

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）
概要書

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

2018年1月
早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科
松永 直人
MATSUNAGA, NAOTO
指導教員： 金岡 恒治 教授

【第1章】研究背景

筋活動解析の手法はいくつか存在し、積分値を用いた筋活動量や周波数解析を用いた疲労度の評価、あるいは筋の活動タイミングを調査することができるが、これらは個々の筋に対する評価である。スポーツ動作は様々な筋が協調して行われることから、これらの解析手法を用いたスポーツ動作の評価には限界があった。しかし近年、リハビリテーションを目的にロボティクスや神経科学の分野では運動を機能ごとに分割し、その機能がどの筋群の協調運動によって構成されるかを明らかにする、「筋シナジー」と呼ばれる筋活動に対する新たな解析手法が用いられている。

代表的なランニング障害である腸脛靭帯炎は中殿筋の機能不全による大腿筋膜張筋の過負荷、つまりこれらの筋の協調性の欠如によって生じるとされていることから、スポーツ動作を個々の筋活動から評価するのではなく、筋の協調的な活動を示す筋シナジーを評価することが重要ではないかと考える。またスポーツ動作は非常に複雑であることから多くの筋を上手く協調させる必要があり、筋シナジーはスポーツパフォーマンスにも影響していると考えられる。そこで本博士論文では、従来の解析手法である筋活動解析と、新たな解析手法である筋シナジー解析を用いて、様々なスポーツ動作時の筋活動を解析した。

【第2章】研究課題1: ランニング介入前後における筋活動解析

ランニングを行うためには多くの筋が協調して活動する必要があるが、実際は4から5つの筋シナジーによってランニング動作は行われている。ランニング障害の多くはオーバーユース障害であることから、ランニングの継続によって身体活動様式が変化する可能性があり、その背景には筋シナジーが変化していることが推測される。そこで本章ではランニング中の筋活動様式を介入前後で調査した。介入は70%強度でのトレッドミルを用いた10分間走とした。その結果、介入前は外側広筋や中殿筋などの下肢筋群が関節の安定性を高めるためにpre-activationとして着地前に事前に活動していたが、ランニングの継続によってその活動量が低下することが明らかとなった。Pre-activationでの活動量が着地後の関節の安定性と正の相関を持つことから、介入による筋活動様式の変化は周囲の筋や靭帯への負荷を増加させる可能性が示唆された。また筋シナジー解析の結果、4つの筋シナジーのうち着地前に体幹筋群による姿勢保持機能を有した筋シナジーが、ランニングの継続によって着地後に大殿筋や大腿筋膜張筋といった下肢筋群を動員することで姿勢を保持する筋シナジーに置き換わった。この結果からランニングの継続が下肢筋群への負荷を増加させ、ランニング障害を誘発させるリスクとなる可能性が示唆された。

【第3章】研究課題2: 疲労介入前後の繰り返し動作時の筋活動解析

股関節内・外転筋群を選択的に疲労させるラテラルジャンプを導入し、その前後における側方繰り返し動作時の筋活動量解析と筋シナジー解析を行った。介入試技のラテラルジャンプは身長分の距離で60Hzのペースで行い、2回連続して指定の距離を跳べなかったあるいはペースを外れた場合に介入を終了した。筋活動量の比較では、疲労介入によって側方繰り返し動作の着地前の内転筋の筋活動量が減少した。着地前の活動は第2章同様pre-activationとして、着地時の股関節の外転を抑制し股関節を安定させるためと考えられるが、介入によって着地時の股関節の安定性が低下した可能性がある。また筋シナジー解析では着地前から内腹斜筋/腹横筋と大腿直筋及び内転筋が協調して荷重時の股関節の外転抑制機能として働くことが明らかとなった。しかし介入後にこの機能が発現するタイミングが遅延した。この結果は着地時に股関節の外転抑制機能が正常に働かず、不安定な状況になっていると推測される。そのため股関節内・外転筋群のオーバーユースによる疲労が側方繰り返し動作時の股関節の安定性を低下させ、グロインペインの発症要因となっている可能性が示唆された。

【第4章】研究課題3:弓道競技者の競技レベルと筋活動様式

弓道競技では身体の安定性を保つことが競技パフォーマンスを決める要因の一つと考えられるが、弓射動作を対象とした研究のほとんどは上肢筋群に着目したもので、体幹筋群の活動様式は不明である。上肢挙上運動においても体幹筋群が活動することやスポーツの競技レベルによって筋シナジーが異なることが報告されていることから、本章では弓射動作時の体幹筋活動様式を調査し弓道の競技レベルで比較した。筋活動量の比較では、競技レベルの高い elite 群の内腹斜筋/腹横筋の活動量が弓射動作中一貫して競技レベルの低い novice 群より大きかった。さらに筋シナジー解析の結果、elite 群は弓射動作後半に体幹部の静的安定性に寄与する内腹斜筋/腹横筋によって体幹を安定させる筋シナジーを有したが、novice 群では同時間帯に体幹を挙動させる際にトルクを生み出す外腹斜筋によって同様の機能を得ていた。弓道競技では体幹部の挙動は伴わないことから、elite 群の様に内腹斜筋/腹横筋によって体幹を固定する方が良いと考えられる。さらに弓道競技では競技レベルによって上肢筋群の活動様式が異なることが報告されていることから、本章の結果より体幹筋群の活動様式もパフォーマンスを決める要因となる可能性が示唆された。

【第5章】研究課題4:バドミントン競技者の競技レベルと筋活動様式

世界バドミントン連盟のコーチングマニュアルには、「バドミントン選手には優れた筋の協調性が必要である」と記されているが、どのような筋活動様式であるかは不明である。そこで本章ではバドミンツンのスマッシュ動作時の筋活動様式を調査し、競技レベルで比較した。その結果、シャトルをインパクトする際の筋活動量に競技レベルによる差は認めなかった。一方筋シナジー解析の結果、競技レベルの高い advanced 群は内腹斜筋/腹横筋と前腕の筋群をインパクト時に協調して活動させることでショットの威力を高めたと推測されるが、競技レベルの低い beginner 群では同様の機能を持つ筋シナジーは存在しなかった。この結果から、上級者にはパフォーマンスを高めるための特有の機能を持つモジュールが存在することが示唆された。

【第6章】総合考察

第2章ではランニングを継続することで、姿勢制御機能が体幹筋群から大殿筋や大腿筋膜張筋などの下肢筋群に移行し、同一の機能を得るために異なるストラテジーが働くことが明らかとなった。これは下肢筋群への負荷が増大することが推測され、ランニング障害を誘発させる可能性がある。また第3章では股関節内・外転筋群を選択的に疲労させるラテラルジャンプ前後の側方繰り返し動作時の筋活動様式を調査し、着地時に股関節の外転を抑制する機能が介入によって遅延することが明らかとなった。これは着地時に股関節が安定せず、グロインペインなどの股関節障害の要因となることが考えられる。これらの結果から、筋シナジー解析はスポーツ障害の発生機序を推察する上で有用であると考えられる。

第4章では弓道競技を対象に弓射動作時の体幹筋群の筋シナジーを競技レベルで比較し、静的安定性を確保する内腹斜筋/腹横筋によって姿勢を制御することが競技パフォーマンスを高める要因となることが示唆された。また第5章ではバドミンツンのスマッシュ動作を競技レベルで比較した結果、インパクト時に前腕の筋群と内腹斜筋/腹横筋の協調運動が上級者には存在し、パフォーマンスを高める筋シナジーが存在することが明らかとなった。これらの結果から、筋シナジー解析は競技パフォーマンスを向上させる上で有益な情報が得られる可能性が示された。