

論文内容要旨

Lower limb kinematics during the swing phase in patients with knee osteoarthritis measured using an inertial sensor.

(慣性センサを用いた変形性膝関節症患者の
歩行遊脚期の下肢運動学)

Gait & Posture, 57: 236-240, 2017.

主指導教員：新小田 幸一 教授

(医歯薬保健学研究科 生体運動・動作解析学)

副指導教員：砂川 融 教授

(医歯薬保健学研究科 上肢機能解析制御科学)

副指導教員：川崎 裕美 教授

(医歯薬保健学研究科 地域・学校看護開発学)

谷本 研二

(医歯薬保健学研究科 保健学専攻)

緒言

変形性膝関節症（以下、膝 OA）は、多くの高齢者が罹患する退行変性疾患であり、膝関節の機能障害や日常生活活動（以下、ADL）能力の低下をもたらす。歩行中の転倒リスクを避けるために遊脚側下肢には環境の変化に対して柔軟に適応する能力が求められる。その能力を評価する方法として、下肢運動の変動性解析が有用であるが、これまで膝 OA における遊脚側下肢の変動性に関する研究はなされていない。

近年、変動性解析には従来の変動の大きさの指標とは別に、時間経過に伴う変動パターン（複雑性）の指標が歩行の適応能力を評価する方法として発展してきている。**detrended fluctuation analysis**（以下、DFA）は歩行パラメータの複雑性を評価する解析方法の一つで、これまで主に歩行中のストライド時間の複雑性の評価に用いられてきた。筆者は本論文に先んじて DFA を若年成人の遊脚側下肢の運動学パラメータに適用し、遊脚側下肢制御の適応能力を評価するのに有用であることを示してきた。この解析には多くの連続したデータが必要であり、慣性センサはその点で有益な機器である。慣性センサから得られる遊脚期の下腿角速度ピーク値は前十字靭帯再建患者や転倒リスクの高い高齢者の歩行特性を捉えるために用いられており、膝 OA 患者の遊脚側下肢の制御の成り立ちを評価する上でも有益なパラメータであると考えられる。

そこで本研究は、遊脚側下肢の制御が膝 OA によっていかなる影響を受けているかを明らかにするために、遊脚期の下腿角速度ピーク値の平均値、変動の大きさ、および複雑性の観点から評価し、健常高齢者との比較、そして機能障害や ADL 能力との関連性の調査をすることを目的として行ったものである。

方法

被験者は、整形外科医に片側あるいは両側性の膝 OA と診断された患者 12 人（膝 OA 群）と健常高齢者 11 人（対照群）であった。膝 OA 群は両側性の膝 OA の場合は症状の強い下肢を、片側性の膝 OA の場合は患側を被験側下肢とし、対照群は膝 OA 群の被験側下肢の左右比に合わせ、ランダムに被験側下肢を選択した。

膝 OA 群の機能障害の程度や ADL 能力の評価には、**Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)** の pain, symptom, ADL 項目、および膝関節伸展筋力の測定を行った。

歩行解析では慣性センサ（MVP-RF8-GC-500；マイクロストーン社製）を下腿に取り付け、トレッドミル上で快適スピードでの 10 分間の歩行中の角速度データを取得した。

矢状面の下腿角速度データの連続したストライド毎の遊脚期のピーク値から、時系列データを作成した。そして時系列データの平均値、変動係数、スケーリング指数 α を算出した。変動係数は変動の大きさを示す指標である。スケーリング指数 α は DFA を用いて算出され、時系列データの長時間相関の強さを定量化した指標である。 α は 0.5 に近いほど、時系列データはランダムとなり、1.0 に近いほど、長時間相関が強くなる。

結果

群間の比較では、歩行スピードおよび下腿角速度ピーク値の平均値、変動係数、スケーリング指数 α に有意差は認められなかった。

相関分析により、下腿角速度ピーク値の平均値は KOOS pain スコア ($r = 0.616$, $p = 0.033$) および KOOS ADL スコア ($r = 0.741$, $p = 0.006$) と有意な正の相関を示した。また、変動係数は KOOS ADL スコアと有意な負の相関を示した ($r = -0.677$, $p = 0.016$)。さらに、スケーリング指数 α は KOOS ADL スコア ($r = 0.604$, $p = 0.037$) および膝関節伸展筋力 ($r = 0.655$, $p = 0.021$) と有意な正の相関を示した。

考察

膝 OA 患者の遊脚側下肢の運動制御に関する知見を得るために、下腿角速度ピーク値の平均値、変動係数、スケーリング指数 α を群間で比較したが、有意差は認められなかった。本研究の膝 OA 群は、KOOS スコアが比較的高く、歩行スピードは対照群と大きな差は認められなかったことから、歩行能力が比較的高かったため群間で有意差が認められなかったことが考えられる。

相関分析により、KOOS pain スコアや KOOS ADL スコアが低い患者ほど下腿角速度ピーク値の平均値は低く、KOOS ADL スコアの低い患者ほど下腿角速度ピーク値の変動係数は大きく、スケーリング指数 α は小さいという関連性が示され、遊脚側下肢の運動制御は膝 OA の機能障害や ADL 能力障害の程度と関連することが示唆された。これまでに遊脚側下肢の膝関節角度と臨床スコアとの関連は報告されているが、本研究によって慣性センサから得られる下腿角速度パラメータが膝 OA によって影響を受けた遊脚側下肢の運動制御を理解するために有益な指標であることが新たに明らかとなった。また変動性の観点から、ADL 能力の低い患者ほど、下腿角速度ピーク値の変動が大きく、ランダムな変動、つまり不安定で適応能力の低い運動制御で歩行しているものと解釈できる。

本研究の結果は、膝 OA による機能障害や ADL 能力障害の程度と、歩行中の遊脚側下肢の運動制御との関連性についての新たな知見を提示している。