

〔博士論文概要〕

陸上競技跳躍選手におけるリバウンドジャンプを用いた
下肢筋力・パワー発揮特性のアセスメント法の開発

令和元年度

図子 あまね

筑波大学大学院人間総合科学研究科コーチング学専攻

陸上競技跳躍種目（走高跳，棒高跳，走幅跳，三段跳）は，競技パフォーマンスの主要局面である踏切において極めて短時間に大きな鉛直地面反力を獲得する．この時，下肢の筋腱複合体では伸張－短縮サイクル運動（Stretch-shortening cycle movement: SSC 運動）が遂行されている．この下肢の SSC 運動遂行能力を評価するための方法として，リバウンドジャンプテストが挙げられる．これらのテストは，その跳躍高を接地時間で除した値であるリバウンドジャンプ指数を評価指標としており，国外でも **Reactive strength index** として普及している．これまで，優れた陸上競技跳躍選手は，高いリバウンドジャンプ指数を示すことが報告されている．したがって，リバウンドジャンプ指数は，陸上競技跳躍選手の下肢 SSC 運動遂行能力を評価する手段として有効であると考えられる．

リバウンドジャンプ指数の構成要素である，跳躍高を獲得する能力は，最大脚伸展力や垂直跳の跳躍高に関わる能力に影響されることに対して，接地時間を短縮する能力は，足関節に関与する筋群が影響していることが示されている．これらのことを考慮すると，リバウンドジャンプ指数を構成する，高い跳躍高を獲得する能力と接地時間を短縮する能力は互いに異なる独立した能力であると考えられる．さらに，跳躍高，接地時間，リバウンドジャンプ指数という変数は主に下肢の 3 関節（足，膝，股関節）に関与する筋群の働きが相互に関連し合っ生み出される結果である．したがって，下肢 3 関節における筋群の働きを示す下肢関節の力学量を評価に加えることで，より詳細な評価を行うことが可能になると考えられる．

一方，陸上競技跳躍種目の中でも高さを競う走高跳と距離を競う走幅跳では，助走速度が異なることから，踏切時の踏切時間も異なることが考えられる．よって，2つの種目の選手は互いに異なる下肢の SSC 運動遂行能力の特徴を持つ可能性があるが，これまで種目特性を加味した評価診断の観点は提示されていない．さらに，リバウンドジャンプ指数が増大した際，接地時間の短縮と跳躍高の増大は同時に起こらず向上と減退を繰り返すこと，接地時間の短縮に限っては人間が運動遂行時間を短縮できる限界に近づくことから，短くなるほど短縮量が減少することが示されている（図子・高松, 1994）．よって，リバウンドジャン

ブ指数の増大に伴う接地時間と跳躍高や下肢 3 関節の力学量の変化は、接地時間や跳躍高の初期値によって異なる可能性が考えられるが、そのことについては検討されていない。

以上のことから、リバウンドジャンプテストにおける、下肢関節力学量も踏まえた下肢 SSC 運動遂行能力を評価するための観点は示されていないと言える。よって、本研究では、リバウンドジャンプテストによる下肢 SSC 運動遂行能力を評価するために必要な観点を示すとともに、リバウンドジャンプを用いた陸上競技跳躍選手の下肢の筋力・パワー発揮特性のアセスメント法について検討した。

研究課題 1 では、リバウンドジャンプのパフォーマンス変数に対する下肢 3 関節力学量の影響とパフォーマンス変数と下肢 3 関節力学量を加えた評価の有効性を検討した。対象者は陸上競技跳躍種目を専門とする男子選手 56 名とし、5 回連続のリバウンドジャンプを実施した。リバウンドジャンプの跳躍高と接地時間、リバウンドジャンプ指数および下肢 3 関節の負および正のパワー、仕事を算出した。また、競技成績は IAAF Scoring Tables of Athletics (2017 年度版) を用いて得点化した (IAAF スコア)。IAAF スコアとパフォーマンス変数の間の相関分析には、Pearson の積率相関係数を用いた。さらに、リバウンドジャンプ指数、跳躍高、接地時間に対する下肢 3 関節の力学量 (パワー、仕事) の影響を検討するために、パフォーマンス変数を従属変数、下肢 3 関節の力学量を独立変数として強制投入法による重回帰分析を行い、パフォーマンス変数に対する各力学的変数における足関節、膝関節、股関節それぞれの影響を検討するために、重回帰係数と各変数を平均値 0、分散 1 に標準化して標準偏回帰係数を算出した。その結果、IAAF スコアとリバウンドジャンプ指数および跳躍高の間に有意な相関関係が認められたことから、高い跳躍高を獲得し、リバウンドジャンプ指数に優れる選手は競技成績に優れる可能性が示唆された。また、リバウンドジャンプ指数に対する下肢 3 関節それぞれの寄与を検討した結果、足関節の負および正のパワー、正の仕事と股関節の負および正の仕事が有意に影響する要因として認められた。したがって、足関節および股関節のパワーや仕事については、どちらか一方ではなく、共にリバウンドジャンプ指数に影響している可能性が示された。さらに、個別データを見るとパフォーマンス変数が同じであっても、下肢 3 関節の筋力・パワー発揮特性は個人で異なることが示されたことから、個別データによってトレーニングの原則の一つである個別性の原則に配慮したトレーニングアセスメントをエビデンスベースに行うことができることが示唆された。

