



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	着地動作における膝関節バイオメカニクスに対する下肢筋張力の影響 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	上野, 亮
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第13192号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70134
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryo_Ueno_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（保健科学）

氏名：上 野 亮

学位論文題名

着地動作における膝関節バイオメカニクスに対する下肢筋張力の影響

1. 緒言

膝前十字靱帯（Anterior cruciate ligament: ACL）損傷はアメリカにおいて年間約 8～25 万例発生し、本損傷治療のための ACL 再建術は約 10 万例行われている。ACL 再建術 1 件につき 12,000～17,000 ドルの費用を要するため、経済的な影響は年間およそ 10 億ドルと推定される。一方、ACL 再建術後 12 ヶ月で競技レベルのスポーツに復帰した例は 33.4%と報告されている。このように、ACL 損傷に伴う経済的損失、社会的損失は大きく、ACL 損傷の予防法の確立が急務である。過去 17 年間において、近年では 22～28%の ACL 損傷率の低下が示されており、ACL 損傷予防プログラムの効果と考えられているが、さらなる改善が求められている。

ACL 損傷の受傷機序に関する疫学的研究では、ACL 損傷の約 70%が他者との明らかな接触がない非接触型損傷とされ、ジャンプ着地やカッティング動作を行うスポーツで多いとされている。ACL 損傷の受傷機序を推定するため、ACL 損傷の受傷時のビデオ解析が行われてきた。ビデオ解析による研究では、ジャンプ着地やカッティング動作時の浅い膝屈曲角度における膝外反と脛骨内旋の組み合わせが、ACL 損傷の受傷機序と推察されている。これらの報告に加え、屍体膝を用いたバイオメカニクス解析では着地動作における ACL 損傷を再現することで ACL 損傷を引き起こす負荷を検証した。その結果、ACL の断裂および骨挫傷等の合併症が臨床所見と一致し、特に衝撃軸圧荷重下における脛骨前方引き出し力と膝外反モーメントによって引き起こされることが示された。脛骨前方引き出し力は大腿四頭筋の収縮によって増加することが知られており、着地動作時の遠心性収縮が受傷機序に関与すると考えられているが、前向き調査では大腿四頭筋の筋力は ACL 損傷を予測できず、現段階では大腿四頭筋の収縮が実際に ACL 損傷を引き起こすかは明らかにされていない。一方、着地動作における膝外反モーメントは前向き調査において ACL 損傷を有意に予測し、ACL 損傷の危険因子の 1 つとされている。膝外反モーメントの増加は神経筋コントロールの不足によるとされており、トレーニングによる改善が図られている。しかし着地動作における脛骨前方引き出し力や膝外反モーメントに対する下肢筋張力の影響は十分に明らかになっていない。したがって本研究の目的は、1) 着地動作における脛骨前方引き出し力および大腿四頭筋張力の最大値出現時期を検討すること、2) 着地動作における膝外反モーメントと下肢筋張力の影響を検討することとした。

2. 着地動作における大腿四頭筋張力および脛骨前方引き出し力の最大値出現時期の検討

健康女性 14 名を対象に片脚着地動作を行わせ、三次元動作解析装置を用いてマーカー位置と床反力を記録した。マーカー位置および床反力のデータより筋骨格モデルを用いて膝屈曲角度、膝屈曲モーメント、大腿四頭筋張力、脛骨前方引き出し力を算出した。反復測定一元配置分散分析を用いて大腿四頭筋張力、脛骨前方引き出し力、垂直床反力のピーク時間を比較した。また

Pearson の積率相関係数を用いて大腿四頭筋張力と脛骨前方引き出し力の関係を検討し、重回帰分析を用いて大腿四頭筋張力を予測する因子の検討を行った。大腿四頭筋張力および脛骨前方引き出し力のピーク時間は垂直床反力に比して有意に遅い値を示した。大腿四頭筋張力は脛骨前方引き出し力と有意な正の相関を示し、大腿四頭筋張力は膝屈曲モーメントによって有意に予測されることが示された。

3. 着地動作における膝外反モーメントと下肢筋張力の関係

健康女性 14 名を対象に台からの着地後直ちに垂直跳びを行わせる **Drop vertical jump** を行わせ、三次元動作解析装置を用いてマーカー位置と床反力を記録した。マーカー位置および床反力データより筋骨格モデルを用いて、膝外反モーメントと下肢筋張力を算出した。**Spearman** の順位相関係数を用いて膝外反モーメントと下肢筋張力の関係および膝外反モーメントと外方床反力、垂直床反力の関係を検討した。重回帰分析を用いて膝外反モーメントを予測する因子の検討を行った。**Drop vertical jump** における膝外反モーメントと中殿筋張力との間に有意な負の相関が認められた。また膝外反モーメントと外方床反力の間に有意な正の相関が認められた。重回帰分析の結果、中殿筋張力の減少および外側方向への床反力の増加が膝外反モーメントを有意に予測した。

4. 考察および結論

片脚着地動作における大腿四頭筋張力および脛骨前方引き出し力のピーク時間は垂直床反力よりも有意に遅く、**ACL** 損傷が生じるとされる時間よりも明らかに遅い値であった。大腿四頭筋張力が **ACL** 損傷を引き起こす要因となる場合、着地後早期に大腿四頭筋張力が増加する必要がある。よって、今後の研究では大腿四頭筋張力が早期に増加する要因を検討する必要があると考える。また本研究では最大膝屈曲モーメントが最大大腿四頭筋張力を予測したため、**ACL** 受傷時のビデオ調査において膝屈曲モーメントの推定ができれば、大腿四頭筋の収縮の **ACL** 損傷機序への関与がさらに明らかになると考える。**Drop vertical jump** における膝外反モーメントは外側方向への床反力により増加し、中殿筋張力の増加によって減少することが本研究により示された。外側方向への床反力の増加は床反力ベクトルを膝関節の外側へ向け、膝外反モーメントを増加させると考えられる。**ACL** 損傷時にも見られる体幹側屈の増加は床反力を外側に向けることで膝外反モーメントを増加させ、その制御には股関節外転筋の神経筋コントロールが必要と考えられている。近年の **ACL** 損傷予防プログラムにおいても体幹のコントロールを目的としたトレーニングを含めた方が **ACL** 損傷を予防する効果があるとされている。体幹および骨盤の制御に必要な股関節外転筋の着動作中のリクルートメントを増加させるトレーニングが **ACL** 損傷の減少に有効であると考ええる。

以上の所見から、着地動作における脛骨前方引き出し力および膝外反モーメントに与える下肢筋張力の影響が一部明らかとなった。これらの報告は今後の **ACL** 損傷メカニズムの解明および予防プログラムの発展に貢献するものと考ええる。