

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K18063

研究課題名(和文) 前十字靭帯損傷膝における回旋不安定性の新たな定量的評価システムの開発と応用

研究課題名(英文) Development of the novel quantitative measurement system of the pivot-shift test in ACL-injured knee

研究代表者

長井 寛斗 (NAGAI, KANTO)

神戸大学・医学部附属病院・特命助教

研究者番号：30847372

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：膝前十字靭帯損傷における徒手検査において、検者が加える力および脛骨整復時の後方加速度を同時に計測する独自のシステム開発を行った。システムは9軸慣性センサー、圧力センサーとマイクロコントローラー、PCを組み合わせて作製した。慣性センサーを被験者の大腿外側と下腿外側に1つずつ装着。大腿・下腿・手の3つの慣性センサーから加速度、角速度を求め、独自に作成したソフトウェアを用いて膝関節の角度と手部の角度を求めた。検者の両手掌に圧力センサーをストラップで固定し、検者が加えている力の定量化を実現した。本研究により、膝屈曲角度と下腿加速度、検者の力が同時に計測することができる新たなシステムを完成することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

膝前十字靭帯損傷膝の徒手検査法を定量化している研究はいまだない。そこで、本研究では非侵襲的に徒手検査法を定量化するシステムを開発した。このシステムを用いて今後データを蓄積することで、徒手検査と膝回旋不安定性との関連を精査し、最適な徒手検査法、力のかけ方・程度を導き出し、最適な徒手検査手技の提唱が可能となりうる。また前外側回旋不安定性評価の徒手検査は習得が難しい検査のひとつであるため、本研究をもとに後期研修医に対する教育ツールの開発につながりうると思われる。学術的意義があると思われる。

研究成果の概要(英文)：We have developed a unique system that simultaneously measures the quantification of the force applied by the examiner and the posterior acceleration during tibial reduction in manual examinations of anterior cruciate ligament injuries. The system was made by combining a 9-axis inertial sensor, a pressure sensor, a microcontroller, and a personal computer. One inertial sensor was attached to each subject's outer thigh and lower leg. Acceleration and angular velocity were obtained from the three inertial sensors of the thigh, lower leg, and hand, and the angle of the knee joint and the angle of the hand were obtained using original software. A pressure sensor was fixed to both palms of the examiner with straps to quantify the force applied by the examiner. Through this research, we were able to complete a new system that can simultaneously measure knee flexion angle, leg acceleration, and examiner's force.

研究分野：整形外科

キーワード：前十字靭帯 徒手検査 定量化 スポーツ医学 生体医工学 整形外科 Pivot-shift test Lachman test

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スポーツ外傷で頻繁に生じる膝前十字靭帯損傷は、競技復帰を目指して前十字靭帯再建術を行うことが標準的な治療となっている。近年の手術手技の進歩により手術後の競技復帰率は高くなっているが、復帰後の競技レベルは必ずしも高くないことが報告されている。また、術後長期的に生じる変形性関節症の変化は未だ避けられていない。これらの原因として、術後の回旋不安定性の残存が指摘されている。膝回旋不安定性は従来から Pivot shift test (Galway ら、J Bone Joint Surg Br 1972) による徒手検査により判断されてきたが、主観的な数段階の評価のみで、前十字靭帯損傷の有無に関しては検出力が良いものの、僅かな差を検討することは困難であった。申請者や研究協力者は電磁気センサー (Hoshino ら、Am J Sports Med 2007 ; Nagai ら、Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015) を用いた膝回旋不安定性の定量評価の開発を進め、今まで検出不可能であった微細な回旋不安定性の変化を捉え検討することが可能になり、現状で臨床応用可能なシステムとなっている。しかし以前より回旋不安定性評価において、施設間・検者間での徒手検査法の違いも指摘されており (Kuroda ら、Am J Sports Med 2012) 、いまだ徒手検査方法が統一化されているとは言い難いのが現状である。

