

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12602

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K21250

研究課題名(和文)変形性股関節症の進行抑制を目的とした運動療法の確立-股関節角度と重心位置の制御-

研究課題名(英文)Effectiveness of exercise to prevent progression of hip osteoarthritis

研究代表者

井原 拓哉 (Takuya, Ibara)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・ジョイントリサーチ講座助教

研究者番号：90908617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：股関節症患者の歩行においては、障害されている股関節の運動範囲を狭めつつ、代償的に全身(特に上半身)を用いて重心を制御していることが示された。また、股関節の運動に関しては健常者と比較して、立脚期に渡り角度を一定に保つよう全身的に代償運動が生じていることが示唆された。さらに、重心運動の制御のためには股関節の可動域の維持(特に外旋)が重要となってくる可能性が示唆され、保存療法において特に外旋可動域を中心とした可動域の維持や筋力の維持が進行抑制に貢献すると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

変形性股関節症患者の歩容の改善は、病態の進行予防に重要である。本研究の結果、変形性股関節症患者に認められた歩容の変化は、重心や股関節角度に対して合目的に構成された運動様式である可能性が明らかとなった。進行に関連する力学的負荷を減少させることを目的に、歩行中の重心や股関節角度の制御を可能にするために、必要な身体機能を検討したことで、保存療法における介入方針の提案の一助になると期待できる。

研究成果の概要(英文)：During walking, patients with hip osteoarthritis use their whole body (especially the upper body) in a compensatory manner to control their center of mass, while reducing the range of motion of the impaired hip joint. In addition, it was suggested that the hip joints of patients, compared to normal subjects, undergo coordinated compensatory movements to maintain a constant inter-trial angle during the stance phase. Furthermore, it was suggested that maintaining hip range of motion (especially external rotation) may be important to control center of gravity movement, and that maintaining range of motion and muscle strength, especially external rotation, may contribute to suppression of progression during conservative treatment.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：リハビリテーション 変形性股関節症

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本邦女性における変形性股関節症(以下、股関節症)の有病率は男性1-4.3%、女性:2~7.5%で決して珍しくない疾患である¹⁾。股関節症患者では、加齢と共に変性が進行し、最終的に人工股関節全置換術などの観血的治療が選択される。合併症等で観血的治療が選択し難い場合に運動療法を中心とする保存療法が選択されることはあるものの、十分な疾病進行予防効果のある運動療法は確立されておらず、積極的な治療選択肢にはなっていない。近年、股関節累積負荷(「1日の歩数」×「外部股関節内転モーメント積分値」)が歩行中のメカニカルストレスとして股関節症の進行に關与する²⁾と指摘されており、歩行中のメカニカルストレスを軽減する運動療法を確立すれば、観血的治療が選択できないケースだけでなく、従来であれば観血的治療を選択していたケースでも手術を回避できる可能性がある。さらに、運動療法は医療コストも低いため、近年増大の一步である医療費の削減にも繋がる事が期待できる。

股関節症の進行に關与するメカニカルストレスは、「1日歩数」×「外部股関節内転モーメント積分値」で定義されるので、ストレスを軽減するためには、「1日歩数」を管理するだけでなく、「外部股関節内転モーメント」を軽減させることが重要である。「外部股関節内転モーメント」は歩容により変化する値であり、歩行中に骨盤が遊脚側に下制し、支持側(患側)の股関節が内転するにつれて増加し³⁾、体幹が支持側に傾斜し、身体重心が支持側下肢に近づくことで減少する⁴⁾。つまり外部股関節内転モーメントの軽減は、大腿と骨盤(股関節)を至適な(遊脚側に下制しない)位置に制御し、かつ重心を支持側の股関節中心に近づけることで達成される⁵⁾。

過去の報告からは、股関節症患者において歩行中の股関節角度を一定の位置に保とうとする動きが確認されている⁶⁾。しかし、股関節症患者で全身の運動の協調性を定量化した報告はなく、全身を用いてこの戦略が達成されているかは定かでない。この戦略達成のために股関節のみが動員された場合、股関節周囲筋の過剰な収縮が股関節合力を増す可能性があり、結果的に、進行を加速させる危険性がある。したがって、股関節への負荷の減少、進行の抑制のためには、歩行中の全身の運動が股関節角度および重心位置の制御のために協調することが極めて大切である。さらに、運動療法の介入指針の提案を念頭に置くと、これらの達成のために如何なる身体機能が必要かを明らかにすることが重要である。

