

ピークダイナミック法による正規化を用いた変形性 膝関節症者の筋同時収縮解析手法を解明

(記者発表先: 県政記者クラブ・越谷記者クラブ)

【ポイント】

- 変形性膝関節症者(例: 膝関節の軟骨がすり減り、関節痛や関節可動域の制限などを来す疾患)には異常な筋活動が影響することが知られています。
- 本研究は、その筋活動を評価する新たな手法を提案しました。
- この指標が臨床現場で用いられることで、膝 OA の進行を予防したりリハビリテーションの確立につながります。

【概要】

埼玉県立大学(埼玉県越谷市: 学長 星文彦) 研究開発センター・久保田圭祐 特任助教、および大学院研究科・金村尚彦教授らの研究グループが、歩行中の膝関節周囲筋活動パターンが特徴的な変形性膝関節症(膝 Osteoarthritis; 膝 OA)に関して、膝関節周囲筋の同時収縮を定量的に評価する新たな解析手法の有効性を明らかにしました。

この研究成果は、臨床現場でも簡便に評価できる指標としての発展、さらには膝 OA の予防的リハビリテーションの確立に寄与することが期待されるものです。

本研究は、学術誌「Gait and Posture」に、2023年1月28日に公表されています。

詳細は別紙をご覧ください。

【お問い合わせ先】

機関名	埼玉県立大学	住所	埼玉県越谷市三野宮820
担当部署	研究開発センター	担当者名	久保田圭祐 特任助教
電話番号	048-973-4165	E-Mail	kubota-keisuke@spu.ac.jp

【研究の詳細】

◆研究の背景

膝 OA 患者における歩行中の異常な筋活動は関節変性の助長に関与します。異常な筋活動は、関節を固めるような周囲筋の同期的な収縮(以下、同時収縮)に代表されます。これまで、同時収縮は対象とする筋活動間の大きさの比率から定量化されてきました。その過程において、筋活動は電極の貼付位置などによって、活動の大きさが個人で異なることから、ある基準値によって正規化する必要があります。これまでの研究では、膝関節運動に徒手的に抵抗を加えて得られた最大筋力から筋活動の正規化が行われていました。しかし、関節変性を病態とする膝 OA の膝関節に抵抗を加えることはリスクを伴います。したがって、正規化手法によらないで、膝 OA の同時収縮を評価する新たな解析を提案する必要があります。

近年、多変量解析を用いることで、複数筋の活動の大きさと持続時間の変化を定量的に評価することが可能になりました。これは筋シナジー解析と呼ばれ、非負値行列因子分解という手法を用いて解析ができます。この解析は、結果が正規化手法に影響されないことが報告されています。NNMF を用いた多くの研究は各筋の歩行中ピーク値から正規化(以下、ピークダイナミック法)を行なっています。ピークダイナミック法を用いることには、最大筋力計測のような膝関節へ過剰な負荷をかけずに筋活動を正規化することができる利点があります。

そこで、久保田圭祐特任助教らの研究グループは、ピークダイナミック法で正規化した筋電図に対して、従来用いられている手法(Directed Co-Activation Ratios; DCAR) と NNMF (新手法)を適用して、どちらが膝 OA に特徴的な同時収縮を反映しているかを明らかにしました。我々は、各筋の活動比と活動時間を評価変数とする NNMF が膝 OA の同時収縮を評価することに適していると仮説を立てました。

◆方法

10 人の膝 OA 患者と、10 人の健常高齢者にトレッドミル上歩行を行い、測機器はワイヤレス筋電系 7ch を用いました。対象者の大腿四頭筋 3 筋、ハムストリングス 2 筋、腓腹筋 2 筋に電極を貼付して、筋電位を取得しました。各筋電位は、それぞれピークダイナミック法によって正規化しました。従来手法である DCAR は、大腿四頭筋、ハムストリングス、腓腹筋の 3 筋群をそれぞれ平均し、各筋群の活動比から同時収縮を算出しました。新手法である NNMF は、7 筋の中で類似したタイミングで活動する筋を 1 つのモジュールとしてグループ化して、いくつかのモジュールで 7 筋すべてを分類できるか評価する方法です。モジュールは 2 つの要素から構成され、1 つはモジュールの持続時間、もう 1 つはモジュールに含まれる各筋活動の大きさを表します。つまり、歩行中の筋活動から同時収縮を構成する筋とその同時収縮の持続時間を評価することができます。DCAR と NNMF の算出結果は、それぞれ膝 OA 群と健常高齢者群間で比較され、どちらが膝 OA の特徴を反映していたのかが明らかにしました。

