



## Nagoya City University Academic Repository

学位の種類	博士（医学）
報告番号	乙第1886号
学位記番号	論 第1654号
氏名	村瀬 熱紀
授与年月日	平成 30年 1月 31日
学位論文の題名	Comparison of quantitative evaluation between cutaneous and transosseous inertial sensors in anterior cruciate ligament deficient knee: A cadaveric study 前十字靭帯欠損膝における皮膚固定慣性センサと骨固定慣性センサの定量評価の比較：屍体膝研究  Journal of Orthopaedic Science 2017 Sep;22(5):874-879.
論文審査担当者	主査： 和田郁雄 副査： 植木孝俊, 大塚隆信

## 論文内容の要旨

### Background:

前十字靭帯(以下ACL)損傷の徒手検査であるPivot-shift testは頻繁に使用される手技であるが、主観的評価であることが問題とされている。よって近年 Pivot-shift test の定量評価の重要性を報告する研究が散見される。我々は2014年より皮膚固定の慣性センサを使用し定量評価を行ってきた。慣性センサとは小型でX, Y, Z軸のそれぞれの加速度と角速度を検出するデバイスである。しかしながら皮膚上のストラップ固定である慣性センサが、骨の加速度と角速度を正確に表現可能かどうかの検討を行った報告はない。この研究目的は慣性センサの臨床応用への正確性を調べるため、新鮮屍体膝を用いて正常膝、ACL損傷膝における骨固定と皮膚固定のセンサによる回旋不安定性の定量評価を行い、比較することである。

Methods: 新鮮屍体膝8膝(男性6膝、女性2膝、平均年齢85.2歳)を使用した。

1つの慣性センサを脛骨結節に専用ストラップにて固定し、もう1つの慣性センサを脛骨に直接固定した後、同一検者一名が脛骨内旋テストを行った。まず正常膝に対しPivot-shift testを行い、その後にACLを関節鏡にて完全に切離を行い、ACL欠損膝に対しPivot-shift testを行った。それぞれ3回の平均値を比較した。検者内信頼性の評価に級内相関係数を、骨固定と皮膚固定の相関にスピアマンの順位相関係数を、正常膝とACL欠損膝の比較にはウィルコクソンの符号順位検定を使用した。

Results: 検者内信頼性の級内相関係数(95%信頼区間)は合成加速度測定で0.67(0.27-0.87)、角速度測定では0.82(0.58-0.94)であった。骨固定と皮膚固定の相関係数は加速度測定:  $r=0.86$  ( $P<0.01$ )、角速度測定:  $r=0.83$  ( $P<0.01$ )とどちらも強い相関を認めた。ACL欠損膝の平均3軸合成加速度(皮膚固定:  $14.6 \pm 3.4 \text{ m/s}^2$  骨固定:  $20.2 \pm 6.1 \text{ m/s}^2$ )は有意に正常膝(皮膚固定:  $6.0 \pm 1.7 \text{ m/s}^2$ , 骨固定:  $9.7 \pm 4.2 \text{ m/s}^2$ )より大きかった。( $P<0.05$ ) またACL欠損膝の最大内旋/外旋角速度の平均値(皮膚固定:  $266.9 \pm 78.7 / 247.1 \pm 59.2 \text{ deg/s}$ , 骨固定:  $310.1 \pm 63.3 / 270.8 \pm 95.1 \text{ deg/s}$ )は有意に正常膝(皮膚固定:  $112.2 \pm 37.2 / 105.1 \pm 35.8 \text{ deg/s}$ , 骨固定:  $140.0 \pm 48.3 / 121.0 \pm 47.8 \text{ deg/s}$ )より速かった。( $P<0.05$ )。

### Discussion:

Pivot-shift test は検者の主観的評価のみではACL不全膝を正確に診断できていない可能性がある。術前術後の回旋不安定性評価を主観的評価のみで行うことは評価そのもの自体が不正確であり、定量評価を行うことが重要である。近年、膝回旋不安定性の定量化は電磁気センサ、ナビゲーション、加速度計などさまざまなデバイスを用いて報告がされている。慣性センサの特徴として非侵襲、ポータブルであること、軽量でセッティングが簡便のため診察室、屋外での使用も可能であること。比較的安価であり導入がしやすいことなどがあげられる。Petriglianoらは慣性センサを骨に直接装着しACL不全膝における回旋不安定性の定量評価が可能であることを報告した。我々の新鮮屍体膝に対する慣性センサを用いた研究において、皮膚固定慣性センサによる膝回旋不安定性の定量値は、加速度、角速度どちらも骨固定慣性センサの定量値と強い相関関係を認めた。またPivot-shift test 整復時の最大3軸合成加速度、最大内旋/外旋角速度はどちらもACL損傷膝で有意に大きかった。