2. 研究の目的

本研究における最終目的は、股関節症の進行を抑制するために、歩行中に必要な身体機能を明らかにし、進行抑制に奏功する運動療法の介入指針を提示することである。

そのために、本研究ではまず Uncontrolled Manifold(以下、UCM)解析を用いることで、説明変数に対する独立変数の協調的な振る舞いを定量化し、股関節角度および重心位置の制御に対する全身の運動の協調の程度を健常者と股関節症患者で比較することを第一の目的とした(研究1)。

さらに第2の目的として、UCM解析で用いた協調の程度と関連する身体機能を明らかにすることで、運動療法に奏功すると考えられる身体機能を明らかにするための示唆を得ることとした(研究2)。

3. 研究の方法

(1) 研究1では、Public Dataset⁷⁾を用いた。股関節症患者106名と健常者80名の最低10歩行試行を、三次元動作解析装置で計測したこのDatasetから、40-80歳の被験者の12歩行立脚期のデータを使用した。最終的に変形性股関節症患者76名(股関節症群) 健常者46名(健常群)のデータを使用した。まず重心位置に対する制御を検討するために、先行研究^{8,9)}の手法に従い、側方への重心軌跡に対する身体各部位の運動の協調性の指標 V を算出し、協調性が存在しないことを示す $V=0$ でないかを検討するとともに群間の比較を行った。併せて重心の側方移動量、試行間の変動量を算出し、群間の比較を行った。さらに身体の特定位点への依存を定量化するために先行研究^{10,11)}に従い、covariation variance(COV)と individual variance(INV)を算出し、0との比較及び身体各部位の変動量との相関を検討した。さらに、股関節角度に対する身体各部位の運動の協調性を検討するために、矢状面および前額面において、股関節角度を構成する骨盤と大腿部の角度の和に対する身体各部位の協調性の指標 V を、重心位置の場合と同様に求め、0との比較及び群間の比較を行った。INV、COVも重心位置と同様に求め比較した。併せて立脚期中の股関節角度と角度の標準偏差を求め群間で比較した。

(2) 研究2では、股関節症患者8名、健常者7名を対象に、慣性センサ式動作解析装置 Xsens MVN Analyze(Xsens)を用いて歩行動作を計測した。併せて股関節の外転、外旋、伸展筋力および外転、外旋、内旋の関節可動域(Range Of Motion; 以下、ROM)を徒手筋力系 μ tas F-1(アニメ社製)および東大式ゴニオメータを用いて計測した。研究1と同様に側方への重心軌跡に対する身体各部位の運動協調性の指標 V を算出し、関節中心からの長さで正規化した筋力および可動域との相関を検討した。併せて筋力および可動域の群間比較を行った。

4. 研究成果

(1) 研究1の結果、重心位置に関して、両群において V および INV が 0 よりも有意に大きく、健常群、股関節症群ともに重心位置に対して身体を強調させた戦略をとっていることおよび、その制御戦略は特定の部位に依存している可能性が示された。V の群間の比較では、立脚期を通して股関節症群が高値を示した(図1)。重心の側方移動量は股関節症群で大きく、試行間の変動量は両群で同等であった。また V は股関節症群で主に立脚側下肢で負の相関を示した一方、健常群では有意な相関を示さなかった(図2)。INV は股関節症群で上部体幹及び頭部の角度と有意な正の相関を示したが、健常群では頭部位置のみに有意な相関を認めた(図2)。これらのことから、股関節症群において重心の側方移動量は大きいものの、試行間の変動を抑えるよう身体が制御していることが示された。さらにこの制御には上部体幹および頭部の寄与が大きい可能性が示された。

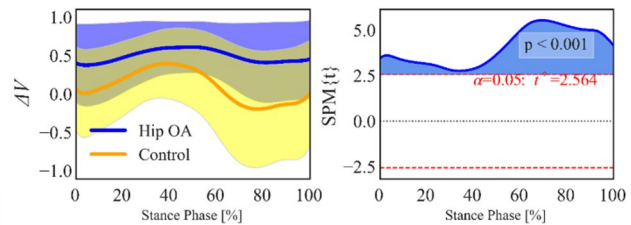


図1. V の群間比較 (青: 股関節症群, 黄: 健常群)

