

関節リウマチ患者と健常者の歩行運動の違いに関する 人間工学的研究

Ergonomic Research on the Gait Analysis of the Lower Limb in Patients with Rheumatoid Arthritis

キーワード: 関節リウマチ、筋電図、関節角度、加速度

人間生活工学研究室: 単 盈 盈

■Abstract: The study purpose was to compare lower limb muscles activity between rheumatoid arthritis (RA) patients with control subjects during walking. Subjects (5 RA and 4 healthy) walked naturally on a 5 m long floor. Vastus medialis, vastus lateralis, rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior, and gastrocnemius muscles activity were recorded by electromyogram (sEMG). Knee angle and acceleration and L5 (center of gravity) acceleration were measured. At 0-20% gait cycle, vastus medialis and vastus lateralis muscles activity of RA patients were higher, while at 40-60% gait cycle, gastrocnemius muscle activity was lower. Before heel strike, at 90-100% gait cycle, tibialis anterior muscle activity was higher. In conclusion, gait cycle, changes of knee angle, and L5 acceleration of RA patients were weaker. This study gives better understanding on the influence of RA on gait.

■背景

関節リウマチ (Rheumatoid arthritis: RA) は患者の ADL や QOL を著しく侵害する疾患である。リウマチが種々の動作を制限することによって生じる日々の身体活動量の減少はさらなる筋力低下を招く。

Weiss¹⁾らの研究では、RA 患者は歩行速度、ストライド長、ステップ長、ケイデンスが有意に低下していた。股および膝関節の最大可動域、遊脚初期の足底屈角度は RA 群が有意に低下していた。RA 群は負荷反応における膝伸展モーメントや立脚最終期での屈曲モーメントが低下していた。また OA 患者における研究では、起立動作時に大腿二頭筋のより高い拮抗作用が示された²⁾。しかし、RA 患者の歩行運動時の筋活動における筋電図の評価はほとんどなかった。

■目的

機能変化のメカニズムを理解するために歩行時の筋活動パターンを検討するのは重要である。本研究は RA 患者の歩行様式を筋活動の視点から明らかにすることを目的とした。

■方法

・被験者

RA 患者群: 女性 RA 患者 5 名 (52±11 歳、身長 156.2±7.5 cm、体重 53.5±9.9 kg、平均患病期間 17 年)

対照群: 女性健常者 4 名 (63±10 歳、身長 153.5±6.4 cm、体重 54.0±11.8 kg、筋骨格疾患がない)

・実験手順

被験者は実験室に入室後、日常動作質問シート、リウマチについての質問シート、関節の痛み、変形状態、生活機能評価 HAQ のチェックシートに記入した。電極等を実験足に装着し十分な練習の後、被験者は電極を貼り付けてない足から歩き始め、自由なスピードで 5 m の距離を 2 回歩いた (平らな床面、歩きやすい靴)。

・測定項目

表面筋電図 (EMG): アクティブ電極 (TSD-150, BIOPAC Systems, inc.) を用いて、腓腹筋、前脛骨筋、大腿二頭筋、外側広筋、内側広筋、大腿直筋の筋活動を測定した。RA 患者は痛みなどの原因で

MVE (maximum voluntary electro-activity 最大随意収縮時の筋電位) が得られないため、任意の発揮力を用いて歩行時の筋力を推定した。股関節、膝関節を 90 度の座位で座り、膝の伸展、屈曲及び足の背屈、底屈でそれぞれ主観的に強、中、弱の 3 段階の力を発揮させ、その時の EMG データを用いて歩行時の筋活動を推定した。

加速度: 3 軸のセンサ (BIOPAC Systems, inc.) を用いて、大腿部下端 (膝蓋骨上縁から 2 cm 上方) および腰部 (L5) の加速度を測定した。

関節角度: 電気式ゴニオメータ (K100 Amplifier Base Unit, ゴニオメータ, Biometrics Ltd.) を用いて、膝関節の屈曲角度 (伸展位を 0° とする) を測定した。

・解析方法

5m の歩行データから、安定した中間 3 歩のデータを切り出した。EMG は 10Hz の Highpass フィルターをかけて時間窓長 0.2 秒で実効値化した。1 歩行周期を 100% として時間を揃え、3 歩を平均した。

各群の筋電図データの実効値、筋力データを 20% ごとで平均値を算出し、加速度と関節角度データを 2.5% ごとで平均値を代表値として解析に用いた。統計解析は被験者群間で t 検定を行った。