### Conclusions:

慣性センサにて回旋不安定性の定量評価が可能であると考えられた。皮膚上のストラップ固定であっても骨の加速度と角速度を正確に表現できることが示された。

## 論文審査の結果の要旨

### 1. 審査論文の要旨

【目的】 前十字靭帯(以下ACL)損傷に対するPivot-shift testを定量評価する重要性が報告され、慣性センサを用いて不安定性を定量評価する研究がされている。しかしながら体表固定の慣性センサが、骨の動きを正確に表現可能かどうかの検討を行った報告はない。本研究目的は体表慣性センサの臨床応用のため、新鮮屍体膝を用いて正常膝、ACL損傷膝における体表慣性センサと骨慣性センサによる回旋不安定性の定量評価を行い、その精度を比較することである。

【対象と方法】 新鮮屍体膝8膝（男性6膝、女性2膝、平均年齢85.2歳）を使用した。1つの慣性センサを脛骨結節の体表に固定、もう1つの慣性センサを脛骨に直接固定した。同一検者一名が正常膝とACL欠損膝(ACLを関節鏡にて完全に切離)に対しPivot-shift testを施行し、加速度と角速度を計測した。検者内信頼性の評価に級内相関係数を、体表固定と骨固定の比較にスピアマンの順位相関係数を、正常膝とACL欠損膝の比較にはウィルコクソンの符号順位検定を使用した。

【結果】 検者内信頼性の級内相関係数（95%信頼区間）は合成加速度測定で0.67 (0.27-9.87)、角速度測定では0.82 (0.58-0.94)であった。体表慣性センサと骨慣性センサの相関係数は加速度測定： $r=0.86$  ( $P<0.01$ )、角速度測定： $r=0.83$  ( $P<0.01$ )とどちらも強い相関を認めた。ACL欠損膝の平均3軸合成加速度(体表固定： $14.6\pm 3.4$  m/s<sup>2</sup> 骨固定： $20.2\pm 6.1$  m/s<sup>2</sup>)は有意に正常膝(体表固定： $6.0\pm 1.7$  m/s<sup>2</sup>, 骨固定： $9.7\pm 4.2$  m/s<sup>2</sup>)より大きかった。 ( $P<0.05$ ) またACL欠損膝の最大内旋/外旋角速度の平均値(体表固定： $266.9\pm 78.7$  /  $247.1\pm 59.2$  deg/s, 骨固定： $310.1\pm 63.3$  /  $270.8\pm 95.1$  deg/s) は有意に正常膝(体表固定： $112.2\pm 37.2$  /  $105.1\pm 35.8$  deg/s, 骨固定： $140.0\pm 48.3$  /  $121.0\pm 47.8$  deg/s)より速かった。 ( $P<0.05$ )。

【考察および結論】 新鮮屍体膝に対する慣性センサを用いた研究において、体表固定慣性センサによる膝回旋不安定性の定量値は、加速度、角速度どちらも骨固定慣性センサの定量値と強い相関関係を認めた。Pivot-shift test 整復時の最大3軸合成加速度、最大内旋/外旋角速度はどちらもACL損傷膝で有意に大きかった。慣性センサにて回旋不安定性の定量評価が可能であり、体表固定慣性センサを使用し骨の加速度と角速度を正確に表現できる可能性が示唆された。

### 2. 審査内容の要旨

発表終了後に主査の和田教授から、ACL部分損傷の割合、ACL損傷の症状、inertial sensorの臨床応用や他のデバイスと比較しての優位性、加速度計を報告した先行研究との違い、実験手技や検者間信頼性などについて、9項目の質問がなされた。第一副査の植木教授からは今後の検者間信頼性を向上するための工夫、reverse pivot shift手技に関する質問や、加速度と角速度を同時に測定する意義などについて3項目の質問がなされた。第二副査の大塚教授からはACL損傷に対する治療方針（スポーツ選手と一般人の違い）、軟骨再生医療の現状についての2項目の質問がなされた。これらの質問に対し、おおむね満足できる回答が得られ、申請者は学位論文の主旨を十分に理解しているとともに専攻分野（整形外科）に関する知識を習得しているものと判断された。本研究は前十字靭帯損傷膝に対する回旋不安定性の定量評価における体表慣性センサと骨慣性センサの関係を研究した初めての報告であり、臨床での応用に極めて有用な知見を得たと考える。よって本論文の著者は、博士（医学）の称号を与えるのにふさわしいと判断した。