

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K18520

研究課題名(和文)高齢者の腰痛症の病態を解明する筋電図解析を同期した新たな三次元歩行動作解析の提案

研究課題名(英文) Three-dimensional gait motion analysis synchronized with electromyogram analysis to elucidate the pathophysiology of low back pain in elderly people

研究代表者

三浦 紘世 (Kousei, Miura)

筑波大学・医学医療系・講師

研究者番号：40818051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者の腰痛症例60例を対象として、三次元歩行動作解析を実施した。歩行負荷は、長距離平地連続歩行を行った。三次元動作解析システムはVICON MX systemを用いて脊柱骨盤角度の変化を解析した。脊柱と骨盤の冠状面の歩行による動的な変化は生じなかった。一方で、矢状面では連続歩行の結果、脊椎の前傾と骨盤の前傾が有意に進行した。特に、脊椎を胸椎と腰椎のセグメントに分けて計測すると胸椎の前傾が進行し、腰椎では変化がなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究での三次元歩行動作解析では、従来の単純X線でのアライメント計測だけでは評価できない高齢者腰痛症の歩行バランス障害に対して、歩行時にバランスを保とうとするための代償の働きをダイナミックに評価できた。今後、さらに解析症例を蓄積することで、三次元歩行動作解析によって捉えた高齢者腰痛症の個々の代償の違いを考慮して、手術治療などの治療戦略の選択の一助となる可能性がありオーダーメイドの実現が期待される。

研究成果の概要(英文)：Three-dimensional gait motion analysis was performed for 60 elderly patients with low back pain. The gait load was a long-distance walk. The three-dimensional motion analysis system, the VICON MX system, analyzed spinal and pelvic tilt changes. No dynamic changes in the spine and pelvis coronal planes occurred with walking. On the other hand, continuous walking resulted in a significant progressive anterior tilt of the spine and pelvis in the sagittal plane. In particular, when the spine was measured separately in the thoracic and lumbar spine segments, anterior tilting progressed in the thoracic spine and did not change in the lumbar spine.

研究分野：脊椎脊髄

キーワード：歩行解析 三次元動作解析 腰痛症 高齢者

## 1. 研究開始当初の背景

現在本邦では、高齢化社会の進行により高齢者の腰痛症を診療する機会が急増している。高齢者の腰痛は運動器慢性痛の中で最も頻度が高く、移動能力の低下をきたし寝たきりのリスクとなることから社会問題である。青壮年で多い急性腰痛と異なり、高齢者の場合には多くは慢性腰痛であり、その要因が多因子に渡り病態の診断が青壮年に比べて困難なことが多い。高齢者の腰痛の要因としては、加齢による退行性変化(変性)を原因とした椎間板変性、骨棘形成、椎間関節の変形がもたらす腰椎局所の椎間不安定性や、変性側弯や変性後弯、または両者を合併した変性後側弯症といった脊柱変形による脊椎全体のアライメント異常(姿勢異常)、体幹の腰背筋筋力低下(サルコペニア)、骨粗鬆症などがあげられる。これらの要因による腰痛に加えて、腰部脊柱管狭窄症による下肢神経症状(下肢の痛み、痺れ、筋力低下)が加わることも病態の診断をより複雑にさせる。

従来は、高齢者の腰痛症に対する評価として、レントゲンやCT、MRIなど画像診断を元に病態診断ならびに治療方針や手術術式の検討、治療後の評価が行われている。しかし、それらの画像検査はいずれも「静的」な評価(レントゲンでは臥位や立位、CTやMRIでは仰臥位で安静にしている状態での評価)である。一方で、腰痛症の大部分の症例は、安静時は一番症状が楽な状態であり、歩行など動作によって症状が顕在化もしくは悪化が見られる。従来画像検査では、動作により悪化する際の機序の評価が十分には行えないことが病態の診断が困難な理由である。従来画像検査で同様の脊柱変形など脊椎退行性変化を呈していても、症状は一様とはならないことが、これを示唆している。従って、高齢者の腰痛症に対して「動的」な評価を加えることが病態の診断に重要な役割を果たすと推測される。

