



In Vivo Measurement of the Pivot-Shift Test in the AnteriorCruciate Ligament-Deficient Knee Using an ElectromagneticDevice

星野, 祐一

(Degree)

博士 (医学)

(Date of Degree)

2008-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲4134

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1004134>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏 名 星野 祐一
博士の専攻分野の名称 博士（医学）
学 位 記 番 号 博い第 1885 号
学位授与の要 件 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位授与の日 付 平成 20 年 3 月 25 日

【 学位論文題目 】

In Vivo Measurement of the Pivot-Shift Test in the Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knee
Using an Electromagnetic Device(電磁気装置を用いた前十字靱帯損傷膝におけるピボットシフトテ
ストにおける膝不安定性の定量的評価)

審 査 委 員

主 査 教 授 田原 真也
教 授 杉村 和朗
教 授 石井 昇

序論：前十字靱帯(ACL)再建術後の受傷前スポーツへの復帰率は未だ低い。この原因の一つとしては pivot-shift test で評価される回旋不安定性が術後も残存しているということが考えられている。ここでの Pivot-shift test とは、Pivot-shift 現象、つまり膝に回旋ストレスのかかった状態での屈伸動作に伴って生じる、脛骨の外側関節面が大腿骨に対し前方へ亜脱臼し、その後、急激に自然整復されるという ACL 損傷膝に特徴的な現象を診察台の上で再現する徒手検査方法である。この“動的”な不安定性を評価する徒手検査は ACL 再建術後の患者の主観的な膝の機能評価、ひいては臨床成績に影響すると報告されているが、その検査結果は検者の感覚により判断されており、客観的、定量的評価方法は未だ確立されていない。

一方、ACL 損傷と再建術後の不安定性の評価としては、一定の前方引き出しストレスをかけて脛骨の前方への偏位を計測する“静的”な不安定性の客観的計測方法が確立されているが、これは患者の主観的な膝の機能評価と相関しないとされている。

したがって、この Pivot-shift test で評価される“動的”不安定性の客観的かつ定量的な評価方法が前十字靱帯の損傷及び再建術後の評価として望ましいと考えられる。

今回我々は新しく開発された、60Hz という高い抽出率で膝の 6 自由度計測が可能な、電磁波をもちいた非侵襲性膝動作解析システムを使用し、pivot shift test 動作での膝の動きを計測し、その動作中で生じる大腿骨に対する脛骨の前方への亜脱臼の大きさとその後の自然整復の動きの加速度を計測した。

対象と方法：片側性の ACL 損傷症例 30 例 60 膝（年齢 21.2 歳：14-39 歳、女性：16 例／男性：14 例）を使用した。全身麻酔下に臨床に行われるのと同様の pivot shift test を行い、臨床評価としての IKDC 評価と今回の実験的計測としての電磁気センサーを用いた動作解析を同時に行った。IKDC 評価では不安定性なし（-）から膝の不安定性があるものをその大きさによって、（+）～（++）と 3 段階に評価した。実験的計測では、膝の単純屈曲動作時の大腿骨に対する脛骨の相対的前後位置を基準位置とした。pivot shift test 時の基準位置に対する脛骨の相対的前方偏位量（c-ATT）を算出した。次に、脛骨が前方に亜脱臼した後の後方移動の加速度(ATP)を 2 次微分にて算出した。結果を健患比較し、また、IKDC 評価毎にグループ分けを行い、各群での結果を比較検討した。健患比較には t 検定を行い、IKDC 評価との相関を Kruskal-Wallis 検定を用いて検討した。

さらに今回の pivot-shift test 中の脛骨の前方偏位量をしめす c-ATT と臨床で用いられている前方偏位量の静的評価方法である KT-1000 測定器での結果を比較検討した。

結果：徒手的に pivot-shift test の結果は患側では全て陽性（+～++）と評価され、健側 30 膝では全て陰性（-）と評価された。患側の IKDC 評価では（+）11 例、（++）16 例、（++）3 例であった。実験的計測結果は c-ATT は健側を含め全ての膝で正の値で検出された。つまり全膝で脛骨は pivot-shift test 中に大腿骨に対して前方へ偏位していた。し

かし c-ATT の最大値は患側では $15.6 \pm 1.2 \text{mm}$ 、健側では $7.7 \pm 0.6 \text{mm}$ と患側で有意に大きな値を得た($p<0.01$)。また、ATP は患側で $-2001 \pm 186 \text{mm/sec}^2$ 、健側で $-797 \pm 45 \text{mm/sec}^2$ と、これも患側で大きな負の値が得られた($p<0.01$)。患側の c-ATT と PTA の結果と IKDC 評価が有意に正の相関を示していた($p=0.03$ 、 $p<0.01$)。c-ATT と KT-1000 の結果は相関を認めなかった($p=0.17$ 、 $R^2=0.066$)。

考察：電磁波を用いた膝動作解析システムを用いて非侵襲的に、pivot-shift test 中の脛骨の大腿骨に対しての前方への亜脱臼の大きさと、それが急激に整復される動きの加速度を計測した。この結果が徒手的臨床評価と相関しており、徒手的評価に変わる定量的評価方法として使用できる可能性が考えられた。

X 線や核医学的検査方法も動作解析方法として報告されているが、生体侵襲性を考慮すると臨床応用は困難であると考えられる。また、電磁気センサーを用いた報告があるが、我々のシステムと異なり骨に直接ピンで固定する方法で行われており、我々のシステムはこれからさらに臨床応用にむけて進んだシステムとなっている。