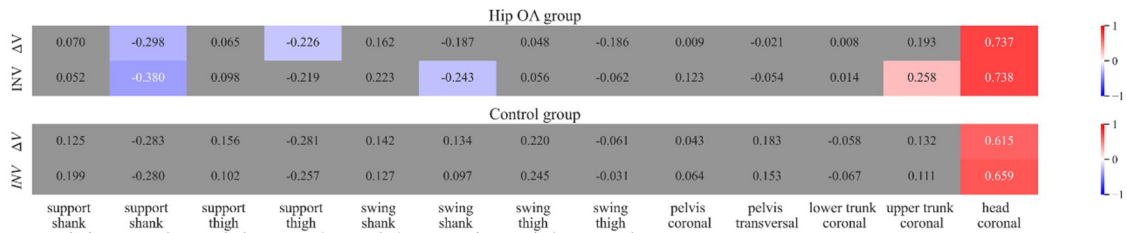


図2. V および INV と身体各部位の変動量の相関 (数値は相関係数を、色付きのセルが有意な相関を示す)

さらに股関節角度の点からは、両群において矢状面、前額面ともに V および COV が 0 よりも有意に大きく、健常群、股関節症群ともに重心同様、股関節角度に対しても身体を強調させた戦略をとっていることが示され、その制御戦略は全身運動の組み合わせに起因している可能性が示された。V の群間比較では、矢状面に群間の差は認めなかったが、前額面にて立脚期後半に股関節症群が高値を示した。股関節角度は、股関節症群において矢状面で伸展が少なく、前額面でない点が少ないことが示された。標準偏差は股関節症群において立脚期後半にて、矢状面で大きく、前額面で小さかった(図3)。これらのことから、股関節症群では、矢状面では股関節の運動幅を減らすことであらかじめ股関節への負荷を減じていると考えられたが、変動自体は増えており、十分制御できていない可能性が示唆された。前額面でも同様に股関節角度の運動幅を減らすことで対応し、特に立脚期後半においては、十分制御できていた可能性が示唆された。

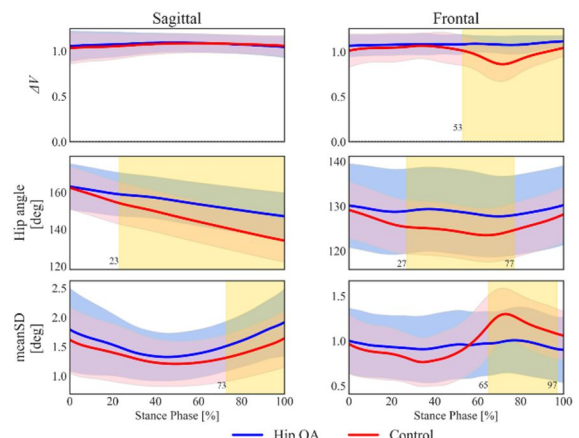


図3. V、股関節角度、股関節角度の標準偏差の比較 (黄塗が群間で有意に差があった部分を示す)

(2) 研究2の結果、両群で協調性の指標 V は股関節外旋ROMと有意な相関を示した(図4)。しかしながら、股関節症群に特有の相関関係は見られなかった。一方、群間の比較では筋力、ROMともに股関節症群で有意に小さな値を示した。これらのことから、重心位置の制御には股関節外旋可動域が大きく関与し、特に股関節可動域に制限を有する股関節症群では、外旋可動域の制限とともに重心変動が大きくなる可能性が示唆された。

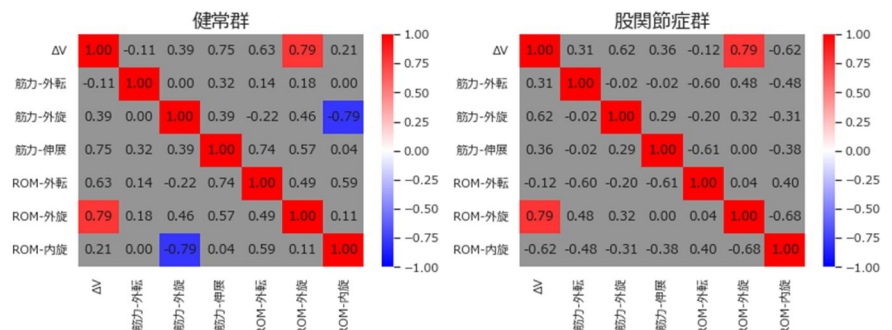


図4. 健常群、股関節症群における筋力及び関節可動域と V の相関 (数値は相関係数を、色付きのセルが有意な相関を示す)