## 2. 研究の目的

従来の「静的」な画像診断の評価に加えて、歩行時の「動的」な評価を行うため、三次元動作解析と筋電図計測を同期させる新たな歩行解析システムを開発した。[1] このシステムでは歩行中の体幹・四肢関節の三次元における運動角度の「動的」な評価、さらに歩行周期内や連続歩行動作中の「動的」な筋活動変化を同時に捉えることが可能である。本研究にて行う日常生活に即した歩行動作の解析により、高齢者の腰痛症の個々の症例の日常生活の妨げとなる疼痛の発症や日常生活動作の制限のメカニズムを解明し、治療成績向上に繋がれば患者さんの日常生活動作向上・生活の質向上に大きく寄与しう。この詳細な三次元歩行動作解析を行う事により、従来の評価法に加わる新しい診断法の可能性を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 三次元歩行動作解析

60～85歳の腰痛症を対象とした。1周約25mの平地楕円コースを歩行コースとして設けた。日常生活に即した歩行速度でできるだけ長い距離を周回する歩行負荷とした。三次元動作解析システムとしてVICON MX® system (Vicon, Oxford, UK)を解析に用いた。脊椎骨盤バランスを計測するためのパラメータについては、次の通り定義した。脊椎については、C7とT12の間を胸

椎(T), T12とS1間を腰椎(L), C7とS1間を全脊椎(S)と脊椎を各セグメントに分類した。骨盤の傾きについては、水平面と、上前腸骨棘と上後腸骨棘を結ぶ直線の成す矢状面の角度をP-SA、冠状面の角度をP-CAとした。脊椎の傾きについては、分類したセグメントの棘突起間を結ぶ直線と、上前腸骨棘と上後腸骨棘を結ぶ直線(骨盤の傾き)の成す角度として矢状面の角度(T-P SA: C7-T12間, L-P SA: T12-S1間, S-P SA: C7-S1間)と冠状面の角度(T-P CA: C7-T12間, L-P CA: T12-S1間, S-P CA: C7-S1間)を計測した。

#### (2) 歩行中の脊椎骨盤矢状面バランスの変化の検討

まず、連続歩行による脊椎骨盤矢状面の傾きの動的な変化量を評価した。腰痛を主訴とする平均年齢70歳(55-79歳)の成人脊柱変形患者20例(男性3例, 女性17例)について評価した。立位全脊椎単純X線での脊椎骨盤アライメントの平均はC7SVA 142 ± 43 mm、胸椎後弯(TK) 22 ± 17°、腰椎前弯(LL) 1.8 ± 17°、骨盤後傾(PT) 38 ± 12°、骨盤固有角(PI) 48 ± 11°であった。三次元歩行動作解析の評価項目としては、上記のパラメータを用いて歩行開始周回時と歩行最終周回時の比較を行った。

#### (3) 脊椎矢状面バランスと背筋群の脂肪浸潤との関連の検討

続いて、歩行時の脊椎矢状面バランスの変化に關与する因子について検討した。体幹筋が主には歩行時の脊椎骨盤矢状面バランスの変化に影響していると仮説した。よって、筋の質的評価である体幹筋群の脂肪変性との関連を評価した。腰痛を主訴とする平均年齢69歳(55-84歳)の成人脊柱変形患者28例(男性8例, 女性20例)を対象に計測した。Body mass index(BMI)の平均は23.3 ± 3.0であった。立位全脊椎単純X線での脊椎骨盤アライメントの平均はC7SVA 108 ± 52 mm、胸椎後弯(TK) 23 ± 16°、腰椎前弯(LL) 12 ± 18°、骨盤後傾(PT) 33 ± 13°、骨盤固有角(PI) 48 ± 12°であった。体幹筋の脂肪浸潤については、MRI横断像でL1/2高位とL4/5高位の多裂筋(MF)、脊柱起立筋、L4/5高位の大腰筋(PM)の筋断面積に対する筋内の脂肪断面積の割合を算出した。矢状面における脊椎と骨盤の傾きの歩行中の変化量(歩行最終周回と開始周回の差)と体幹筋の脂肪浸潤率との関連を検討した。

