

論文審査の結果の要旨

論文題目：連続動作遂行における先行動作の制御—ドロップジャンプをモデルとして—

Control of the prior movement in sequential movements  
- Studies on drop jump as an experimental model -

論文提出者氏名 飯田 祥明

スポーツ競技においては、時々刻々と変化する条件の中で適応的に動作を遂行することが求められる。例えばバスケットボールにおいては、空中でボールをキャッチし、着地するや否やシュートあるいはパスをするために瞬時の判断、実行が求められる。

ドロップジャンプはスポーツトレーニングでよく用いられる特殊な運動形態であり、通常 30～50 cm 程度の台から飛び降り、停止することなくすぐさま両脚でジャンプする連続動作である。本研究は、この連続動作を研究モデルとし、目的とする主動作を実行する前の先行動作がいかに制御されているのか、特に主動作の条件に応じてどのように適応的に制御されるのかを明らかにすることを目的とした。

研究 I は、最大高到達を目的とした条件下におけるドロップジャンプを研究モデルとして用いた。

実験 1 では、ドロップジャンプ動作中の床反力、関節角度および筋活動パターンと跳躍高との関係を検討し、最大跳躍高に影響する着地の力学的特性を明らかにすることを目的とした。その結果、衝撃指標（体重あたりの垂直床反力ピーク値）が、跳躍高との間に有意な負の相関関係を示し、着地時の衝撃が小さいほどジャンプに移行した際の跳躍高が高くなる傾向にあった。また、衝撃指標は接地前および接地直後の局面でのヒラメ筋および腹直筋の活動レベルと正の相関関係にあった。この結果は、過度な筋活動によるスティフネスの増大を抑制した状態で着地することが衝撃の緩衝に重要であることを示唆する。さらに、衝撃指標の大きさに被験者を 2 群に分け筋活動パターンを比較したところ、衝撃指標が大きい群にのみ上昇局面において近位 - 遠位の順でピークが発生する連続的放電パターンが観察された。また、衝撃が大きい群の大殿筋の接地直後の活動水準は 80-100ms の範囲においてのみ衝撃が小さい群より有意に増大していた。これらの結果から、着地衝撃の大きい被験者の跳躍高が低くなる傾向の一因として、大きな衝撃によって生じた不随意的筋活動により、跳躍高獲得に有利な筋活動順序パターンが阻害された可能性が考えられた。

実験 2 では、着地のみによるトレーニングによって、ドロップジャンプの跳躍高が増大するという仮説のもと、トレーニング前後のキネマティクス、キネティクスおよび筋活動の変化を

検討した。着地トレーニングによって、着地およびドロップジャンプの衝撃指標は有意に減少した。トレーニング群においてはドロップジャンプの跳躍高は増加し、上昇局面における股関節の伸展トルク、パワーおよび仕事が増大した。これらの結果から着地衝撃緩衝トレーニングの効果はドロップジャンプにも転移し、股関節の力発揮増大による跳躍高増大を導いたと推察された。

研究Ⅱでは接地前の音刺激によってドロップジャンプと着地動作を切り替える研究モデルを用いた。

まず実験3においては、ドロップ中に次の動作、すなわち着地のみかジャンプかを指示される際の着地動作について調べ、次にジャンプを実行するか否かが不確定な状況での着地動作がいかに制御されているのかを明らかにしようとした。動作を切り替えなかった不確定条件における接地時の股関節及び膝関節角度および接地前の各筋の活動量は、ドロップジャンプと着地の中間範囲で準備されていた。これらの結果から、ドロップジャンプや着地を遂行する際に動作を変更する可能性がある場合、接地前に2つの動作の中間的な運動準備がなされているものと推察された。動作を切り替えた不確定条件においては、音刺激呈示タイミングが、確定条件との相対的なパフォーマンスとの間に有意な相関関係を示し、音刺激タイミングの遅延によって着地からドロップジャンプに切り替えた際のパフォーマンスが低下することが明らかになった。またドロップジャンプと着地を切り替えた条件では、接地後からでなく滞空中からすでに確定した条件における姿勢・筋活動量へ近付くよう動作の修正が行われていたと推察された。