(3) まとめ

本研究にて得られた成果より、股関節症患者では、障害されている股関節の運動幅を狭めつつ、

代償的に全身（特に上半身）を用いて重心を制御していることが示唆された。また、股関節に関しては健常群と比較して、立脚期に渡り角度を一定に保つよう全身的に代償運動が生じていることが示唆された。さらに、重心運動の制御のためには股関節のROMの維持（特に外旋）が重要となってくる可能性が示唆され、保存療法において特に外旋可動域の維持が進行抑制に貢献すると考えられる。

引用文献

- 1) 日本整形外科学会、日本股関節学会、変形性股関節症ガイドライン 2016、南江堂、2016、pp10
- 2) Tateuchi H, Koyama Y, Akiyama H, Goto K, So K, Kuroda Y, et al. Daily cumulative hip moment is associated with radiographic progression of secondary hip osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage*. 2017;25(8):1291-8.
- 3) Tateuchi H, Akiyama H, Goto K, So K, Kuroda Y, Ichihashi N. Gait kinematics of the hip, pelvis, and trunk associated with external hip adduction moment in patients with secondary hip osteoarthritis: toward determination of the key point in gait modification. *BMC musculoskeletal disorders*. 2020;21(1):8.
- 4) Tazawa M, Kurosaki M, Inoue T, Ibe Y, Kobayashi H, Kitagawa T, et al. Superior migration of the femoral head in patients with severe hip osteoarthritis influences the gait patterns of the coronal plane. *Hip international: the journal of clinical and experimental research on hip pathology and therapy*. 2019;29(4):446-51.
- 5) Wesseling M, de Groot F, Meyer C, Corten K, Simon JP, Desloovere K, et al. Gait alterations to effectively reduce hip contact forces. *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*. 2015;33(7):1094-102.
- 6) Ibara T, Anan M, Karashima R, Hada K, Shinkoda K, Kawashima M, et al. Coordination Pattern of the Thigh, Pelvic, and Lumbar Movements during the Gait of Patients with Hip Osteoarthritis. *Journal of healthcare engineering*. 2020;2020:9545825.
- 7) Bertaux A, Gueugnon M, Moissenet F, Orliac B, Martz P, Maillefert JF, et al. Gait analysis dataset of healthy volunteers and patients before and 6 months after total hip arthroplasty. *Sci Data*. 2022;9(1):399.
- 8) Toda H, Hashimoto Y, Ibara T, Tada M. Effect of vibrotactile stimulation of the hallux nail on segmental coordination: A secondary analysis using uncontrolled manifold analysis. *Journal of biomechanics*. 2022;141:111234.
- 9) Tokuda K, Anan M, Takahashi M, Sawada T, Tanimoto K, Kito N, et al. Biomechanical mechanism of lateral trunk lean gait for knee osteoarthritis patients. *Journal of biomechanics*. 2018;66:10-7.
- 10) Yen JT, Chang YH. Rate-dependent control strategies stabilize limb forces during human locomotion. *Journal of the Royal Society, Interface*. 2010;7(46):801-10.
- 11) Nonaka T. Motor Variability but Functional Specificity: The Case of a C4 Tetraplegic Mouth Calligrapher. *Ecological Psychology*. 2013;25(2):131-54.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ibara Takuya, Takahashi Makoto, Shinkoda Koichi, Kawashima Mahito, Anan Masaya	4. 巻 25
2. 論文標題 Hip Sway in Patients With Hip Osteoarthritis During One-Leg Standing With a Focus on Time Series Data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Motor Control	6. 最初と最後の頁 502 ~ 518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1123/mc.2020-0055	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 Toda Haruki, Hashimoto Yuki, Ibara Takuya, Tada Mitsunori	4. 巻 141
2. 論文標題 Effect of vibrotactile stimulation of the hallux nail on segmental coordination: A secondary analysis using uncontrolled manifold analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 111234 ~ 111234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2022.111234	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Takuya Ibara, Koji Fujita, Naoto Watanabe, Ryohei Takada, Kazumasa Miyatake, Akimoto Nimura, Keiichi Akita
2. 発表標題 Synergy for center of mass trajectory in the medial-lateral direction of patients with hip osteoarthritis
3. 学会等名 International society of posture and gait research world congress 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takuya Ibara, Koji Fujita, Naoto Watanabe, Ryohei Takada, Kazumasa Miyatake, Akimoto Nimura, Keiichi Akita
2. 発表標題 Time series for the whole-body synergy of the hip angle during gait in patients with hip osteoarthritis
3. 学会等名 XXIX Congress of International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井原拓哉
2. 発表標題 変形性股関節症患者の姿勢制御応答に関する報告
3. 学会等名 第10回日本運動器理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022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