#### (4) 脊椎矢状面バランスと術後 Proximal junctional kyphosis (PJK)との関連の検討

また、三次元歩行動作解析による脊椎骨盤矢状面バランスの変化量と脊柱変形矯正手術後の合併症との関連を評価した。矯正手術によりQOLが向上するが、矯正固定をした頭側端で矯正損失して後弯(PJK)しやすいことがこれまで問題となっている。対象は、脊柱変形による腰痛を主訴として術前に三次元歩行動作解析を評価した後に変形矯正手術を行い術後1年以上経過観察が可能であった27例とした。術後PJK発生の有無により2群に分類して、術後単純X線と歩行時の脊椎骨盤矢状面バランスについて群間で比較した。

### 4. 研究成果

#### (1) 歩行中の脊椎骨盤矢状面バランスの変化の検討

連続歩行により矢状面において脊椎(S-P SA)と骨盤(P-SA)の前傾が有意に進行した。冠状面(S-P CA, P-CA)では有意な変化はなかった。脊椎矢状面についてセグメントごとに評価したとき、腰椎L-P SAでは歩行開始時6.38 ± 11.6°から歩行最終時6.78 ± 11.0°と有意な変化がなかったが、胸椎T-P SAでのみ歩行開始時30.5 ± 13.8°から歩行最終時

33.7 ± 13.6 ° と有意に前傾が進行した。脊椎矢状面アライメントが不良となり腰痛を呈する状態では加齢変性による腰椎前弯の喪失に対して胸椎後弯減少と骨盤後傾による代償が働き立位バランスを保とうとする。立位単純 X 線では立位時の代償を反映している。しかし、本研究の三次元歩行動作解析では連続歩行負荷によりその代償の破綻を捉えることができた。[2]

#### ( 2 ) 脊椎矢状面バランスと背筋群の脂肪浸潤との関連の検討

体幹筋の脂肪浸潤率の平均は L1/2 MF 18.5 ± 15.2%、L4/5 MF 24.1 ± 16.8%、L1/2 ES 11.4 ± 11.8%、L4/5 ES 12.9 ± 9.7%、L4/5 PM 1.8 ± 2.9%であった。体幹筋の脂肪浸潤率と歩行時の脊椎矢状面バランス変化量との関係では、歩行中の脊椎前傾 S-P SA の増加と L1/2 ,L4/5 の脊柱起立筋の脂肪浸潤率(L1/2 r=0.394, L4/5 r=0.428)とで有意な関連が示された。[3] つまり脊柱起立筋の脂肪変性が強いことと、歩行時の脊椎骨盤矢状面バランス悪化することが関連することがわかった。

#### ( 3 ) 脊椎矢状面バランスと術後 Proximal junctional kyphosis (PJK)との関連の検討

PJK は 27 例中 7 例(25.9%)で発生した。三次元歩行動作解析の結果では、歩行最終周回の胸椎矢状面バランス T-PSA が PJK なし群(18.7 ± 13.5 °)に比べて PJK あり群( 32.3 ± 8.06 )° で有意に大きい結果であった。つまり、連続歩行負荷がかかり胸椎前傾が強い症例では、固定頭側端となる胸椎の代償が不十分であることから、より矯正損失しやすい可能性がある。術前の単純 X 線の静的アライメントのパラメータでは PJK 有無による有意な差はなく、この結果は、三次元歩行動作解析でのみ検出できたこととなる。[4]

これらの結果より歩行時にバランスを保とうとする代償機能の破綻において個々の違いを本研究の三次元歩行動作解析によりダイナミックに評価することができた。本解析を進めることで手術治療などの治療戦略の選択の一助となる可能性がありオーダーメイド治療の実現が期待される。

