

区 分	課 程
-----	-----

論 文 の 和 文 要 旨

博士論文の題目：**Improving Persistent Quadriceps Weakness In Athletes With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Inertial Training**

学 籍 番 号：2 2 0 D 0 3 氏 名：**HENDERSON Frederick James Benoît**

指 導 教 員：下河内 洋平

背景：前十字靭帯（ACL）損傷は、スポーツにおいて一般的なスポーツ傷害であり、アスリートの選手生命にかかわる重大なスポーツ傷害である。ACLを損傷したアスリートはACL再建手術（ACLR）を行っても、受傷前の運動パフォーマンスレベルまで回復できないことが多い。その原因として、術後にリハビリテーションや筋力トレーニングを行っても完全に回復しない大腿四頭筋の関節因性筋抑制による筋力低下が原因として考えられている。現在のところ、ACLR後に生じる大腿四頭筋の関節因性筋抑制による持続的な筋機能低下を完全に回復させる有効なアプローチは確立されていない。そこで、本研究では、研究1において、ACL損傷のリスクが高い競技を行っている女子アスリートにおける大腿四頭筋の筋機能と運動パフォーマンスとの関係性を検証することを目的とした。研究2において、Flywheelトレーニングを用いた深屈曲位で行うブルガリアンスクワットが、ACLR後のアスリートにおける大腿四頭筋の機能回復に及ぼす効果を検証することを目的とした。

実験方法：<研究1>下肢に重篤な損傷歴のない33人の女子ハンドボール選手を対象とした。対象者は、バックスクワット、フロントスクワット、パワークリーンにおける最大挙上重量測定、片足および両足による垂直跳びおよびリバウンドジャンプ測定、立ち幅跳び測定、20mスプリント測定を行った。また、対象者の大腿四頭筋の最大等尺性膝伸展筋力（MVIC）測定を行い、MVICと筋力発揮開始から50msまでの力の発達率（Rate of Force Development = RFD_{0-50ms}）を測定した。その後、各運動パフォーマンスの測定値を従属変数とし、MVICとRFD_{0-50ms}およびそれらの交互作用項を説明変数としたステップワイズ法による重回帰分析を行った。

<研究2>片脚にACLRの術歴を持ち、医療機関で一般的なリハビリテーションを完了し、制限なしでのスポーツ参加を許可された11人のアスリートを対象とした。対象者は、フライホイールトレーニングによるブルガリアンスプリントスクワットを、膝関節屈曲60-110°の可動範囲で受傷脚のみ疲労困憊まで1セット行うセッションを週2回、合計16回実施した。トレーニング介入前後において、大腿四頭筋のMVIC、RFD_{0-50ms}およびRFD_{0-150ms}、Central Activation Ratio（CAR）を測定し、比較を行った。

結果：<研究1>ステップワイズ法による重回帰分析の結果、大腿四頭筋の変数が21

のパフォーマンス変数のうち 16 の変数を説明した ($R^2=.08-.36$, $p\leq.10$)。スクワットパフォーマンスは RFD_{0-50ms} のみ ($R^2=.17-.20$, $p\leq.05$; $\beta_{RFD}=.41-.45$, $p\leq.05$) に関連したが、スプリントおよび垂直跳びパフォーマンスは $MVIC$ のみ ($R^2=.08-.34$, $p\leq.10$; $\beta_{MVIC}=-.51-.58$, $p\leq.10$) で説明された。立ち幅跳びモデルは、両パラメータとその交互作用項を含んでいた ($R^2=.20$, $p=.08$, $\beta_{RFD}=.06$, $p=.76$, $\beta_{MVIC}=-.39$, $p=.03$, $\beta_{RFD\times MVIC}=-.24$, $p=.10$)。

<研究 2> 介入後、受傷脚における RFD_{0-50ms} ($p = .04$; Cohen's $d = 0.8$) および $RFD_{0-150ms}$ ($p = .03$; $d = 0.9$) において有意で顕著な増加がみられた。同様に健脚においても RFD_{0-50ms} で有意な増加がみられた ($p = 0.01$, $d = 0.7$)。一方、 $MVIC$ と CAR においてはのトレーニング前後で有意差はみられなかった ($p > .05$)。しかし、 $MVIC$ の左右差は介入前に大きな差を示したが ($p = .01$; $d = 0.8$)、介入後には小さな差を示した ($p = .04$; $d = 0.4$)。相関分析の結果、介入前の $MVIC$ が高いほど、介入トレーニングによる回復率が低いという関係性が示された ($r = 0.71$, $p = 0.02$)。

結論: ACL 損傷のリスクが高い競技を行っている高度に訓練された女子アスリートにおいて、大腿四頭筋の筋機能は、ウェイトリフティング、ランニング、ジャンプの運動パフォーマンスに幅広く関連していることが示された。これらの結果から、ACLR 後の大腿四頭筋の筋力低下は、アスリートが競技中に行う多くの基本的な動作に悪影響を及ぼすと考えられる。そして、ACLR 後に通常のトレーニングに加え、フライホイールトレーニングによる膝深屈曲位でのブルガリアンスクワットを 1 セット疲労困憊まで行うことは、持続的な大腿四頭筋の筋機能低下を改善するのに効果的である。特に、このトレーニング介入は、大腿四頭筋の最大筋力向上よりも神経系の改善に効果的であることが示されたため、 RFD の改善効果は大きいと考えられる。スポーツの動作は、最大筋力よりも、より急速に力発揮を行う能力が重要になることが多いので、本研究における新しい介入アプローチは、ACLR を受けたアスリートをより高いパフォーマンスレベルでスポーツ復帰させるために有用であると考えられる。

(2000 字程度)