

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：21501

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17755

研究課題名(和文)超音波エラストグラフィを用いた人工股関節後の機能的脚長差の発生・治療機序の解明

研究課題名(英文)An ultrasound shear wave elastography study on onset and treatment mechanisms of functional leg length discrepancy after total hip arthroplasty

研究代表者

中野渡 達哉(Nakanowatari, Tatsuya)

山形県立保健医療大学・保健医療学部・講師

研究者番号：10713638

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、機能的脚長差に関連する股関節周囲筋の中で、伸張運動によって機能的脚長差の改善に有効であることが示されている大腿筋膜張筋に着目し、超音波エラストグラフィを用い伸張性の変化を定量的に評価した。結果、機能的脚長差がある状態の立位において大腿筋膜張筋の弾性率は有意に低下した。機能的脚長差に補高装具を用いた立位では、大腿筋膜張筋の弾性率は補高装具がない状態に比べ有意に増加した。本研究の知見から機能的脚長差に補高装具を適用することが、大腿筋膜張筋の伸張性が正常化された良肢位をもたらす、機能的脚長差の治療促進の有効手段となることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の知見より、人工股関節置換術後に生じた機能的脚長差に大腿筋膜張筋の伸張性低下が影響を及ぼす可能性があることを、超音波診断装置を用い証明することができた。さらに、機能的脚長差に対して、補高装具を用い股関節を伸展位に保つことは、大腿筋膜張筋の筋長を伸長させる効果があることが示唆された。したがって、機能的脚長差に対するリハビリテーション治療の選択肢のひとつとして補高装具が有効である可能性が見出された。

研究成果の概要(英文)：The present study investigated the effect of functional leg length discrepancy on the extensibility of tensor fasciae latae and the effectiveness of the use of a shoe lift to correct the compensatory posture with functional leg length discrepancy for the tensor fascia latae extensibility using ultrasound shear wave elastography. In the condition of functional leg length discrepancy, the shear elastic modulus of the tensor fasciae latae decreased. In the condition of shoe lift, the shear elastic modulus of the tensor fasciae latae was restored. These results suggest that using the shoe lift for functional leg length discrepancy can result in a functional hip position, extending the tensor fasciae latae.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：機能的脚長差 超音波診断 筋短縮 装具療法 人工股関節置換術

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 人工股関節置換術 (total hip arthroplasty: THA) は慢性的な痛みや機能障害を軽減し、患者の生活の質や身体機能の改善をもたらす効果的な外科的手術である。しかし一方、THA 後の患者の 3 分の 1 において、自覚的脚長差を認識し、機能的予後が不良であることが報告されている¹⁾。先行研究では²⁾、THA の後に自覚的脚長差をもつ多くの患者が、身体上において構造的脚長差ではなく、機能的な脚長差をもっていることが明らかとなっている。THA 後の機能的脚長差は、股関節周囲の軟部組織の拘縮に起因する骨盤の傾斜によって引き起こされる。さらに他の研究では³⁾、THA 後に自覚的脚長差をもつ患者のほとんどが股関節の屈曲および外転拘縮の両方を持っていたと報告している。特に、股関節外転拘縮は、同側で骨盤を下方に傾斜させ、同側脚を相対的な延長を引き起こすとされる。反対側の下肢に対して股関節外転拘縮側の下肢が相対的に長くなることで、自覚的脚長差を引き起こし、立位中に拘縮側の股関節と膝関節を伸展位で保持できず軽度屈曲させる姿勢異常を引き起こす。

(2) 機能的脚長差によって感じられる自覚的脚長差は、拘縮の反対側で相対的に短縮位にある下肢の下に補高装具を使用して改善されることが報告されている⁴⁾。高さを漸減的に薄くできる補高を用いた研究では、THA 後早期に補高装具を使用した患者の機能的脚長差は、対照群に比べ比較して大幅に改善されたことが報告されている。したがって、機能的脚長差の高さに合わせて補高装具を使用することで、姿勢異常が修正され、骨盤傾斜を引き起こしている股関節屈筋および外転筋の長さを他動的に伸長位に保持することが可能となると考えられる。