実験4では不確定条件下で高いジャンプパフォーマンスを発揮するための運動準備を明らかにするために、接地前の姿勢・筋活動量とパフォーマンス指標との関係を調べた。動作を切り替えなかった不確定条件においては、足関節および膝関節の接地角度が刺激タイミングとの間に有意な相関関係を示し、足関節、膝関節角度が確定条件に近いほどドロップジャンプのパフォーマンスが優れていた。この結果は、ドロップ中に次の動作が指示される条件下でも確定条件に近い運動パターンが維持できる被検者がパフォーマンスの低下が低い傾向にあることを示す。さらに、腓腹筋の接地前の筋活動量はドロップジャンプ指標の相対値との間に有意な負の相関関係を示し、筋活動量が確定条件に近いほど相対ドロップジャンプ指標が高くなる傾向があった。動作を切り替えた不確定条件に関しても、接地時の下肢関節角度がドロップジャンプ指標の相対値との間に有意な相関関係を示し、確定条件に近い角度で接地できるほどドロップジャンプ指標が高くなる傾向があった。さらに、ドロップジャンプ指標の相対値はヒラメ筋の接地前の筋活動量との間に有意な負の相関関係を、前脛骨筋および大腿二頭筋の接地前の筋活動量との間に有意な正の相関関係を示し、筋活動量が確定条件に近付くほどドロップジャンプ指標が高くなる傾向があった。これらの結果から、着地姿勢を確定条件におけるものに近付けるように接地前の筋活動レベルを修正できた試行では、確定条件に近いジャンプパフォーマンスが維持できることが示唆された。

実験5は、専門競技経験が不確定条件のジャンプパフォーマンスおよび接地前の運動準備に

及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、不確定条件におけるドロップジャンプ動作をバスケットボール選手と陸上競技選手との間で比較した。確定条件および動作を切り替えない不確定条件におけるジャンプパフォーマンスに関する指標は絶対値および相対値ともに競技群間で有意な差は認められなかった。一方で、動作を切り替えた条件においては、相対ドロップジャンプ指標が両群において音刺激のタイミングとの間に有意な負の相関関係を示したが、回帰式の傾きは陸上選手群において有意に大きく、バスケットボール選手が陸上選手よりも動作直前にジャンプ動作を要求された場合のジャンプパフォーマンス能力に長けていることが示唆された。また、確定条件に対する跳躍高と接地時膝関節角度の相対値に関しては、陸上選手群においては音刺激のタイミングとの間に有意な負の相関を示したが、バスケットボール群においては有意な相関は認められず、着地からジャンプに動作を切り替えた際の接地時の膝関節角度の増大を抑えたことが、バスケットボール群が動作を切り替える条件においてジャンプパフォーマンスの低下を軽減できた要因の一つであると推察された。

以上、本研究全体の結果をまとめて以下に示す。

- ① 最大高到達を目的とした場合はスティフネスが低く衝撃緩衝に適した動作へ、接地後の動作が不確定な状況では姿勢や筋活動を動作変更の可能性が無い場合のものに近付けるよう着地を制御することで優れたジャンプパフォーマンスが可能になる。
- ② 衝撃緩衝を目的とした着地トレーニングにドロップジャンプパフォーマンスの改善効果がある。また、運動経験の違いにより動作切り替え時のジャンプパフォーマンスに差が生じる。
- ③ 着地時に大きな衝撃を受けた場合に生じる不随意の反射筋活動がその後のジャンプパフォーマンスに負の影響を及ぼす可能性がある。また、直前で動作変更を要求された場合、滞空中から姿勢の制御が行なわれており、この修正が臨機応変なジャンプ動作の遂行に重要である。

本研究の成果は、接地の前段階から着地動作を合目的的に制御しておくことが状況に応じたジャンプを遂行する際に必要であること、状況適応的なジャンプ動作を遂行するためにはトレーニングや競技経験によって滞空局面からの着地調節技術を向上させることが重要であることを示唆する。

審査会では数々の修正を要する点が指摘されたが、論文の本筋を覆すものではなく、本論文により得られた知見の価値が損なわれるものではないことから、追加の分析および結果の解釈にかかわる数箇所の加筆修正が為されたことが確認された後、博士（学術）の学位に十分値することが全会一致で承認された。本論文の結果の一部は、既に3本の国際誌に原著論文として掲載されている。この事実は関連する学会からもその学術的価値が認められたことの証左であって、本論文の学術的意義をゆるぎないものとしている。

以上を総合的に審議した結果、本審査委員会は本論文が博士（学術）の学位を授与するにふさわしいと認定するものである。