

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	小山孟志
学位の種類	博士（スポーツ科学）
論文題目	バスケットボールにおける加速度計を用いた身体負荷のモニタリング Monitoring external load using accelerometer during basketball
論文審査員	主査 早稲田大学教授 広瀬 統一 博士（学術）（東京大学） 副査 早稲田大学教授 岡田 純一 博士（スポーツ科学）（早稲田大学） 副査 早稲田大学教授 堀野 博幸 博士（人間科学）（早稲田大学）

本論文は、バスケットボール選手における高強度動作を加速度によって定量化し、パフォーマンス向上や傷害予防のために必要な知見を得ることを目的とした3つの研究から構成されている。

第一研究（第2章）では、バスケットボールにおける5つの特徴的な動き（Running, Slide step, Rebound, Boxout, Screen）について、3つの強度（低、中、高）でそれぞれ実施させ、その際の合成加速度のピーク値を強度別に比較した。その結果、RunningとReboundは強度間に有意差が認められず、身体に加わる衝撃の強さは接地時の姿勢に影響を受ける可能性が示唆された。Runningは地面に接地する度に高い加速度が何度も記録され、スタート直後の加速局面よりもゴール後の減速局面のほうが高い加速度が記録されるという特徴が確認された。Slide step, Box-out, Screenは概ね強度依存的に加速度が大きくなり、高強度動作は6～10 G程度であった。BoxoutやScreenは、他の高強度動作と同等レベルの高い値を示し、身体接触を伴うプレーは平面移動の加減速や、跳躍動作と同じように評価できることが確認された。以上のことから、上背部に装着した加速度計から得られる合成加速度のピーク値によって、バスケットボール選手の高強度動作が抽出できる可能性が示唆された。

第二研究（第3章、本研究成果はJournal of Strength and Conditioning Research, 2020に掲載されている）では、実際の試合において選手の上背部に加速度計を装着し、3軸加速度データを取得、合成加速度を算出した。加速度データと同期させたビデオ映像から、4G, 6G, 8Gに設定した閾値を超える合成加速度を記録した瞬間の動きを特定し、頻度を調査した。さらに、抽出された上位7つの動きとプレーの組み合わせについて、加速度成分（上下方向、左右方向、前後方向）ごとにそれぞれの大きさを比較し、動きの特徴を加速度の指標から見られるか検討した。その結果、合成加速度の閾値が4G, 6G, 8Gと高くなるにつれて減速、着地、身体接触が多くを占める一方、加速動作が占める割合は低かった。減速動作は伸張性収縮が要求され、短縮性収縮に比べて高い筋緊張を生み出すことから、疲労および累積的な組織微小外傷が大きいものである。また、高加速度動作として抽出された減速、着地、身体接触は、バスケットボールに多い前十字靭帯損傷や足関節捻挫の受傷機転と一致した。そのため、高加速度動作は傷害リスクの高い動作であるとも言える。傷害予防の観点から、高加速度動作の安全な動作習得や強化が必要であると考えられた。また、特筆すべき点とし

て、高加速度動作の多くはディフェンス時の動きで記録された。ディフェンス時の動きは、ボールや相手の動きに対して素早く反応して受動的に動作を行うことが求められることから、急激な速度変化が強いられることが多く、その結果、大きな身体負荷がかかっていることを意味するものであると考えられた。加速度成分ごとに見ると、身体接触は左右加速度が有意に高値を示し、一方、減速や着地は上下加速度が高値を示した。身体接触は相手選手が側方から衝突することが多いため、左右加速度が大きくなったと推察された。平面移動や跳躍動作において貢献が大きいのは解剖学的には下肢3関節の屈曲・伸展動作であり、床から身体に加わる外力が上下方向の加速度として反映されたものであると考えられた。これらの結果から、加速度成分ごとに分析することで、動きの種類や強度を分類できる可能性が示唆された。

第三研究（第4章）では、バスケットボールの試合において、第3章の方法に準じて高加速度動作の回数を調査するとともに、血液サンプルを採取し、筋損傷マーカーであるクレアチンキナーゼ（CK）活性を調査した。さらに、試合直後に自覚的運動強度（RPE）を調査し、出場時間とRPEの積で表されるSession-RPEを算出した。その結果、高加速度動作の回数とCKの増加率との間に有意な相関関係が認められた。高加速度動作の回数とCKの関係は、加速度の閾値が高くなるほど相関係数が高くなった。第3章の結果から、高加速度動作の多くは減速動作であったことから、高強度の伸張性収縮活動によってCK値が増加したと推察された。高加速度動作の回数を指標にすることで、筋損傷を引き起こすような非常に強い衝撃負荷を評価できる可能性が示唆された。試合後のCKの増加率は56%であり、僅かなCKの増加は他の研究と同様の結果であった。本研究は試合期に実施されたものであり、同じレベル相手の試合やレジスタンストレーニングを定期的に行っていたことで繰り返し効果が働き、僅かなCKの上昇に留まったと推察された。一方、主観的評価であるRPEおよびSession-RPEは、8Gを超える高加速度動作の回数との間に相関関係は認められなかった。6G、4Gとは相関関係が認められ、閾値が低くなるほど相関係数が高くなった。Session-RPEは総移動量を反映するのに対して、高加速度動作は一瞬の強い衝撃負荷、つまり強度を反映しており、それぞれ異なる要素を評価するものであることが示唆された。

これらすべての研究成果から、バスケットボール選手の身体負荷のモニタリングには高加速度動作とSession-RPEを組み合わせて総合的に評価することが有用であり、高加速度動作（減速、着地、身体接触）の安全な動作習得や強化が重要であることが示唆された。この本論文の研究内容は、高度な専門的知識に基づいた本研究科入学後の研究成果であり、独創性と学術的意義をもつことが認められる。博士（スポーツ科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

関連業績論文

Takeshi Koyama, Akira Rikukawa, Yasuharu Nagano, Shogo Sasaki, Hiroshi Ichikawa, Norikazu Hirose. Acceleration profile of high-intensity movements in basketball games, *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2020. Online ahead of print. (doi:10.1519/JSC.0000000000003699.)