(3) 近年、ultrasound shear wave elastography (SWE) を用いた研究⁵⁾によって、股関節屈曲と外転の作用を持つ大腿筋膜張筋のストレッチ中の伸長性を定量的に評価できることが報告されている。先行研究では⁶⁾、従来の方法を使用して測定された他動的な筋の伸長と SWE によって測定された弾性率の間の強い線形関係が確認されている。したがって、SWE は機能的脚長差を引き起こす大腿筋膜張筋の長さの変化と、補高装具の使用による大腿筋膜張筋の長さの変化を定量的に測定することが可能と考えられる。

2. 研究の目的

機能的脚長差の発生と補高装具による治療機序を解明するために、大腿筋膜張筋の伸長性に着目し、SWE を用いて機能的脚長差が大腿筋膜張筋の長さおよび影響と、大腿筋膜張筋の長さの変化に対する補高装具の効果を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 22 人の健常成人 (男性 12 名、女性 10 名、平均年齢 21.8 ± 2.6 歳) を対象とした。本研究プロトコルは、山形県立保健医療大学倫理審査委員会の承認を受けて実施した (#1806-08)。

(2) 対象者は、右股関節可動域を調整できる股関節装具 (Newport 3, Orthomerica 社製) を着用した。次に、40 cm 幅の台上で次の 3 つの両側静止立位条件下で実験を実施した：人工的な機能的脚長差の条件 (股関節装具の可動部の固定によって、右股関節外転 20° で模擬的に拘縮が作られ骨盤が右下方に傾斜した状態)、機能的脚長差に対して補高装具を挿入した条件 (この条件で、左足底下に補高装具を挿入し、右下肢を伸展させた状態)、対照条件 (股関節可動部を固定せずに股関節装具を装着している立位の状態)。対称的な下肢荷重を維持するために、対象者は立位保持の間、フォースプレート (TWIN GRAVICORDER G-6100, ANIMA 社製) から荷重に関する情報の視覚的および聴覚的なフィードバックを受けた。各条件の立位姿勢が安定してから 10 秒間保持した後に大腿筋膜張筋の SWE 測定を開始した。

(3) 3 条件の立位姿勢において、SWE (Aixplorer, SuperSonic Imagine 社製) と超音波トランスデューサー (SL-15-4) を使用して、右の大腿筋膜張筋の弾性率計測を実施した。測定部位は、上前腸骨棘と大腿骨大転子の間の中点に定めた。測定部位に貼付した $7 \times 12 \text{ cm}^2$ のハイドロゲルパッド (HydroAid, Kikgel 社製) を介してトランスデューサーを接触させた。SWE 画像を撮像するカラーコードボックスは、男性の被験者の画像では筋腹の中心点の近傍に設定され、女性の被験者の画像では筋腹と筋膜の両方を含む深さで設定された。ヤング率の測定用の直径 5 mm の 3 つの ROI (region of interest) を筋線維に並行に配置し、3 つ弾性率の平均を算出した。すべての測定は 2 回施行した。

(4) 弾性率測定の評価者内信頼性を評価するために、級内相関係数 (ICC1, 1) を求めた。ICC1, 1 は、それぞれの立位状態での 2 回の測定値から計算した。大腿筋膜張筋の硬度の各条件での変化を検討するために、弾性率を従属変数、立位条件を被験者内因子として、反復測定分散分析を行った。測定の深さが男性と女性で異なるため、男女を分けて解析した。有意な主効果が認められた場合は、事後検定としての Tukey HSD テストを用い解析した。効果量には、Cohen の d 値を使用した (効果量は、 $0.2 =$ 小, $0.5 =$ 中, $0.8 =$ 大)。有意水準は P 値 0.05 とした。解析ソフトには SPSS (バージョン 24.0, IBM 社製) を使用し、効果量は、 G^* power 3.1 ソフトウェア (ドイツ、デュッセルドルフのハインリッヒハイネ大学製) を使用した。

