

論 文 内 容 要 旨

Increase in medial meniscal extrusion in the
weight-bearing position observed on
ultrasonography correlates with lateral thrust in
early-stage knee osteoarthritis

(超音波検査で観察された荷重下内側半月板逸脱の
増加はラテラルスラストと初期変形性膝関節症者で
相関する)

Journal of Orthopaedic Science, 2019, in press.

主指導教員：砂川 融教授

(医系科学研究科 上肢機能解析制御科学)

副指導教員：安達 伸生教授

(医系科学研究科 整形外科学)

副指導教員：高橋 真教授

(医系科学研究科 生体運動・動作解析学)

石井 陽介

(医歯薬保健学研究科 保健学専攻)

変形性膝関節症（膝 OA）進行は、関節コンパートメントの病的な構造変化による機械的ストレスの増加が関連することが広く知られている。Lateral thrust は、歩行中の動的膝不安定性を示し、機械的ストレスを増加させることで膝 OA 進行の危険因子の 1 つであるとされている。また、内側半月板逸脱（Medial meniscus extrusion: 以下、MME）は膝内側コンパートメント負荷を増大させると過去に報告されており、特に非荷重位から荷重位 MME の増加量（ Δ MME）は、膝 OA 進行の重要な要因とされているが、これと lateral thrust との関係性は不明である。また膝 OA の重症度によって lateral thrust と Δ MME が異なることが多くの先行研究で報告されており、関係性に影響を与える可能性がある。つまり、膝 OA 重症度による lateral thrust と Δ MME の関係性を調査することで膝 OA 進行メカニズムの理解を深めることや、進行を予防する情報を提供する可能性がある。本研究の目的は、膝 OA 重症度における lateral thrust と Δ MME の関係性を明らかにすることである。

対象は、X 線検査で片側および両側膝 OA と診断された 44 名である。両側膝 OA 患者では、より重症度が高く疼痛が強い片側を対象とした（平均年齢: 68.9 ± 9.6 歳、女性%: 50%）。これらの対象者は Kellgren-Lawrence grade に応じて、初期膝 OA 群（Kellgren-Lawrence = 2, N = 23）および重度膝 OA 群（Kellgren-Lawrence = 3/4, N = 21）の 2 つの群に分けた。Lateral thrust は、3 軸加速度計（WAA-010, ATR-Promotions, 日本）を用い、快適歩行中の踵設置直後の外側加速度ピーク値として評価した。MME は、超音波検査装置（Hivision Avius, Hitachi ALOKA, 日本）と 6~18 Hz のリニアプローブを使用して測定した。プローブは膝伸展位で内側関節列隙に長軸に配置し、内側半月板と内側側副靭帯の境界線が最もはっきり確認できる画像を取得した。MME は、内側脛骨プラトー骨皮質の延長線から垂直に内側半月板の最外縁までの距離として定量化し、画像処理ソフトウェア（Image J ver19, NIH, US）を使用し測定した。測定は臥位（非荷重位）と片脚立位（荷重位）の 2 条件で測定し、 Δ MME は条件間の差として算出した（荷重位 - 非荷重位 MME）。統計処理は、外側加速度ピーク値、MME および Δ MME の平均値を群間で比較した。また膝 OA 重症度ごとに外側加速度ピーク値と Δ MME の相関を確認するために、Pearson の積率相関係数および Spearman の順位相関係数を各群で用いた。

重度膝 OA 群において、外側加速度ピーク値、非荷重位および荷重位 MME 値は、初期膝 OA 群と比較して有意に高値を示したが、 Δ MME（荷重位 - 非荷重位 MME）は低値を示した。外側加速度ピーク値と Δ MME の関係性については、初期膝 OA 群で有意な正の相関を認めたが（ $r = 0.56$ ）、重度膝 OA 群では認めなかった。

外側加速度ピーク値と Δ MME は初期膝 OA 群でのみ正の相関を示し、重度膝 OA 群では関係性を認めなかった。Lateral thrust は歩行立脚期における脛骨大腿骨関節の前額面不安定性を示し、関節症進行に伴い増加することが知られている。一方で、MME は荷重によって増加し、この増加量である Δ MME は内側半月板の不安定性と関係することが関節鏡視下に確認されている。しかし、膝 OA 進行に伴い MME 値は増加するが Δ MME は低下することが過去に報告され、重度膝 OA の内側半月板は徐々に可塑性が失われることが示されている。本研究においても、重度膝 OA 群の外側加速度ピーク値および MME は、初期膝 OA 群よりも高値にもかかわらず、

△MME 値は低値を示し、先行研究の結果と同様であった。したがって、これらの先行研究および本結果から、膝 OA の初期段階では、荷重下での構造的な膝不安定性、つまり半月板逸脱が、歩行中の膝動的な不安定性と関連している可能性が示唆された。

内側半月板評価に関する今回の結果は、荷重下 MME の増加量が、初期膝 OA における異常な歩行運動を反映していることを示した。つまり、初期膝 OA の関節症進行を予測するには、半月板の不安定性を評価することが重要であるが、これまでの一般的に半月板の評価には MRI が使用されており、MRI では半月板全体の詳細な形態学的評価は可能であるが、荷重負荷などの生理的条件下での評価は困難である。一方、超音波検査装置は、様々な条件下での半月板の評価が可能であり、加えて安全、安価、短時間で検査可能といった多くの利点がある。

本研究の結果から、初期膝 OA の進行を予防するためには超音波検査を用いて内側半月板の不安定性を評価し、不安定性を抑制するような理学療法、装具療法が重要であると考えられる。