

2017年12月14日

博士学位論文審査報告書

大学名 早稲田大学
研究科名 スポーツ科学研究科
申請者氏名 松永 直人
学位の種類 博士（スポーツ科学）

論文題目 シナジー解析を用いたスポーツ動作の筋活動解析
Muscle activity analysis using muscle synergy method during sports movements

論文審査員 主査 早稲田大学 教授 金岡恒治 博士(医学)(筑波大学)
副査 早稲田大学 教授 彼末一之 医学博士/工学博士(大阪大学)
副査 早稲田大学 教授 土屋 純 博士(人間科学)(早稲田大学)

さまざまなスポーツ動作時の筋活動解析が行われ、競技力向上や障害発生予防のための基礎的なデータの提供が行われている。運動時の筋活動解析の方法としては、動作を幾つかのフェーズに期分けし、そのフェーズ内での筋活動の総量を最大随意収縮時の割合(%MVC)として算出し、各フェーズ間やグループ間で比較する手法が用いられている。松永氏はランニング動作の介入が下肢の筋活動に及ぼす影響を明らかにし、一般的なランニング障害である腸脛靭帯炎の発症に関連する変化を明らかにする疲労介入研究(研究1)を実施した。しかし従来の解析方法を用いたところ、推察されている障害発生メカニズムを説明できるような結果は得られなかった。そのため、近年普及してきている筋シナジー解析を用いて、疲労介入前後での筋活動を比較したところ(研究2)、興味深い結果が得られた。また同手法を用いて、疲労介入前後のサイドステップ動作(研究3)、弓道競技とバドミントンの競技力の違いによる筋活動様式の差異解析(研究4、5)を行ったところ、新たな知見を得ることができた。

これらの研究について以下に詳述する。

研究1：8名の健常成人男性を対象とした。ワイヤレス筋電計測器データロガー16個を腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、脊柱起立筋、大殿筋、中殿筋、大腿筋膜張筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋、内転筋、大腿二頭筋長頭、短頭、前脛骨筋、腓腹筋のいずれも右側に貼付した。トレッドミル上でランニングを行い、開始直後と10分間のランニング介入後の筋活動を、ランニング動作を4つのフェーズに分けて%MVCを比較解析した。その結果として右足が接地する直前のフェーズにおいてランニング介入によって中殿筋、外側広筋

の筋活動量の減少を認め、着地に備える事前筋活動が抑制され、着地時の安定性低下に繋がることが予測された。本研究結果は末尾の掲載論文1)において公表された。しかし当初の仮説であった、腸脛靭帯炎発症に関与する大腿筋膜張筋の活動量増加は観察されなかった。

研究2：研究1に於ける従来の筋活動解析方法では腸脛靭帯炎の発症機序に関わる大腿筋膜張筋の活動増加を認めなかったため、得られた筋活動データに対して非負値行列因数分解を行い、協調性のある筋群のグループ（筋シナジー）とその筋群の活動時間のパターンを抽出し、介入前後による比較を行い、相同性を評価して介入前後を比較した。その結果、4つの筋シナジーが抽出され、そのうち3つは介入前後ともに同一のもので、1つは異なるものであった。異なる筋シナジーと時間パターンについては、介入前は蹴り出しのタイミングで体幹筋群が筋シナジーを形成していたのに対して、介入後では着地後に下肢筋群がシナジーを形成して活動しており、ランニング時の身体安定化に関わる筋活動様式が変化していることを推察させた。また介入後の筋シナジーにおいて大腿筋膜張筋の筋活動量は介入前より増加しており、この筋緊張の増加が腸脛靭帯炎の障害発生に関与することが疑われた。本研究内容は末尾の掲載論文2)において公表された。

研究3：研究2において筋シナジー解析を行うことで動作時の筋群の活動性をより詳細に知ることが出来ることが示されたため、これまで当研究室で行ってきた動作時筋活動解析結果についてシナジー解析を行った。サッカーなどのサイドステップを繰り返す競技においては内転筋付着部障害としてのグローインペインが問題となる。そのため、9名の健康人男性を対象として、サイドステップ時の下肢、体幹筋群の活動を疲労介入前後で比較したところ、介入によって右足の着地前の内転筋の活動量増加が観察されていた（青木2012）。今回はこのデータを筋シナジー解析したところ、介入前後で3つの同一の筋シナジーが観察された。しかし、内腹斜筋、大腿直筋、内転筋からなる筋シナジーの活動タイミングは、介入前は右足接地前であったものが、疲労介入によって活動タイミングが右足着地後に変化していた。この現象は着地時の身体安定性を獲得するために不利であり、このような筋活動タイミングの遅延が内転筋に遠心性収縮を招き、グローインペイン発症の端緒になることが推察された。

研究4：これまでの解析によって、筋シナジー解析はスポーツ動作時の身体筋群の協調性を評価することができる事が示されたため、同手法を用いてスポーツパフォーマンスを評価する試みを行った。9名の弓道選手を上級者4名と中級者5名に分け、弓射動作時の体幹筋活動を解析したところ、中級者は弓の射出時に外腹斜筋の活動が高く、上級者は内腹斜筋の高い活動性を認めた。このことから上級者は体幹深部筋である内腹斜筋を用いて射出時の身体に加わる外乱力に抗して身体を安定させていたことが推察された。本解析結

果は末尾の掲載論文3)において公表された。

研究5：またバドミントン選手13名を研究4と同様に上級者7名と初級者6名に分けてスマッシュ動作時の筋シナジー解析を行ったところ、上級群にのみ、内腹斜筋と前腕筋からなる筋シナジーが、シャトルをインパクトする際に活動が高まることが観察された。このことから上級者はインパクト時の外乱に抗した体幹とラケットの安定性を得るために、このような筋活動様式をとることが示された。

これまで用いられてきた、フェーズの期間の筋活動総量を各筋毎に比較する従来の解析方法では、スポーツ障害発生メカニズム解析や、競技パフォーマンスの評価には不十分であったが、筋シナジー解析は複雑な動作時の筋活動様式を評価する手法として有用であることが示された。今後、本手法を用いた研究を進めていくことによって、障害予防対策のみならず競技力向上方法も明らかにされていくことが期待される。このため、松永氏のこれらの業績は博士(スポーツ科学)の学位を授与するに十分に値するものと認める。

本研究内容の掲載論文

- 1) 松永直人, 阿久澤弘, 今井厚, 金岡恒治. 走動作による疲労が筋活動様式に及ぼす影響. 日本臨床スポーツ医学会誌. 第25巻, 第2号, 196-202, 2017.
- 2) Matsunaga N, Imai A, Kaneoka K. Comparison of muscle synergy before and after 10 minutes of running. *Journal of Physical Therapy Science* 29(7), 1242-1246, 2017.
- 3) Matsunaga N, Imai A, Kaneoka K. Comparison of modular control of trunk muscle by Japanese archery competitive level: A pilot study. *International Journal of Sport and Health Science*. in press.