4. 研究成果

(1) 各立位条件で測定された弾性率の信頼性を表 1 に示す。ICC1, 1 はすべての条件で 0.940 以上であり、高い信頼性が確認された。

表 1 大腿筋膜張筋弾性率の信頼性

条件	ICC	95% CI
機能的脚長差	0.940	0.803-0.983
補高装具挿入	0.983	0.943-0.995
対照条件	0.987	0.956-0.997

(2) 各条件の SWE 画像の典型例を図 1 に示す。反復測定分散分析の結果、立位条件は大腿筋膜張筋弾性率に対して有意な主効果を示した ($F = 9.991, P < 0.01$)。事後検定の結果、機能的脚長差条件における大腿筋膜張筋の弾性率は、男性(効果量 = 1.766)と女性(効果量 = 1.737)、対照条件よりも著しく低かった(図 2)。補高装具挿入条件の大腿筋膜張筋の弾性率は、対照条件との間で有意差はみられなかったが、機能的脚長差条件との間で男性(効果量 = 0.903)と女性(効果量 = 0.897)ともに有意に高かった(図 2)。

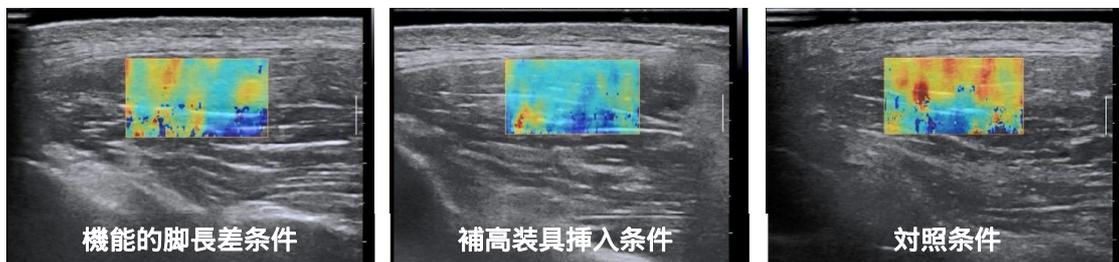


図 1. 3 条件の SWE 画像典型例。青は柔らかい組織、赤は硬い組織、緑は中間の硬さを表す。

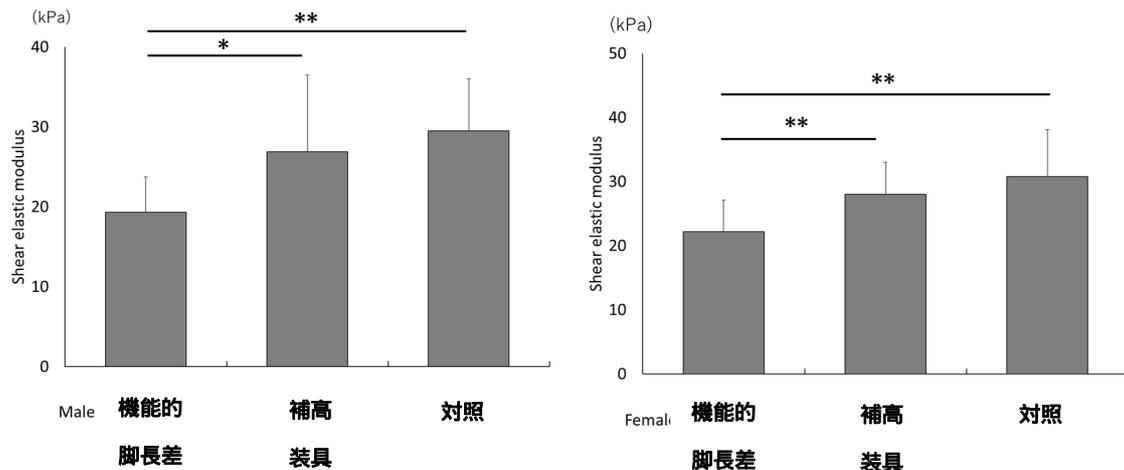


図 2. 男性(左)と女性(右)の 3 条件での大腿筋膜張筋弾性率の比較。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$,

