

論文審査の結果の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（医学）	氏名	鳥山 実
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項 2 項該当		
論文題目 Dependence on visual information in patients with ACL injury for multi-joint coordination during single-leg squats: a case control study (ACL 損傷患者の片脚スクワット時の多関節コーディネーションにおける視覚情報への依存：症例対照研究)			
論文審査担当者			
主査	教授	三上 幸夫	印
審査委員	教授	堀江 信貴	
審査委員	講師	兒玉 祥	
〔論文審査の結果の要旨〕			
<p>前十字靭帯（ACL）損傷は、スポーツにおける重篤な外傷の 1 つである。ACL 再建手術後の再損傷や反対側の損傷リスクは高く、これには効果的な予防プログラムの欠如していることが関係している。ACL 損傷を予防するためには成熟した神経筋制御が必要とされ、多くの報告では神経筋制御は足圧中心（COP）の動きで評価される。ACL 損傷者は健常者と比べ COP の制御が稚拙であり、ACL 再建術により COP 制御の一部を回復させるという報告があるものの、一方で ACL 再建者と健常者の間での COP の平均速度に有意な差はないとの報告もあり、一定の見解は得られていない。さらに単関節や 2 関節の制御による ACL 損傷リスク増加の報告があるものの、いくつかの研究では非接触 ACL 損傷が複数方向の関節モーメントから生じることが示唆されている。これらの研究は、複数関節にわたる関節運動制御が姿勢の安定化および ACL 損傷の予防に繋がる可能性を示している。さらに、視覚情報の有無の影響として ACL 損傷者は、閉眼静止立位での COP 移動が大きくなることが知られているが、運動課題が静的であり、ACL 損傷者のリスクを解明するには不十分である。以上より、ACL 損傷予防のためには、より動的な課題で複数関節制御における視覚への依存性を解明することが必要であると考えられる。本研究の目的は、異なる視覚情報における片脚スクワット中の ACL 損傷者における神経筋制御の違いを明らかにすることである。</p> <p>本研究には非接触型 ACL 損傷患者 23 名（男性 11 名、女性 12 名、年齢 21.7 ± 6.9 歳（平均 \pm 標準偏差））が参加した。対象者の選択基準は MRI および理学所見で ACL 損傷と診断され、ACL 再建が必要とされた者とした。比較対象として、年齢と体格をマッチさせた健常者 23 名（男性 11 名、女性 12 名、年齢 21.7 ± 5.5 歳）が参加した。運動学データは、16 台の赤外線カメラを備えた 3 次元運動解析システムを使用して取得した。被験者は赤外線反射マーカを身体 45 箇所に貼付され、連続 12 回の片脚スクワット（SLS）を実施した。SLS は開眼（OE）と閉眼（CE）条件で実施され、ACL 損傷者では損傷側（ACLD）と非損傷側で実施された。得られたマーカ座標から下肢の関節角度および重心（COM）を計算し、股関節屈伸、股関節内外転、膝関節屈伸の Coupling angle を計算した。COM の垂直方向の加速度から上昇相と下降相に分割し、Circular statistics に基づいて各相の Coupling angle variability（CAV）を求めた。施行全体における Coupling angle データの複雑性を確認するためにサンプルエントロピー（SaEn）を算出した。また視覚情報の影響を調べるために CE/OE index を計算した。統計解析は群（健常者、ACLD、非損傷）および条件（OE と CE）が、</p>			

CAV、SaEn に与える影響を評価するために二元配置分散分析 (ANOVA) を実施した。CE/OE index には One way ANOVA を実施し、ANOVA で有意な主効果や交互作用が認められた場合、Tukey-Kramer 多重比較検定を実施した。CE/OE index による ACL 損傷リスク予測を ROC 曲線 (AUC) 分析で比較した。カットオフ値は Youden 指数が最大となる点で定義した。すべての統計解析において $p < 0.05$ を統計的に有意とした。

SLS 上昇期の CAV、SLS 下降期の CAV、SaEn に条件の主効果が認められ、全て CE で増加した。SLS 下降期の CAV の CE/OE index は、ACL が健常者に比べて高かった。SaEn の CE/OE index は非損傷側が健常者に比べて高かった。ROC 曲線分析の結果、SaEn の CE/OE index のカットオフは 1.477 と算出され (感度 0.957、特異度 0.478)、AUC は 0.677 であった。

本研究では、ACL 損傷者の視覚情報依存を定量化するために CE/OE index を評価した。その結果、SLS 下降期の CAV の CE/OE index が健常者に比べて ACL 損傷側で高く、非損傷側の SaEn の CE/OE index が健常者と比べて高いことが明らかになった。これらの結果は、ACL 損傷者が損傷前から視覚依存の運動戦略を使用している可能性がある。ACL 損傷者は反対側の運動パターンが健常者と異なることが知られており、視覚情報の欠如はより硬直した運動パターンを亢進させる。これにより、ACL 損傷者が視覚情報の欠如によって感覚情報を収集が必要な動的課題を実行する際に、より硬直した運動パターンを示すことが示唆された。これらの変数の臨床的意義を理解するために、ROC 分析を使用し、ACL 損傷のリスクを特定した。カットオフ値は 1.477 で、感度は高く、特異度は低いものの、予防プログラムのための臨床スクリーニングには有用であることが示された。

以上の通り、ACL 損傷者は、SLS 中に多関節 CAV および SaEn の CE/OE index が健常者よりも高く、視覚情報依存が高いことを示した。この結果は、ACL 損傷者の神経筋制御の評価およびリハビリテーションにおいて視覚依存を考慮する重要性を示していることから、本論文の成果は高く評価される。

よって審査委員会委員全員は、本論文が著者に博士 (医学) の学位を授与するに十分な価値あるものと認めた。