

性差による跳躍フォームの違いによって生じる着地時の 膝関節に対する負担と膝関節角度との関係

学生氏名：井川颯人 (16S01002)

指導教員：小松泰喜

【研究の背景と目的】

競技スポーツにおいて、ジャンプ動作は重要な動作の一つである。そのジャンプ動作によって膝関節に障害を負うことを見かけることが多い。膝関節のスポーツ外傷は足関節に次いで多く(Fong DT-Pほか, 2007)、3週間以上のスポーツ活動休止や手術を余儀なくされることから、重篤なスポーツ外傷として扱われている(de Leva P, 1996)。

なかでも前十字靭帯損傷 (Anterior Cruciate Ligament 以下, ACL 損傷) は、接触型損傷と非接触型損傷に大きく分けられ、接触型損傷は、他者からのスライディングなど直接的に膝関節への接触(外力)によって生じる損傷である。一方、非接触型損傷とは、他者との接触がない跳躍時の着地動作やカutting動作などによって生じる損傷であり、ACL 損傷の約70%は非接触性損傷と言われ、特にジャンプ着地時に発生するとされている(Arendt EA, et al. 1999)。

また、女性における膝障害の受傷頻度は男性に比べて高いことが報告され、ジャンプ着地時やカutting動作時にACL 損傷を起こす割合は男性の2~8倍とされる報告もある(Butler DL, Noyes FR, Grood ES. 1980)。さらに性差によるACL 損傷の発生率は思春期を経て、その差が生じてくることも明らかとなっている(Shea KGほか, 2004)。

本研究では、垂直方向へのジャンプ着地時に、膝関節への負荷による障害のリスクについて、力学的に検討することを目的としている。また、性差によって跳躍動作の差異を明らかにし、膝障害に対しその予防プログラムについて検討するための資料を得ることとした。加えてそのためのプログラムについて、非接触型損傷による、予防の可能性についても検討をとした。

【研究方法】

対象は、日本大学スポーツ科学部競技スポーツ学科

に在籍している3・4年生の23名である。その内訳は男性14名、女性9名とし、年齢は、21~23歳であった。動作課題は両足で跳躍する垂直ジャンプの着地動作とした。計測は裸足とし、床反力計1枚ずつに片足を置き、立位姿勢をとらせたのち、視線は前方を見ることとした。被験者の試技は、腕振りの反動を用いた通常の垂直ジャンプを全力で行わせた。また、検者の合図の後、被験者の間合いで、腕振りの反動を用いた通常の垂直ジャンプの着地動作を3回行わせた。着地点は、着地時の床反力計測のため、同位置に着地をしてもらうよう指示をした。着地後3秒以上静止した試技3回をデータとして採用し、垂直ジャンプをした際の着地時に膝関節にかかる負担を動作時の生データから読み取り、被験者の跳躍フォームの特徴(膝関節の向き、床反力計の表す矢印の向き)を記録した。

測定装置は、三次元動作解析装置 VICON NEXUS 2.8.1 (Oxford metrics 社) を使用し、サンプリング周波数は200Hzで計測を実施した。あわせて床反力計を使用し、同様にサンプリング周波数は2,000Hz (KISTLER 社) にて着地時の床から受ける力Fx(左右方向)、Fy(前後方向)、Fz(上下方向)や各モーメントを計算し、3次元フォースベクトルを算出した。

機器の設定手順に則り、VICONの起動とカメラのキャリブレーションを実施し、三次元空間座標の原点を決定(第4回モーションキャプチャ (Motion Capture, MOCAP, 慶應義塾大学SFC研究所, <http://www.kri.sfc.keio.ac.jp/>) とし、床反力計をPC (パーソナルコンピュータ) 画面で床反力計上のZero Levelを設定した。被験者には専用の計測スーツを着用させ、マーカーの位置はFull Body Marker Setとし、Plug-in-gaitから身体の39箇所に反射マーカーを貼付し、計測を行った。その後、Tポーズを取らせ、キャプチャを開始した。Tポーズの撮影後、全マーカーをシステムが認識し、実際の運動試技の撮影を行った。