(3) 本研究では、大腿筋膜張筋の長さに対する機能的脚長差の影響と、大腿筋膜張筋の伸長に対する補高装具使用の有効性について、超音波 SWE を使用し検討した。結果、機能的脚長差条件で大腿筋膜張筋の弾性率は有意に減少し、補高装具条件で弾性率は対照条件と同程度に改善した。この結果は、機能的脚長差に対して補高装具を使用し下肢の姿勢異常を修正することによって、大腿筋膜張筋が他動的に伸長される良肢位がとれ、機能的脚長差の治癒を促進する可能性があることが示唆された。

<引用文献>

Wylde V, Whitehouse SL, Taylor AH, Pattison GT, Bannister GC, Blom AW. Prevalence and functional impact of patient-perceived leg length discrepancy after hip replacement. *Int Orthop*. 33, 2009, 905-9.

Nakanowatari T, Suzukamo Y, Suga T, Okii A, Fujii G, Izumi SI. True or apparent leg length discrepancy: which is a better predictor of short-term functional outcomes after total hip arthroplasty? *J Geriatr Phys Ther*. 36, 2013, 169-74.

Sobiech M, Jabłoński M, Gorzelak M, Turzańska K, Posturzyńska A, Drelich M. Postoperative limb lengthening following total hip arthroplasty (THA) through a posterior approach--a challenge for the orthopaedist or physiotherapist? *Ortop Traumatol Rehabil*. 12, 2010, 420-9.

Nakanowatari TPP, Suzukamo YP, Izumi SIPM. The Effectiveness of Specific Exercise Approach or Modifiable Heel Lift in the Treatment of Functional Leg Length Discrepancy in Early Post-surgery Inpatients after Total Hip Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial with a PROBE design. *Phys Ther Res*. 19, 2016, 39-49.

Umehara J, Ikezoe T, Nishishita S, Nakamura M, Umegaki H, Kobayashi T, et al. Effect of hip and knee position on tensor fasciae latae elongation during stretching: An ultrasonic shear wave elastography study. *Clin Biomech*. 30, 2015, 1056-9.

Bercoff J, Tanter M, Fink M. Supersonic shear imaging: a new technique for soft tissue elasticity mapping. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 51, 2004, 396-409.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1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 中野渡達哉, 加藤浩	4. 巻 37
2. 論文標題 股関節の機能解剖学的特性からみた理学療法実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理学療法	6. 最初と最後の頁 209-225
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 -

1. 著者名 Tatsuya Nakanowataria, Tadaki Koseki, Takuya Sato, Hideto Kanzaki, Yoshiro Kiyoshige	4. 巻 36
2. 論文標題 Evaluation of the activities of the medial and lateral heads of quadratus plantae in flexion movements of the lateral four toes using ultrasound realtime tissue elastography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Foot	6. 最初と最後の頁 25-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.foot.2018.02.005	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1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tatsuya Nakanowatari et al.,
2. 発表標題 THE EFFECTS OF ARTIFICIAL FUNCTIONAL LEG LENGTH DISCREPANCY ON TENSOR FASCIAE LATAE STIFFNESS: AN ULTRASOUND SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY
3. 学会等名 WCPT Congress 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中野渡達哉, 他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 文光堂	5. 総ページ数 350
3. 書名 明日の臨床を変えるArt & Science 人工股関節全置換術後の理学療法	

〔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
研究協力者	佐々木 里帆 (Sasaki Riho)	湯田川温泉リハビリテーション病院・リハビリテーション科・理学療法士	