◆研究の成果

DCAR の結果では、膝 OA と健常高齢者とでいずれの組み合わせでも明らかな差はありませんでした(図 1)。一方で、NNMF の解析では、健常高齢者と比較して膝 OA でモジュール数が有意に少なくなりました(図 2)。モジュール数の減少は、1 つのモジュールに含まれる筋数の増加、すなわち同時収縮の増加を意味する可能性があります。そこで、モジュールの持続時間と各筋の活動の大きさを詳細に評価しました(図 3、4)。その結果、モジュール数が少なかった対象者は、モジュールに含まれる筋の数が有意に多く、さらに歩行周期に渡って遷延することがわかりました。これは、膝 OA 患者の筋活動パターンを反映しています。

以上のことから、ピークダイナミック法で正規化した筋電図を用いた場合、各筋活動をモジュール構造として評価する NNMF が膝 OA の特徴的な同時収縮を反映していることがわかりました。本手法は、膝関節に過度な負

担をかける最大筋力の計測を必要としません。したがって、膝 OA のような有疾患者の筋活動を評価する上で有用であると考えられます。

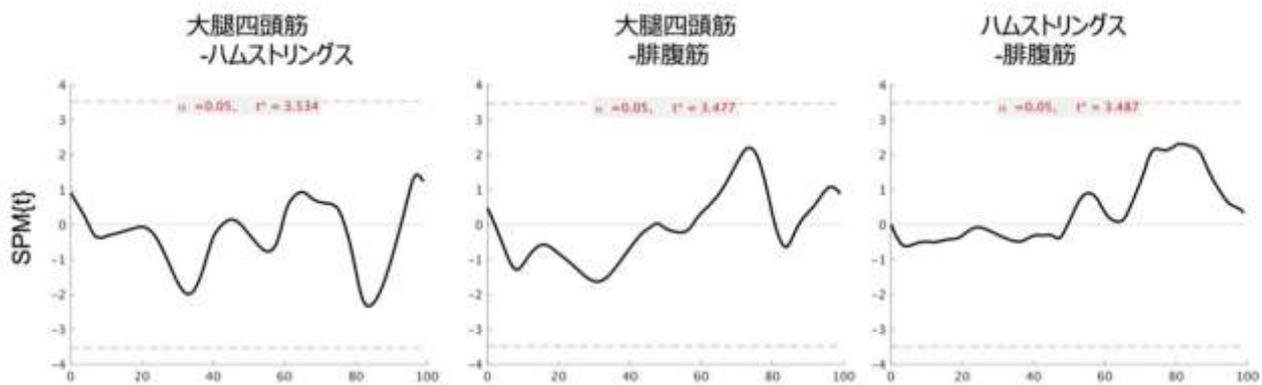


図 1. DCAR の膝 OA 群と健常高齢者群間の比較
上下の赤点線を超えると有意差ありを意味する。

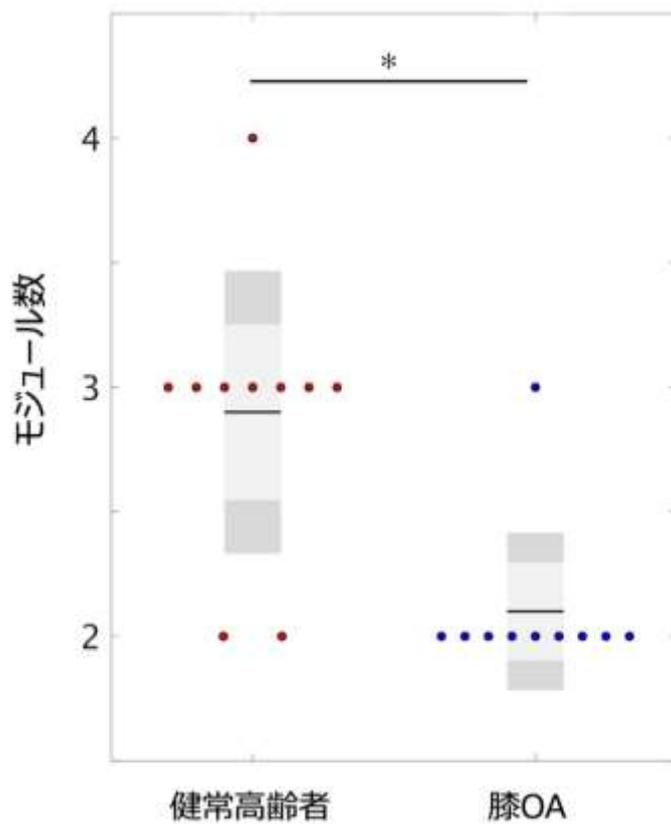


図 2. 膝 OA 群と健常高齢者群のモジュール数