#### < 引用文献 >

[1] Miura K, et al.: Visualization of walking speed variation- induced synchronized dynamic changes in lower limb joint angles and activity of trunk and lower limb muscles with a newly developed gait analysis system. J Orthop Surg (Hong Kong). 26(3) :1-6, 2018

[2] Miura K, et al. :Thoracic kyphosis and pelvic anteversion in patients with adult spinal deformity increase while walking: analyses of dynamic alignment change using a three-dimensional gait motion analysis system. Eur Spine J 29(4) : 840-848, 2020

[3] Miura K, et al. : The fatty degeneration of the lumbar erector spinae muscles affects dynamic spinal compensation ability during gait in adult spinal deformity. Sci Rep 11(1) : 18088, 2021

[4] 三浦紘世, 他. 三次元歩行動作解析を用いた脊椎骨盤矢状面バランスの解析. 脊椎脊髄. 2021;34(11):863-866.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Miura Kousei, Kadone Hideki, Koda Masao, Abe Tetsuya, Funayama Toru, Noguchi Hiroshi, Mataka Kentaro, Nagashima Katsuya, Kumagai Hiroshi, Shibao Yosuke, Suzuki Kenji, Yamazaki Masashi	4. 巻 29
2. 論文標題 Thoracic kyphosis and pelvic anteversion in patients with adult spinal deformity increase while walking: analyses of dynamic alignment change using a three-dimensional gait motion analysis system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Spine Journal	6. 最初と最後の頁 840 ~ 848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00586-020-06312-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Miura Kousei, Koda Masao, Funayama Toru, Takahashi Hiroshi, Yamazaki Masashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Sarcopenic Dysphagia After Occipito-Cervical Fusion Surgery in an Elderly Patient With High-Cervical Myelopathy Caused by Retro-Odontoid Pseudotumor: A Case Report	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cureus	6. 最初と最後の頁 e11881
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7759/cureus.11881	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Miura Kousei, Kadone Hideki, Abe Tetsuya, Koda Masao, Funayama Toru, Noguchi Hiroshi, Kumagai Hiroshi, Nagashima Katsuya, Mataka Kentaro, Shibao Yosuke, Sato Kosuke, Kawamoto Hiroaki, Sankai Yoshiyuki, Yamazaki Masashi	4. 巻 -
2. 論文標題 Successful Use of the Hybrid Assistive Limb for Care Support to Reduce Lumbar Load in a Simulated Patient Transfer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Spine Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.31616/asj.2019.0111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Miura Kousei, Koda Masao, Abe Tetsuya, Funayama Toru, Noguchi Hiroshi, Kumagai Hiroshi, Nagashima Katsuya, Mataka Kentaro, Shibao Yosuke, Yamazaki Masashi	4. 巻 15
2. 論文標題 Thoracic myelopathy caused by calcification of the ligamentum flavum	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Rural Medicine	6. 最初と最後の頁 65 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2185/jrm.2019-018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miura Kousei, Kadone Hideki, Asada Tomoyuki, Koda Masao, Funayama Toru, Takahashi Hiroshi, Noguchi Hiroshi, Mataki Kentaro, Shibao Yosuke, Sato Kosuke, Eto Fumihiko, Kono Mamoru, Suzuki Kenji, Yamazaki Masashi	4. 巻 11
2. 論文標題 The fatty degeneration of the lumbar erector spinae muscles affects dynamic spinal compensation ability during gait in adult spinal deformity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-97358-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yasunaga Yoshihiro, Miura Kousei, Koda Masao, Funayama Toru, Takahashi Hiroshi, Noguchi Hiroshi, Mataki Kentaro, Asada Tomoyuki, Wada Keiji, Sankai Yoshiyuki, Yamazaki Masashi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Exercise Therapy Using the Lumbar-Type Hybrid Assistive Limb Ameliorates Locomotive Function after Lumbar Fusion Surgery in an Elderly Patient	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Case Reports in Orthopedics	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2021/1996509	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miura Kousei, Koda Masao, Funayama Toru, Takahashi Hiroshi, Yamazaki Masashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Occipital Screw Placement Using a Navigation System for a Pathological Odontoid Fracture With a Dural Venous Sinus Variation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cureus	6. 