2. 研究の目的

上記の研究過程で、回旋不安定性の定量化は可能となっているものの、その現象を誘発する検者の徒手検査手技の定量化、再現性の評価ができていないという課題を感じており、回旋不安定性の定量化はできていても、徒手検査時の検者の力のかけ方によって回旋不安定性の程度が変わってしまうのでは、という学術的「問い」がうまれてきた。前十字靭帯損傷による回旋不安定性を臨床的に評価する一般的な検査手技は Pivot shift test であり、検者は被検者の下腿～足を両手で保持し下腿内旋、膝外反力、軸圧を加えながら膝を伸展から屈曲していくと膝屈曲 30～40° で脛骨外側プラトーの前方への亜脱臼が整復され、その整復時の大きさを徒手的に評価するものである。この際に、検者が内旋・外反・軸圧をどの程度加えているかはいまだ不明であり、本研究の着想に至った。本研究の目的は、前十字靭帯損傷膝での回旋不安定性の評価時において、検者の徒手検査手技を定量化する新たなシステムを開発・構築することである。これにより、より再現性が高く最適な徒手検査手技を提唱することが可能になり、今後検者間・施設間で回旋不安定性評価の統一を行っていくことが可能になると思われる。

3. 研究の方法

独自に開発した慣性センサー/圧センサーシステムの Pivot-shift test における精度実験を行った。Gold standard としてすでにデータが蓄積され精度の高い三次元電磁気センサーシステム (EMS) を用いた。健常膝に慣性センサーシステム、EMS の両方を装着し、検者が Pivot-shift test を行った。9 軸慣性センサーを被験者の大腿外側と下腿外側にそれぞれ装着。さらに検者の加える力を定量するため、検者の両手掌に約 5cm×5cm 大の圧センサーをストラップで固定し、さらに検者が下腿近位外側を押す手 (右膝の場合は左手) には慣性センサーも装着した。大腿・下腿・手の 3 つの慣性センサーから加速度、角速度を求め、Unity を用いて作成したソフトウェアから Joint coordinate system (JCS) の計算を行い、膝関節の角度と手部の角度を求めた。一方、EMS は大腿と下腿に電磁気センサーをそれぞれストラップで装着し、片方の手にもセンサーを装着し JCS を構築した。この状態で Pivot-shift test を行い、慣性センサーを用いて大腿に対する下腿の加速度を算出した。健常膝であるが軽度の Pivot-shift 現象が認められる膝であった。

4. 研究成果

Pivot-shift 現象は屈曲 32.6±3.0 度付近で生じ、加速度は約 0.3±0.2m/s² で、検者が被検者の下腿近位に加えた力の最大値は 26.7±1.5N、足底部に加えた力は 17.7±1.6N で、Pivot-shift 現象が認められる直前に最大値を迎え、Pivot-shift 現象と共に力が減少するというパターンが認められた。以上のように当初目標としていたシステムをほぼ完成することができた。本研究結果により、引き続き症例数を増やしてデータ解析を行う重要性が示唆された。

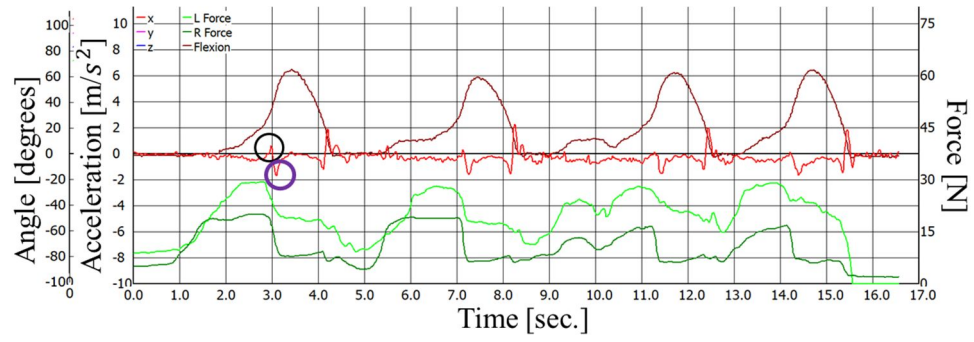


図 1 . 慣性センサー/圧センサーシステムを用いた計測結果の一例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加藤 大稀、長宗 高樹、長井 寛斗
2. 発表標題 慣性センサと力センサを用いたLachman testを定量化するためのシステム開発
3. 学会等名 令和4年度 日本生体医工学会北陸支部大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	長宗 高樹 (Nagamune Kouki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------