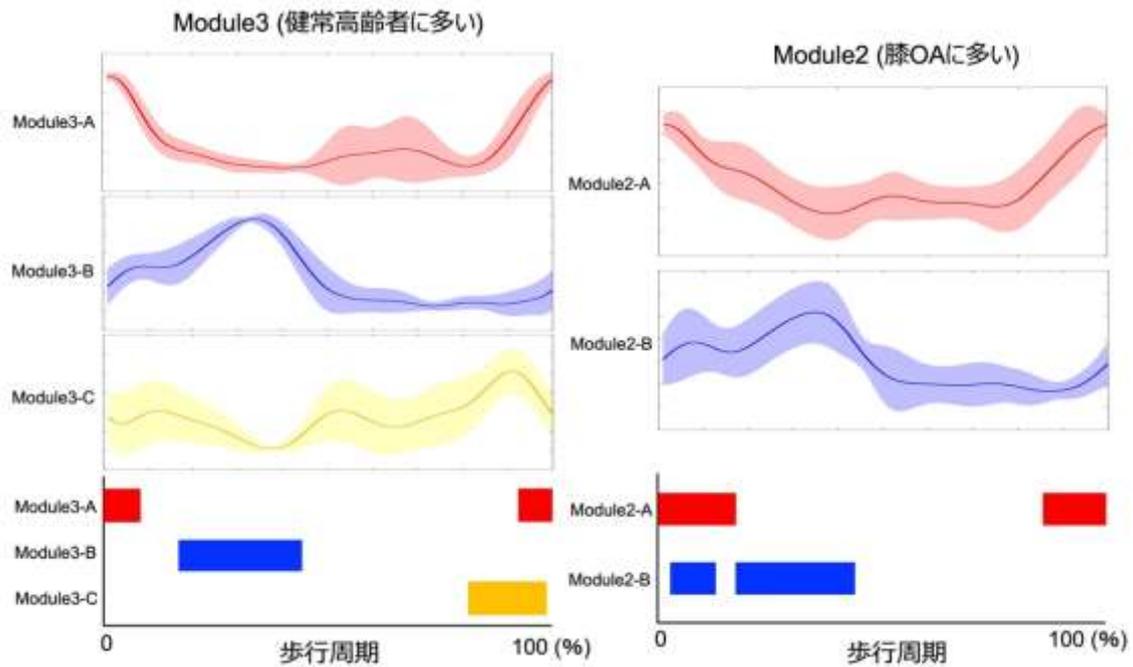


図 3. モジュールの持続時間

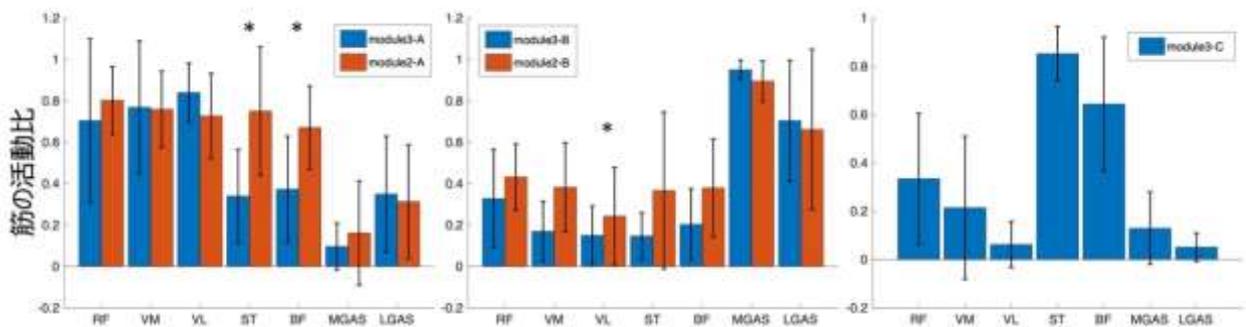


図 4. モジュールに含まれる各筋活動の大きさ

◆今後の展開

本研究では、膝 OA 患者に身体的な負荷が少なく同時収縮を評価する手法を確立しました。今後はウェアラブルなデバイスを用いて臨床現場でも簡便に評価できる指標としての発展が期待できます。また、本指標を膝 OA の発症や進行と関連づけることによって予防理学療法アプローチの開発に繋がります。臨床応用に向けて引き続き検証を続けてまいります。

【発表雑誌】

Gait and Posture (<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.01.021>)

【論文タイトル】

The investigation of an analysis method for co-activation of knee osteoarthritis utilizing normalization of peak dynamic method

【DOI】

【著者】

久保田圭祐¹、横山萌香²、鬼塚勝哉³、金村尚彦³

【研究グループ】

1. 埼玉県立大学 研究開発センター
2. 順天堂大学 大学院医学研究科 スポーツロジックセンター
3. 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

以上