

論文概要

○論文題目 膝前十字靱帯再建術後の二重課題による片脚着地動作
: 光学式三次元動作解析装置による検討

○指導教員

人間総合科学研究科 疾患制御医学専攻 山崎正志 教授

(所 属) 筑波大学大学院人間総合科学研究科疾患制御医学専攻

(氏 名) 梶原 将也

目的：膝前十字靱帯（Anterior Cruciate Ligament：ACL）再建術後の3次元動作解析の多くは歩行解析や両脚着地（Vertical Drop Jump：VDJ）などであるが、片脚着地（Single-leg drop landing：SDL）はVDJと比較し膝への負荷が高いと報告されており、アスリートの評価としてより適切であると考えられる。また、認知心理学の分野では、一重課題と比較して二重課題では明らかに身体パフォーマンスが低下すると数多く報告されている為、我々は単純に運動負荷を上げるだけではなく、課題の難易度を上げることで膝関節のkinematics変化が生じる可能性があると考えた。本研究の目的は、二重課題を用いた健常アスリートとACL再建術後アスリートのSDLにおける膝関節の運動特性を評価することである。

対象と方法：対象は健常アスリート、ACL再建術後アスリート20名ずつ（男女10名ずつ）である。動作計測用マーカーはAndriacchiの報告したPoint Cluster法の添付位置に従い計測側に23個貼付した。健常アスリートはボールの蹴り脚を利き脚として利き脚のみ、ACL再建術後アスリートは健側、再建側の順にSDLをそれぞれ3回成功するまで行った。十分なウォーミングアップを行った後に高さ30cmの台から床反力計上へSDLを行った。台上のフットスイッチとモニターを連結し、踵がフットスイッチから離れた直後に課題が表示されるように設定した。課題には認知負荷を与えるストループ課題を用い、青、赤、黄の3色による識別で着地位置を判断する指示をランダムな順序で与えた。この際、床反力値100Nの時点を接地とし、膝関節角度3方向（屈曲/伸展、内反/外反、内旋/外旋）と脛骨前方移動量の変化量、床反力最大値を一重課題と二重課題で比較した。また、ワイヤレス表面筋電計も同期し、各肢6カ所ずつ（中殿筋、大腿直筋、内側広筋、外側広筋、内側ハムストリングス、大腿二頭筋）の筋活動を測定し、接地前40msから接地後40msの筋活動を積分して評価した。これらの各項目の比較をpaired *t* testで行い、 $p<0.05$ を有意差ありとした。

結果：健常アスリートでは脛骨内旋角度の変化量が二重課題で一重課題より16.0%大きかった($p=0.007$)。膝関節屈曲角度、脛骨前方移動量、膝関節外反角度の変化量は一重課題と二重課題で差がなかった。加えて、床反力の最大値は二重課題で一重課題より10.8%大きかった($p=0.005$)。また、ACL再建術後アスリートでは脛骨内旋角度の変化量が二重課題で一重課題より14.7%大きかった($p=0.03$)。膝関節屈曲角度、脛骨前方移動量の変化量がそれぞれ、7.1% ($p=0.10$)、24.1% ($p=0.07$) 二重課題で一重課題より大きな傾向があった。膝関節外反角度の変化量は一重課題と二重課題で差がなかった($p=0.38$)。加えて、床反力の最大値は二重課題で一重課題より13.9%大きかった($p=0.0004$)。また接地前40msから接地後40msにおける筋活動積分値の比較では全ての筋で有意差を認めなかった。ACL再建術後の健側と再建側の比較では、膝関節屈曲角度変化量が再建側

で健側より 13.6% ($p = 0.005$) 大きかった。その他の kinematics、筋活動には差はなかった。

考察：本研究では健常アスリート、ACL 再建術後アスリートの両群において二重課題で一重課題に比較して脛骨内旋角度変化量と床反力最大値が大きかった。in vivo では、膝関節屈曲、膝関節外反、脛骨内旋、脛骨前方移動が単独で増大しても ACL 張力は増大するが、複数の関節角度変化が同時に生じることで ACL 張力が最大になると報告されている。このうち本研究では脛骨内旋角度の変化量が増大した。Point Cluster 法を用いた健常者 SDL の研究では、膝関節外反角度、脛骨内旋角度が増大し、ACL 断裂リスクが高まったと報告されている。本研究では、膝関節外反角度は増大しなかったが、脛骨内旋角度は増大した。我々はこの変化量増大の理由は、二重課題により床反力最大値が増大した分のエネルギーを膝全体で吸収しようとした為と考えた。受傷時にはこのような膝関節での kinematics 変化により ACL 張力が増大する。さらに kinematics 変化が増大すると ACL 張力も増大し、閾値に達したところで断裂することが知られている。二重課題と類似した課題である非予測的な課題（ランダムな課題）の先行研究では判断に要する時間が長くなる為に予備動作時間が短くなると考察されている。認知負荷を与える二重課題は非予測的な課題よりも反応時間が長くなることが知られているので、本研究ではより難易度が高くなっていると考ええる。よって、非予測的な課題と同様の機序で本研究では被験者のバランスが崩れやすく床反力最大値の増大につながったと考えた。また、ACL 再建術後の健側と再建側の比較においては、膝屈曲角度のみ二重課題の方が大きかったが床反力最大値には差がなかった為、再建側でも着地によるエネルギーは十分に吸収されていたと考える。本研究にはいくつかの限界がある。1 つ目は被験者が少ないこと、2 つ目は Point Cluster 法で膝のみの解析を行っていること、3 つ目は ACL 再建術の術式、術者が同一ではないことである。これらを解決することで今後さらに信頼性のあるデータが得られると考える。

結論：本研究の結果より、健常アスリート、ACL 再建術後アスリートに二重課題を用いた SDL を行うと脛骨内旋角度と床反力最大値が増大することが示された。これにより、床反力最大値増大分のエネルギーを膝関節全体で吸収しようとした結果、脛骨内旋角度変化量増大という kinematics 変化が生じたと考えられる。