最初と最後の頁 e16610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7759/cureus.16610	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miura Kousei, Koda Masao, Tamaki Kazuhiro, Ishida Masatoshi, Marushima Aiki, Funayama Toru, Takahashi Hiroshi, Noguchi Hiroshi, Mataki Kentaro, Yasunaga Yoshihiro, Kawamoto Hiroaki, Sankai Yoshiyuki, Matsumura Akira, Yamazaki Masashi	4. 巻 22
2. 論文標題 Exercise training using hybrid assistive limb (HAL) lumbar type for locomotive syndrome: a pilot study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BMC Musculoskeletal Disorders	6. 最初と最後の頁 533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12891-021-04421-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 三浦紘世, 朝田智之, 門根秀樹, 國府田正雄, 山崎正志	4. 巻 34
2. 論文標題 三次元歩行動作解析を用いた脊椎骨盤矢状面バランスの解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 脊椎脊髄	6. 最初と最後の頁 863-868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 三浦紘世
2. 発表標題 成人脊柱変形における連続歩行時の脊椎矢状面バランスと骨盤・下肢関節による代償の動態評価 -三次元動作解析を用いた歩行解析-
3. 学会等名 第35回日本整形外科学会基礎学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦紘世
2. 発表標題 成人脊柱変形における歩行による脊椎矢状面バランスの悪化と背筋群の脂肪浸潤との関係-三次元歩行動作解析を用いた歩行解析-
3. 学会等名 第49回日本脊椎脊髄病学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦紘世, 門根秀樹, 柴尾洋介, 熊谷洋, 長島克弥, 俣木健太郎, 野口裕史, 船山徹, 安部哲哉, 國府田正雄, 山崎正志.
2. 発表標題 脊柱変形に対する三次元歩行動作解析を用いた脊柱バランスの評価.
3. 学会等名 第46回日本臨床バイオメカニクス学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miura Kousei
2. 発表標題 Exercise therapy using Hybrid Assistive Limb for lumbar support improves motor function in the elderly.
3. 学会等名 41st Annual Meeting of the Royal College of Orthopaedic Surgeons of Thailand (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miura Kousei
2. 発表標題 Thoracic kyphosis and pelvic anteversion increases during walking in patients with adult spinal deformity: analyses of dynamic alignment change with three-dimensional gait motion analysis system.
3. 学会等名 46th the International Society for the Study of the Lumbar Spine Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miura Kousei
2. 発表標題 Surgical Apgar Score and Controlling Nutritional Status Score are significant predictors of major complications after cervical spine surgery Three-dimensional gait motion analysis in dropped head syndrome : a supporting tool for determining the cervical surgery procedure.
3. 学会等名 49th Annual Meeting of the Cervical Spine Research Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miura Kousei
2. 発表標題 Fatty degeneration in back muscles correlates with deterioration of spinal sagittal balance during walking in adult spinal deformity
3. 学会等名 21st Congress of the Asia Pacific Orthopaedic Association (APOA) (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Miura Kousei
2. 発表標題 Fat infiltration in back muscles and gluteus maximus muscle is significantly related to deterioration of spino-pelvic sagittal balance during gait
3. 学会等名 13th Combined Meeting of Asia Pacific Spine Society & Asia Pacific Paediatric Orthopaedic Society (APSS-APPOS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三浦紘世, 朝田智之, 門根秀樹, 國府田正雄, 山崎正志.
2. 発表標題 首下がり症候群に対する三次元歩行動作解析-歩行時の脊椎矢状面バランス変化とアライメントとの関連-
3. 学会等名 第11回最小侵襲脊椎治療(MIST)学会学術集会(招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------