前方脱臼の大きさは従来の“静的”前方偏位量の計測、つまり KT-1000 での結果と相関しなかったことから、“動的”徒手検査中の前方移動が、“静的”に評価できないものであると考えられると示唆される。

pivot-shift 現象の動作解析を行った従来の報告では、変位の大きさを評価したものが多く、加速度を用いた評価は殆ど見られない。加速度による動作の評価は、その物体にかかる力を反映するが、ひいては今回計測した加速度は動作中に膝が抜ける感覚を励起する力を反映している可能性が考えられる。

今回の計測に関してはいくつかの限界点がある。一つには、この計測は徒手的に惹起した動きを客観的に評価したものであり、pivot-shift test の際に徒手的に与えた外力や手技速度が一定ではなかったと考えられる。今回は 3 人の熟練した整形外科医が同様の手技にて行うことで可及的に外力や速度の均一化を図り一定の結果を得ることができたが、今後は外力や速度を統一できる方法を検討する必要がある。また、今回は脛骨の大腿骨に対しての前後方向への動きを計測したものであるが、pivot-shift 現象は元来多次元の動きの複合運動であると言われており、さらに精度の高い検査方法としてはいくつかの次元を考慮した動作の解析を要すると考えられた。

論文審査の結果の要旨			
受付番号	甲 第 1887 号	氏名	星野 祐一
論文題目 Title of Dissertation	In Vivo Measurement of the Pivot-Shift Test in the Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knee Using an Electromagnetic Device 電磁気装置を用いた前十字靱帯損傷膝におけるピボットシフトテストにおける膝不安定性の定量的評価		
審査委員 Examiner	主査 田原 真也 Chief Examiner 副査 木村 和洋 Vice-examiner 副査 石井 伸 Vice-examiner		
審査終了日	平成 19 年 12 月 19 日		

(要旨は1,000字～2,000字程度)

前十字靱帯(ACL)再建術後の成績向上のためにはPivot-shift testで評価される回旋不安定性が影響しているといわれている。このPivot-shift testは複雑かつ動的な膝の不安定性を徒手的に評価する方法であり、その客観的、定量的評価方法は未だ確立されていない。本研究の目的はこの“動的”不安定性を客観的かつ定量的に評価できる方法を検討することである。

片側性の ACL 損傷症例 30 例 60 膝を使用した

1) 電磁気センサーでの Pivot-shift test の計測

電磁波をもちいた非侵襲性膝動作解析システムを使用し、体表上の Landmark をプロットし、センサーとの位置関係を入力することでコンピューター上に大腿骨と脛骨の位置関係を反映させた。その状態で膝の 6 自由度を 60Hz で計測し、Pivot shift test 動作中で生じる大腿骨に対する脛骨の前方への亜脱臼の大きさとその後の自然整復の動きの加速度を計測した。

2) Pivot-shift test の計測と徒手的評価との相関の検討

全身麻酔下に臨床に行われるのと同様の pivot shift test を行い、臨床評価としての IKDC 評価と今回の実験的計測としての電磁気センサーを用いた動作解析を同時に行った。IKDC 評価では膝の不安定性があるものをその大きさによって、(+) ~ (++) と 3 段階に評価した。電磁気センサーでの計測結果を健患比較し、また、IKDC 評価毎にグループ分けを行い、各群での結果を比較検討した。健患比較には t 検定を行い、IKDC 評価との相関を Kruskal-Wallis 検定を用いて検討した。

1) 電磁気センサーの計測による健患差

Pivot shift test での脛骨の前方への亜脱臼の大きさは患側では $15.6 \pm 1.2\text{mm}$ 、健側では $7.7 \pm 0.6\text{mm}$ と患側で有意に大きな値を得た ($p < 0.01$)。また、その後の自然整復の動きの加速度は患側で $-2001 \pm 186\text{mm/sec}^2$ 、健側で $-797 \pm 45\text{mm/sec}^2$ と、これも患側で大きな負の値が得られた ($p < 0.01$)。

2) 臨床評価との相関

患側で計測された脛骨の前方への亜脱臼の大きさとその後の自然整復の動きの加速度の結果と IKDC 評価が有意に正の相関を示していた ($p = 0.03$ 、 $p < 0.01$)。

電磁波を用いた膝動作解析システムを用いて非侵襲的に、pivot-shift test 中の脛骨の大転骨に対し

ての前方への亜脱臼の大きさと、それが急激に整復される動きの加速度を計測した。この結果が徒手的臨床評価と相関しており、徒手的評価に変わる定量的評価方法として使用できる可能性が考えられた。電磁波を用いた膝動作解析システムを用いて非侵襲的に、pivot-shift test 中の脛骨の大腿骨に対しての前方への亜脱臼の大きさと、それが急激に整復される動きの加速度を計測した。この結果が徒手的臨床評価と相関しており、徒手的評価に変わる定量的評価方法として使用できる可能性が考えられた。

pivot-shift 現象の動作解析を行った従来の報告では、変位の大きさを評価したものが多く、加速度を用いた評価は殆ど見られない。加速度による動作の評価は、その物体にかかる力を反映するが、ひいては今回計測した加速度は動作中に膝が抜ける感覚を励起する力を反映している可能性が考えられる。

本研究は、ACL 不全膝に生じる動的不安定について、電磁気センサーを用いてその不安定性の検出方法を研究したものであるが、従来ほとんど行われなかったこの動的不安定性の客観的及び定量的評価方法について、重要な知見を得たものとして価値ある業績であると認める。よって、本研究者は、博士（医学）の学位を得る資格があると認める。