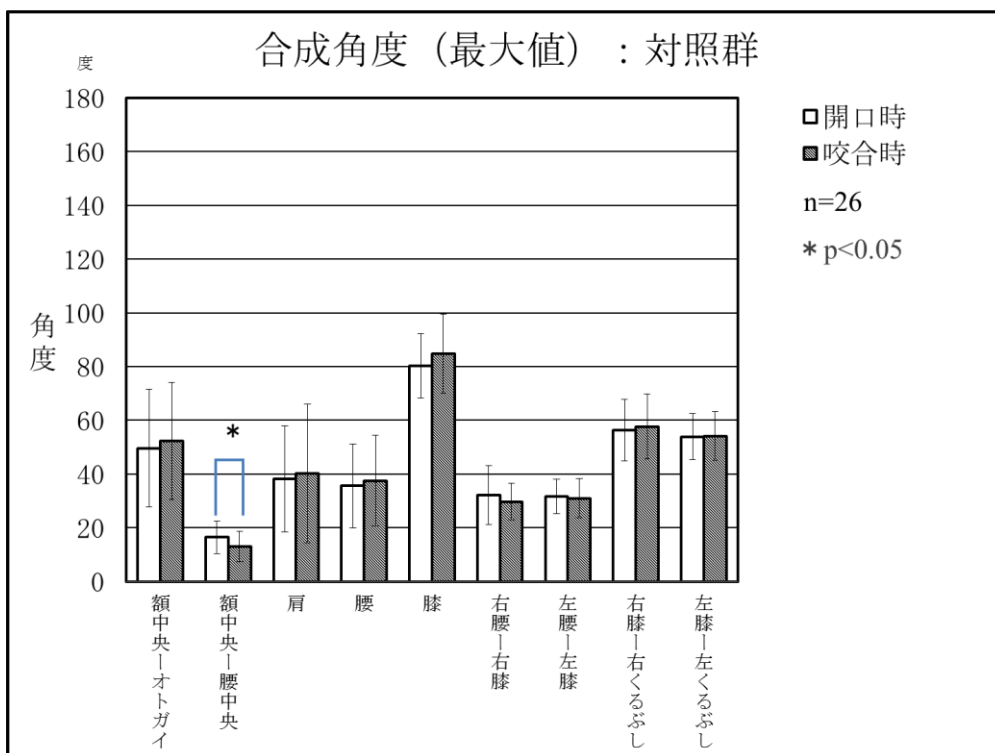


図 17 対照群における合成角度の最大値

考 察

平成 28 年度における日本の高齢化率は 27.3%にもおよび、2060 年には約 40%となると見込まれている¹⁵⁾。平成 29 年で 65 歳以上の高齢者は 3429 万人であるが、そのうち約 18%にあたる 615 万人が要支援・要介護認定を受け、今後も増加していくことが予想される¹⁶⁾。平成 22 年国民生活基礎調査¹⁷⁾では、要支援・要介護状態へ移行する原因として『骨折・転倒』を含む運動器疾患が 10%を占め、サルコペニアやフレイルを含む全身機能低下による転倒予防や、介護予防への取り組みは重要な課題である。

歩行解析について山本ら¹⁸⁾は Frame DIAS を用いて 3 次元計測を行えるとしている。また湯ら¹⁹⁾は上下の動揺について、成人被験者における膝の上下変位の最大値を約 10cm と報告していることから、本研究の対照群と近似した結果を得られている。

本研究の計測範囲は、高齢者が約 10 歩の歩行運動に必要な距離を考慮してキャリブレーションを行い決定した。山本ら¹⁸⁾の報告によると人が視覚を遮断した状態では歩行開始から約 10 歩程度は安定した歩行が可能であり、咬合状態によって歩行方向に変化が生じたが、その後は最後に動揺した方向に向かって直進していくとし、歩行開始直後から比較的短い距離が咬合状態の影響を受けるとしているためである。

Iida ら²⁰⁾は正常歩行における重心の運動力学的分析

は左右変位では $3.5 \pm 0.9 \text{ cm}$ 上下変位が $3.2 \pm 0.8 \text{ cm}$ であったと報告している。しかしこれは歩行が安定しているときの状態であり歩行開始からの計測は行われていない。本研究では左右変位は最大約 10 cm ，上下変位は最大約 5 cm であるが，転倒のリスクを検討するために歩行開始直後の変位を計測範囲に含んでいるため，歩行開始時における逆応答現象²¹⁾により数値が大きくなったと考えられる。