P 値は 0.1 未満 (+) を有意傾向、0.05 未満を有意 (*) とした。

■結果

・筋活動

歩行周期 0-20%: RA 患者の大腿直筋の筋活動が健常者より有意に高かった。内側広筋の筋活動が健常者より有意に高かった。RA 患者の大腿伸筋群の筋活動が高いと分かった (図 1)。

歩行周期 40-60%: RA 患者の腓腹筋の筋活動が健常者より有意に低かった。腓腹筋は足関節の底屈にも関与している。

歩行周期 90-100%: 遊脚期の末期、RA 患者の前脛骨筋の筋活動は健常者より有意に高かった。前脛骨筋は主に足関節の背屈に作用している。

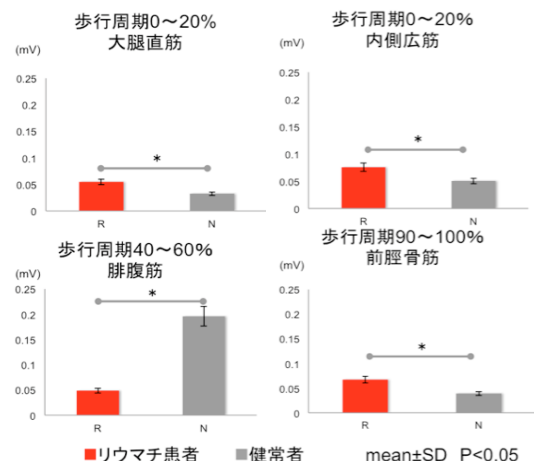


図 1 下肢の筋活動結果

・ 加速度

腰の加速度:

左右方向では歩行周期 2.5%と 22.5%で RA 患者が有意に低下した。前後方向では 45.0-50%で RA 患者が有意に低下した。腰部の上下方向では歩行周期の 45.0-60.0%で有意に低下した。健常者群の加速度は激しく変化したが、群内のばらつきが大きかったため、有意ではなかった(図 2)。

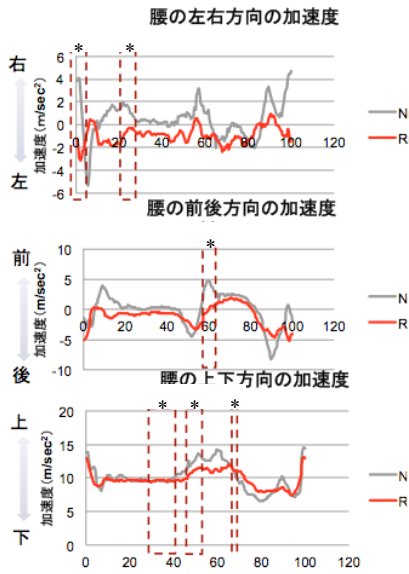


図 2 腰の加速度結果

・ 関節角度

全歩行周期にわたって、RA 患者が平均 5.3° 以上の屈曲角度が見られた。歩行周期 60-80 の遊脚期におけるピーク値が RA 患者は有意に小さかった(図 3)。

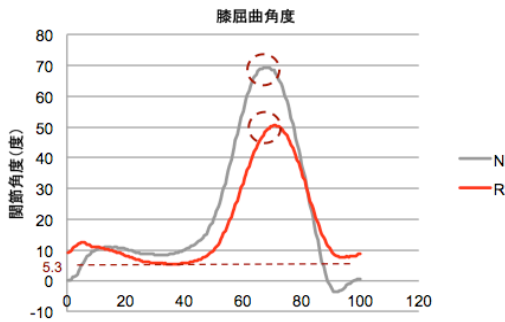


図 3 膝の関節角度変化

■考察

被験者の日常的な歩行パターンの特徴を活かすため、今回の実験では歩行スピードが制御されなかった。歩行パターン初期、踵接地の時から立脚中期の間、大腿直筋と内側広筋の筋活動が有意に高かった。踵が地面に接する時点から足底全体が接地する時点までの間、リウマチ患者の大腿筋群の活動が高いことが明らかとなった。図 4 は 1 歩行周期内の下肢の筋活動を示す。赤色は RA 患者が健常者より強くなった筋活動、緑色は健常者より弱くなった筋活動を示している。