研究課題 2 では、跳躍種目の中でも高さを目指す走高跳と距離を目指す走幅跳に着目し、リバウンドジャンプからみたパフォーマンス変数と下肢関節力学量の種目特性を検討した。対象者は、日本トップレベルを含む男子陸上競技跳躍選手とし、走高跳または走幅跳を専門とする男子 25 名 (走高跳 12 名、走幅跳 13 名) であった。実験運動は研究課題 1 と同じであり、算出項目は研究課題 1 に加えて貢献度を算出した。群間の各変数の比較には対応の

無い t 検定を用いて p 値を示した。また、平均値の差の程度について検討するために効果量 (d) を算出した。さらに、2 種目における変数間の相関分析には、Pearson の積率相関係数を用いた。その結果、走高跳群と走幅跳群の競技力およびリバウンドジャンプ指数は同水準であったにもかかわらず、接地時間は走高跳群が有意に長かった。また、走高跳群は、膝関節の負および正の平均パワーと仕事、股関節の負の平均パワーが有意に高い値を示した。一方、走幅跳群は、足関節の仕事の貢献度が有意に高い値を示した。さらに、IAAF スコアと下肢関節力学量の相関関係を検討したところ、走高跳群では、膝関節の負のパワー、正の仕事の間に、走幅跳群では、足関節の正の仕事の間にそれぞれ有意な相関関係が認められた。以上のことから、同水準の競技力を有する走高跳選手と走幅跳選手であっても、下肢の SSC 運動遂行能力の特性は異なる可能性が示唆された。

研究課題 3 では、縦断データを用いて、リバウンドジャンプ指数の増大の際の跳躍高と接地時間、さらに下肢 3 関節の力学量の変化を検討した。対象者は陸上競技跳躍男子選手 41 名であった。実験運動は研究課題 1 と同じとした。2 回のテストの間は 12 カ月を超えないものとし、テスト日に最も近い競技会の記録をそれぞれ得点化した。また、接地時間および跳躍高の初期値を考慮した変化を検討するために、1 回目のリバウンドジャンプテストにおける接地時間と跳躍高の平均値 $\pm 0.5SD$ を基準として、 $-0.5SD$ 以下、 $0.5SD$ 以上、その間の 3 群に分類した。各群における変数の差の検定には対応のある 2 要因分散分析 (回数条件 \times 群間条件) を用い、交互作用が認められた場合には単純主効果の検定を、交互作用が認められなかった場合には主効果の検定を行い、それぞれで F 値が有意であると認められた場合には Bonferroni の方法を用いて多重比較を行った。その結果、まず、IAAF スコアの変化量とリバウンドジャンプ指数の変化量の間に有意な相関関係が認められた。よって、リバウンドジャンプ指数の増大と競技成績の向上は同時期に起こる可能性が考えられる。また、リバウンドジャンプ指数が有意に増大した時、跳躍高に加えて足関節と股関節の正のパワーおよび仕事が有意に増大した。さらに、接地時間と跳躍高の初期値に着目した変化を検討したところ、接地時間は初期値が長い場合にのみ有意に短縮すること、跳躍高は初期値に依存せず足関節と股関節の力学量に影響を受けることで変化することが示された。

上述した研究課題から、リバウンドジャンプテストにおいて下肢の筋力・パワー発揮特性を評価診断するための観点を提示することができた。そこで、各評価観点を用いた評価および診断を実施し、本研究の知見を用いたリバウンドジャンプテストによるアセスメント法の有効性について検討した。2 名の事例 (選手 A と B) に対して、本研究の知見を用いた評価・診断を行った。その結果、パフォーマンス変数からみた際には、両者ともに接地時間が短く高い跳躍高を獲得する、同じ特徴を有していた。しかしながら、下肢関節力学量を見た際には、選手 A は、課題 1 や 2 で示された典型的な特徴であったが、選手 B は、本研究で示した平均的な特徴から大きく異なることが示された。さらに、下肢 SSC 運動遂行能力を

高めるための課題も、両者で大きく異なる可能性が示された。これらのことから、個人の持つ下肢の筋力・パワー発揮特性を適切に評価するためには、本研究の評価観点をういながら、さらに個別に下肢関節の力学量を評価および診断することが不可欠であると考えられる。

本研究の結果は、陸上競技跳躍選手の下肢の筋力・パワー発揮特性をより詳細に評価診断するためには、リバウンドジャンプのパフォーマンス変数だけではなく下肢 3 関節の力学量を評価診断に利用することの有効性と必要性を示すものである。これらの知見は、陸上競技跳躍選手の下肢の筋力・パワー発揮特性においてエビデンスに則ったトレーニングの評価診断を行うことの重要性を示唆するものである。