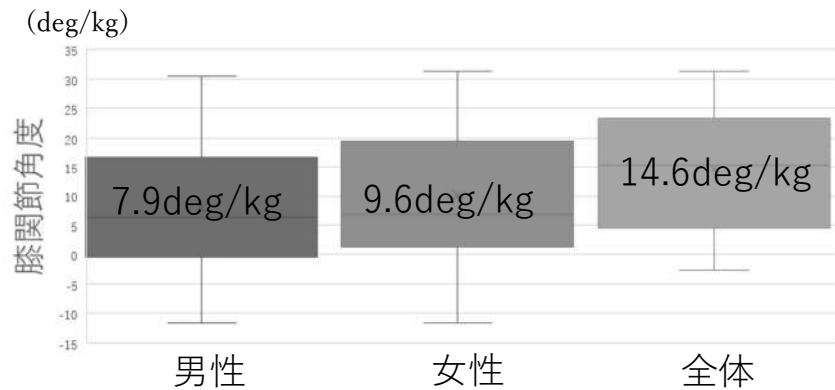


図1 膝関節角度の平均値

【結果】

被験者のジャンプ着地時の床反力を性差間ならびに左右間の検討をするため、18名のデータを採用し、性差間で左右足の平均値を算出した。18名の右足の床反力の平均値は -12.5N/kg であり、左足の床反力の平均値は -12.2N/kg であった。その他の検討も含め、膝関節にかかる床反力は、男女間での検討において、統計学的有意差は認められなかった(図1)。男女間の性差間についても本研究では特に差はみとめられなかった。

一方、ジャンプ着地時の体重当たりの膝関節への負荷量の平均値を算出したところ、性差間で男性ではその平均値が 7.9deg/kg であり、女性では 9.6deg/kg であり、全体では 14.6deg/kg であった。統計学的有意差はないものの、垂直方向に対するジャンプ動作における着地動作時では、体重当たりの膝関節にかかる負荷は、女性の方が大きい傾向があることが推察された。

【考察】

本研究では、ジャンプ動作の着地時における膝関節にかかる負担と膝関節角度との関係について算出し、膝障害に与える影響やその予防プログラムについて検討することを目的とした。

被験者への床反力は、床反力の値が大きければ膝関節角度の値も大きくなる傾向はみられなかった。つまり膝関節には関節角度を調整し、関節に加わる負荷量の調整を関節角度によって行っていることが予測されたが、結果としてはそのような関係は認められなかつ

た。これは、それぞれの値が膝関節角度の増減によって、膝関節にかかる負荷の増減に関わるということはないことが推察された。

ジャンプ動作自体にみかけの性差はあるものの、今回の課題である垂直ジャンプの負荷量に統計学的な有意差はなく、着地時にかかる負荷以外の要素において、性差が膝関節障害に繋がるリスクが高いことが推察された。体重当たりの膝関節角度では、その負荷量に性差がある傾向があり、膝関節の安定性に影響を与えることを推察された。特に女性は、いわゆる踏ん張りという瞬発力に伴う安定性がなく、そのために膝関節障害のリスクは高いと推測される。そのためには、障害の予防の一つとして膝関節を安定させる大腿四頭筋の筋力トレーニングが必要であることが示唆された。したがって、筋力増強を目的としたトレーニングだけでなく、動作の中でバランス能力の向上や、より競技種目に合った動作トレーニングが効果的であることが推察された。

【まとめ】

FIFAを中心としたACL損傷の予防プログラムによる“Return to Play”という言葉に示されるように、いかに早期に競技復帰ができるか、そのためには損傷後のプログラムも大事であるが、むしろスポーツ科学の視点からは予防プログラムの科学的根拠の必要性が問われている。本研究課題は、そのための基礎的資料として非常に価値のある研究と考え、取り上げるに至った卒業論文である。

多くの競技スポーツにおいて、膝関節には動作時に非常に大きな負荷がかかることがわかっている。ただし、男女の性差や動作時の具体的な角度や速さ、変位など力学的な背景について十分な理解が得られているとは言えない。したがって、今回の結果から垂直方向に対するジャンプ動作における着地動作時では、体重当たりの膝関節にかかる負荷は女性の方が大きい傾向があることが推察された。

ただし、被験者の人数が少なく、特に性差間で偏りがあり、性差間での比較ができたとは言い切れない点がある。また、膝関節角度が最大値時を採用したものの、床反力の値の変化にも着目する必要があった。

研究の方法論として、三次元動作解析装置を用い、膝関節のジャンプ動作時の関節角度を確認し、その上で床反力計における値を抽出は、時間のかかる作業である。多くの時間を費やし、結果として得られた情報は非常に有益であり、継続研究を行うことも価値が高いものとする。

【文献】

- Fong DT-P, Hong Y, Chan L-K, Yung PS-H, Chan K-M. (2007) A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med.* 37巻 : 1号 : 73-94.
- de Leva P. (1996) Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *J Biomech.* 29巻 : 9号 : 1223-1230.
- Arendt EA, et al. (1999): Anterior cruciate ligament injury patterns among collegiate men and women. *J. Athl. Train.* 34巻, 2号 : 86-92.
- Butler DL, Noyes FR, Grood ES. (1980) : Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.* 62巻, 2号 : 259-270.
- Shea KG, Pfeiffer R, Wang JH, Curtin M, Apel PJ (2004). Anterior cruciate ligament injury in pediatric and adolescent soccer players: an analysis of insurance data. *J Pediatr Orthop.* 24巻, 6号 : 623-628.