歩行速度については多くの報告²²⁻²⁵⁾があり成人の歩行速度は平均約 1.4 m/秒 とされているが本研究では対照群で 1.1 m/秒 とやや低い結果となった。これも同じく歩行開始直前からの計測だったため，加速中も計測範囲に含まれたからであると考えられる。渡辺¹³⁾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，本研究の高齢者群と同様の結果を得られている。三栖ら²⁶⁾は身体機能が低下している高齢者が歩行速度を遅くすると，歩行のばらつきが大きく増大し，歩行が急激に不安定となると報告していることから，本研究の歩行速度が増加することは身体バランスの安定に寄与していることが考えられる。歩行速度の増加には上半身部の前方への傾きがともなう²⁷⁾ため，側方からの角度も増加を示している。合成角度の垂直軸については，側方方向からの角度と矢状方向からの角度を比較すると側方方向からの角度が大きいため，合成角度は側方方向からの角度の影響を強く受けると考えられる。

高齢者群は義歯装着によって，体軸方向，矢状方向よ

り膝の平均角度は増加傾向を示すことから、膝が前に高く可動するようになると考えられ、段差などでのつまずきによって起こる転倒のリスクが軽減されると考えられる。

また今回、義歯の使用のみを条件にし、歩行中の咬合の指示は行っていないが、対照群と近似した傾向を示したことから、歩行中には無意識に咬合運動に近い口腔周囲筋の緊張が生じたと推察され、義歯の装着により臼歯部の支持を与えるだけで左右の変位を抑制し、歩行運動の向上に寄与すると考えられる。

上野ら²⁸⁾は、咬合支持域が確保されている者の転倒事故リスクが低下する可能性を報告している。姿勢維持や筋力・運動能力の低下を有する高齢者において、咬合による下顎の安定が転倒を予防できるのか検討することが本研究の目的である。近年高齢者に起こりうる疾病等で、要介護状態への起因となりうるものとして、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が注目されている²⁹⁻³²⁾。下方ら³³⁾は日本人におけるサルコペニアの予備軍である脆弱高齢者の位置づけとして、握力が男性 25kg、女性は 20 kg 以下または歩行速度が 1.0 m/秒以下としている。本研究で、脆弱高齢者に該当するのは 16 名中 6 名で、すべて特別養護老人ホームの協力者であった。今回高齢者群全体の平均歩行速度が 1.0 m/秒以下となったのは、特別養護老人ホームに入居する高齢者がサルコペニアの観点から歩行機能が低下しているためと考えられる。

静止状態での義歯における咬合が重心動揺に与える影響についてはいくつかの報告がみられる。丸谷ら³⁴⁾は、無歯顎者に全部床義歯を装着させ、中心咬合位においては、義歯非装着時、クレンチング時、下顎安静位時に比較して重心移動距離が減少したと報告している。宮澤³⁵⁾は部分床義歯を装着して咬合することで重心動揺の総動揺距離は減少したと報告している。本研究の高齢者群は、欠損範囲が Eichner の分類における B2 よりも多数の欠損領域を持つ者を選択した。全員が全部床義歯の装着者ではないが、義歯未使用時に臼歯部の咬合関係が保たれていないことは共通しているため、本研究において左右の変位が減少傾向を示したことは妥当性を認める。下田ら³⁶⁾は身体重心軌跡の左右変動は歩行の不安定を表すと報告しているため、本研究の高齢者群において義歯装着によって左右の変位が減少したことは歩行の安定が得られたことを示している。

結 論

本研究において、運動解析システムで高齢者の歩行を検討したことで以下の結論を得た。

1. 臼歯部の咬合支持を喪失した高齢者が義歯を装着することで、左右の変位は減少し、歩行速度は増加する傾向を示した。

2. 高齢者の義歯未装着時—装着時の関係と成人の開口時—咬合時の関係は左右、上下の変位および歩行速度において近似している。

以上のことから、高齢者の義歯装着による咬合は歩行運動中の身体の安定につながり転倒抑制に寄与する可能性が示唆された。

引用文献

- 1) 石上恵一，大木十三．咬合と重心動揺．スポーツ歯．1992；11：360-364．
- 2) 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．2009；13：1-5．
- 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) 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．
- 5) 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．
- 6) 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．
- 7) 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．岐歯学誌．2005；32：1-15．
- 8) 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 Res.* 2015；74：174-183．
- 9) 前田芳信，栄村 勲，中村公一，西田 圭，野首孝祠．高齢者における咬合支持が全身の平衡調節機能

