氏名	梶原 将也		
学位の種類	博士（医学）		
学位記番号	博甲第 9232 号		
学位授与年月	平成31年4月30日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	膝前十字靭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		
主査	筑波大学教授	博士（医学）	南 学
副査	筑波大学准教授	博士（医学）	松本 功
副査	筑波大学講師	博士（医学）	富所 康志
副査	筑波大学講師	博士（医学）	大川 敬子

論文の内容の要旨

梶原将也氏の博士学位論文は、膝前十字靭帯再建術後の二重課題による片脚着地動作について光学式三次元動作解析装置により検討したものである。その要旨は以下のとおりである。

目的：膝前十字靭帯（Anterior Cruciate Ligament：ACL）再建術後の3次元動作解析においては歩行解析や両脚着地などの研究が行われてきたが、片脚着地（Single-leg drop landing：SDL）は両脚着地と比較し有意に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報告されている。著者は単に運動負荷を上げるのではなく、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、二重課題を用い、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した。その要旨は以下の通りである。

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各20名（各男女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再建側に23個貼付した。健常アスリートは利き脚のみ、ACL再建術後アスリートは健側、再建側の順にSDL（高さ30cmの台から床反力計上へ片脚で着地）をそれぞれ3回成功するまで行った。踵がフットスイッチから離れた直後にモニターに課題が表示されるように設定し、二重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、床反力最大値を測定した。また、ワイヤレス表面筋電計も同期させ、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。これらの各項目を、一重課題と二重課題で計測し、paired t test で比較した ($p < 0.05$ で有意差あり)。

結果：一重課題に比べ二重課題では、健常アスリート、ACL 再建術後アスリートで、脛骨内旋角度の変化量がそれぞれ 16% ($p = 0.007$)、14.7% ($p = 0.03$) 有意に増加した。床反力の最大値もそれぞれの群で二重課題において 10.8% ($p = 0.005$)、13.9% ($p = 0.0004$) 有意に増加した。また、ACL 再建術後アスリートでのみ、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% ($p = 0.07$) 二重課題でより大きな傾向があった。しかし膝関節外反角度の変化量は両群で、二重課題と一重課題に差がなかった。また接地前 40ms から接地後 40ms における筋活動の積分値による比較でも全ての筋で有意差を認めなかった。

考察：本研究で著者は、健常アスリート、ACL 再建術後アスリートの両群において、一重課題に比較して二重課題で脛骨内旋角度変化量と床反力最大値が増大したことを示した。in vivo では、膝関節屈曲、膝関節外反、脛骨内旋、脛骨前方移動を同時に生じさせることで ACL の張力が最大になる（断裂のリスクが高まる）と報告されていることから、本研究で示された着地時の脛骨内旋角度の変化量の増大は類似した kinematics 変化を示していると考えられている。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、ACL 再建術後アスリート群においても、膝関節外反角度は増大しなかったものの、脛骨内旋角度が増大することが示された。課題の難易度が高い非予測的な課題（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ことが考察されている。認知負荷を与える二重課題はランダムな課題に比べ、より反応時間がかかることが報告されており、その結果、予備動作時間が短縮し、より難易度が高くなっていると考えられる。よって、本研究でも被験者のバランスが崩れやすくなり、床反力最大値の増大につながったのではないかと考察されている。そのため著者は、脛骨内旋角度変化量の増大の理由は、二重課題により床反力の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の結果ではないかと考えている。

結論：本研究において著者は、健常アスリート、ACL 再建術後アスリートいずれの群においても二重課題を用いた SDL を行うと一重課題に比べ、脛骨内旋角度と床反力最大値が増大することを明らかにした。これは、床反力最大値の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が増大したという kinematics 変化が生じている可能性を示唆している。

審査の結果の要旨

(批評)

著者は、膝関節の kinematics 解析法として、二重課題を用いた SDL を Point Cluster 法により解析するという新たな手法を構築した。さらにそれを健常アスリート、ACL 再建術後アスリートの二群に適用し、その差異を明らかにしようとした。今回の研究では既に競技レベルのスポーツに復帰している ACL 再建術後アスリートを対象としたため、健常アスリートと同様の結果となったが、今後リハビリテーション終了直後の ACL 再建術後アスリートへの応用などにより、競技への復帰過程における kinematics の変化や、将来の ACL 再断裂の予防につながるデータが得られる可能性があり、その基本的な手法を確立した点は評価に値する。

平成 31 年 2 月 19 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。よって、著者は博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。