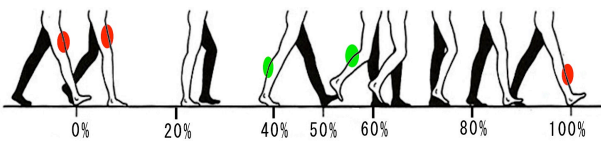


図 4 歩行周期内の筋活動変化

健常者の歩行パターンは踵接地から始まりその後膝関節が軽く屈曲し足関節は軽度背屈しているが、リウマチ患者は踵接地から膝関節が持続的に屈曲位のままであった。更に踵接地から立脚中期では、リウマチ患者の大腿直筋、内側広筋の筋活動が高かった。歩行時の踵接地には大腿四頭筋とハムストリングスの両方が、膝と股関節の安定のために働く。膝関節損傷者において膝の安定のために、この協調の作用の重要性が指摘されている。

立脚中期から足指の離地まで、リウマチ患者の腓腹筋の筋活動が有意に低かった。腓腹筋は足関節の底屈と共に、膝関節の屈曲にも関与している。RA 患者が下肢の蹴り出しを弱くしていたと考えられる。遊脚期の末期、足が体幹の前方に振り出されている時期から踵が接地するまでの間、前脛骨筋の収縮が有意に高かった。前脛骨筋は主に足関節の背屈に作用している。踵の接地時の痛みやつまづきへの恐怖心が背屈を促進したと考えられる。RA 患者の歩行パターンは、床反力と EMG の結果による滑りやすい路面の歩行⁽³⁾に類似していると考えられる。スリップとよめきを予防するために発揮する力は逆に関節内の圧力や痛みを増加させる可能性がある。

関節角度は、全歩行周期にわたって、RA 患者で平均 5.3° 以上の屈曲角度が見られた。足関節が接地する時の痛みや転倒を恐れて、つま先を上げる意識があったと考えた。RA 患者が安定している歩行方式を採用しているため、加速度の変化の波形は健常者より緩やかになっている。健常者の効率的歩行姿勢と比べ、RA 患者は身体重心の安定的歩行姿勢を重要視していることが分かった。

RA 患者のリハビリテーションの応用として、表面 EMG は、筋力維持、増強訓練の領域ではほとんど用いられていない。RA 患者と健常者の歩行パターンの比較から、歩行周期の各時点で異なる筋活動を重点的に筋力維持や、増強訓練などのリハビリテーションを行う必要がある。

また RA 患者における下肢の筋活動パターンをよりよい状態(健常者の歩行に近いか、もしくは筋間の協調が不安定ではない状態)に近づける方法を提案する必要があるかもしれない。

■まとめ

RA 患者の膝は踵接地から持続的に屈曲位のままであった。立脚中期まででは、RA 患者の大腿筋群の筋活動が高くなり、遊脚期の末期、前脛骨筋の収縮が有意に高かった。立脚中期からでは、RA 患者の腓腹筋の筋活動が有意に低かった。足関節が接地するときの想定される痛みやつまづきによる転倒の恐れで、膝が伸びきらずつま先を上げる意識があったと考えられる。RA 患者が健常者より安定している歩行方式を採用している。RA 患者が立脚中期から弱くなった腓腹筋が歩行の効率、歩行の安定性に直接に関連するため、筋力維持や、増強訓練などのリハビリテーションを行う必要があるだろう。

今回の実験で明らかとなった筋活動や関連運動のパターンに基づいて、RA 患者のため、関節の負担を抑えながら安全で効率的な歩行様式を研究する必要がある。

■参考文献

- 1) Weiss RJ, Wretenberg P, Stark A, Palmblad K, Larsson P, Grondal L, Brostrom E: Gait pattern in rheumatoid arthritis, Gait Posture. 2008.28 (2) : 229-34.
- 2) Patsika G, Kellis E, Smiridis IG: Neuromuscular efficiency during sit to stand movement in women with knee osteoarthritis, J Electromyogr Kinesiol. Oct;21 (5) : 689-94, 2011.
- 3) Germana Cappellini, Yuri P Ivanenko, Nadia Dominici, Richard E: Motor patterns during walking on a slippery walkway, J Neurophysiol 103:746-760, 2010.
- 4) Zijlstra W, Rutgers A, Hof A, Van Weerden T. Voluntary and involuntary adaptation of walking to temporal and spatial constraints. Gait Posture 1995;3.