- に与える静的ならびに動的条件下での検討．補綴誌．
1995; 39: 900-905.
- 10) 石上恵一，島田 淳，宮田敏則，榎津徳弘，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.
- 11) Sakita M, Murakami S, Saito T and Kumagai 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.
- 12) Yoshida M, Morikawa H, Kanehisa Y, Yan Z, Taji T and Akagawa Y. Relationship between dental occlusion and falls among the elderly with dementia. *Prosthodont Res.* 2006; 5: 52-56.
- 13) 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.
- 14) Okubo M, Fujinami Y and Minakami S. The effect of completed dentures on body balance during standing and walking in elderly people. *J Prosthodont Res.* 2010; 54: 42-47.
- 15) 厚生労働省：平成28年度版厚生労働白書 人口高齢者を乗り越える社会モデルを考える．2016; 5-6.
- 16) 厚生労働省：介護保険事業状況報告(暫定)平成29年1月分．2017; 1.
- 17) 厚生労働省：平成22年国民生活基礎調査の概要．

- 2011; 30.
- 18) 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. 咬合が歩行に及ぼす影響. 岐歯学誌. 2016; 43: 1-10.
 - 19) 湯海鵬, 金謙樹, 豊島進太郎. 歩行・走行における下肢動作の左右差と片側優勢. スポーツ健康科学研究. 2016; 38: 43-48.
 - 20) Iida H and Yamamuro T. Kinetic analysis of the center of gravity of the human body in normal and pathological gaits. *J Biomech.* 1987; 20: 987-995
 - 21) 大平高正, 池内秀隆, 伊藤恵, 木藤伸宏. 高齢者の歩行開始にみられる作用点の後方移動と足指機能, 足関節筋力, 静的立位バランス能力との関連性. 理学療法学. 2004; 21: 420-425.
 - 22) 菊池麻美, 對馬均. 歩き始めから定常歩行となるまでの歩数と距離に及ぼす加齢の影響 健常成人と虚弱高齢者との比較. 理療研. 2013; 30: 11-15.
 - 23) Finley FG and Cody KA. Locomotive characteristics of urban pedestrians. *Arch Phys Med Rehabil.* 1970; 51: 423-426.
 - 24) Waters RL, Lunsford BR, Perry J and Byrd R. Energy-speed relationship of walking: standard tables. *J Oethop Res.* 1988; 6: 215-222.
 - 25) 有賀一朗, 藤本知宏, 矢島英賢, 黒部恭史, 百瀬公人. 加速度計および三次元動作解析装置を用いた歩行中の重心移動幅の比較. 理療長野. 2016; 44:

43-46.

- 26) 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. 2015; 26: 47-54.
- 27) Perry J and Burnfield JM; 武田 功. ペリー 歩行分析 原著第2版 正常歩行と異常歩行. 東京: 医歯薬出版; 2017: 19-22.
- 28) 上野俊明, 高橋敏幸, 藤野祥子, Sharika SHAHRIN, 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. 2011; 15: 6-11.
- 29) 檜原 司, 後藤 崇晴, 柳沢 志津子, 中道 敦子, 市川 哲雄. 各年齢階層におけるオーラルフレイルと身体的フレイルに関連する兆候 アンケートによる実態調査. 老年歯医. 2017; 32: 33-47.
- 30) Rosenberg IH. Origins and clinical relevance. *J Nutr.* 1997; 127: 9905-9915.
- 31) 川口 浩. ロコモティブシンドローム. 日老医誌. 2014; 51: 123-125.
- 32) 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.
- 33) 下方浩史, 安藤富士子. 日常生活機能と骨格筋量, 筋力との関連. 老年歯学. 2012; 49: 195-198.

- 34) 丸谷美和，清水公夫，大沼智之，正司利昭，森田修己．義齒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．
- 35) 宮澤 慶．局部床義齒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．2009；13：16-22．
- 36) 下田隼人，佐藤春彦，鈴木良和．身体重心の左右変動に基づく歩行の動的安定性評価．理学療法科学．2008；23：55-60．

