

(様式4)

## 学 位 論 文 の 内 容 の 要 旨

氏 名 岡 元 翔 吾 印

(学位論文のタイトル)

Intra-rater Reliability and Criterion-related Validity of using an Accelerometer to Measure the Impact Force and Knee Joint Sway during Single-leg Drop Landing  
(加速度計を用いた片脚着地における衝撃力と膝関節動揺性の検者内信頼性と基準関連妥当性)

(学位論文の要旨)

### 【緒言】

ACL再損傷予防プログラムでは、着地時の床反力垂直成分ピーク値 (pVGRF) を低減させるために体幹・下肢を十分に屈曲するSoft landingの獲得が重要とされる。しかし床反力は視覚的に捉えることが困難である。そのため臨床評価では床反力計が使用されるが、機器が高価であり広いスペースを必要とする。また、臨床場面ではSoft landingであつても着地後に膝関節の前額面上の動揺が大きいことを経験する。着地後の過大な膝関節動揺は、傷害発生およびパフォーマンスに影響を与えると考えられるが、その定量評価法に関する報告はない。リハビリテーションにおける機能評価や効果判定等のために着地後の衝撃力と膝関節動揺性を簡便かつ定量的に評価できるツールが必要であると考えます。

本研究の目的は、2個の加速度計を内蔵したモーションセンサを用いて、Single-leg landingにおける衝撃力と膝関節動揺性の測定に関して、検者内信頼性および床反力計との基準関連妥当性を明らかにすることとした。

### 【対象および方法】

対象は過去に下肢および体幹に重篤な傷害のないバスケットボール部に所属する健常大学生10名 (男性4名・女性6名、年齢:  $21.1 \pm 1.1$ 歳、身長:  $167.8 \pm 9.9$ cm、体重:  $59.4 \pm 7.0$ kg) とした。Sports Sensing社製のモーションセンサ (1000Hz) は、利き足の脛骨粗面に固定した。動作課題は、高さ30cmの台に利き足支持での片脚立位となり、前方へ踏み切り同脚で片脚着地するSingle-leg drop landingとした。着地後は下肢の屈曲位を3秒間保持するように指示した。同日に2試行を行い、試行間では加速度計を一度取り外し、再度取り付けを行った。モーションセンサは、3軸加速度計・2軸加速度計が内蔵されており、検出範囲がそれぞれ $\pm 5G$ ・ $\pm 200G$ であるものを使用した。2軸加速度計により、加速度上下方向ピーク値 (acc-pV)、足部接地 (IC-a) からacc-pVまでの時間を示すtime to acc-pV ( $\Delta t'$ )、acc-loading rate (acc-pV/ $\Delta t'$ ) をそれぞれ測定した。なおIC-aの定義は加速度上下成分の波形のマイナス方向への開始時点とした。また3軸加速度計により、着地後の膝関節最大屈曲位からその後1秒間における加速度左右成分のRoot mean square (acc-RMS) を算出した。床反力データはAMTI社製の床反力計 (1000Hz) を用いて、同様にpVGRF、t

ime to pVGRF ( $\Delta t$ )、f-loading rate (pVGRF/ $\Delta t$ ) を測定した。なお床反力計による足部接地 (IC-f) の定義は10Nを超えた時点とした。また着地後の膝関節最大屈曲位からその後1秒間におけるCOP左右成分移動距離のRMS (COP-RMS) を算出した。なおacc-pVおよびpVGRFはいずれも体重で正規化した。

検者内信頼性の検討は、加速度データに関して級内相関係数ICC (1.1) を算出した。系統誤差の有無の検討にはBland-Altman分析を用いた。また誤差の許容範囲 (limit of agreement : LOA) を算出した。基準関連妥当性の検討には、床反力計と加速度計により測定された値の2試行の平均値を代表値として使用し、Pearsonの積率相関係数を用いた。統計学的解析にはSPSSを使用し有意水準はすべて5%とした。

### 【結果および考察】

#### 1) 検者内信頼性と測定誤差の検討

加速度データの2試行の平均値は、acc-pV  $-30.1 \pm 10.9$  (G)、 $\Delta t'$   $0.046 \pm 0.011$  (sec)、acc-loading rate  $-12.5 \pm 7.5$  (G/kg $\cdot$ sec)、acc-RMS  $0.21 \pm 0.05$  (G) であった。級内相関係数は、acc-pV 0.88 (0.61~0.97)、 $\Delta t'$  0.96 (0.86~0.99)、acc-loading rate 0.96 (0.85~0.99) と高い信頼性を示した。 $\Delta t'$ のLOAは $-0.005 \sim 0.006$  (sec) と誤差の許容範囲も小さい結果となった。このことから視覚的に判断することが難しい着地後の足部接地から垂直成分ピーク値までのごく短い時間の変化は、モーションセンサを使用することで評価が可能であることが示唆された。しかし、acc-pVとacc-loading rateについてはLOAがそれぞれ  $-10.4 \sim 11.0$  (G)、 $-3.7 \sim 4.7$  (G) となり誤差は大きいといえる。これらの項目は、信頼性が高い一方で、臨床応用を考慮すると小さな変化は正確に捉えられない可能性がある点に留意する必要があると考える。一方、acc-RMSの級内相関係数は0.62 (0.06~0.89) となり、一定の信頼性があることが示されたが、95%信頼区間は幅広い値となり必ずしも信頼性が高いとは言えない。その要因としては、多くの対象者で失敗試技が複数回観察されたことから動作課題の難易度が高かったことが考えられた。Bland-Altman分析の結果では、acc-pV $\cdot$  $\Delta t'$  $\cdot$ acc-loading rateに関しては系統誤差を認めなかった。これらの項目の測定誤差は偶然誤差による影響が大きく、測定を繰り返し実施することで精度を高めることができることが示唆された。一方で、acc-RMSは比例誤差を認めた。このことから実際にモーションセンサを用いて膝関節動揺性の評価をする際には、測定値が大きい場合には誤差が大きくなりやすい点に留意して使用する必要がある。

#### 2) 基準関連妥当性の検討

相関分析の結果より、acc-pV-pVGRF、 $\Delta t'$ - $\Delta t$ 、acc-loading rate-f-loading rateの間には、それぞれ有意に高い関連性を認めた ( $r = -0.76$ ,  $0.99$ ,  $-0.94$ )。さらに $\Delta t'$ と $\Delta t$ の関係性についてはBland-Altman分析の結果から系統誤差を認めなかったことから、両者は高い一致度を有することが示唆された。またacc-RMSおよびCOP-RMSの関係性については、有意な相関関係は認めず、加速度計が膝関節自体の動揺性を計測できている結果と考える。

### 【結論】

モーションセンサによる着地後の衝撃力と膝関節動揺性の評価は、比較的高い信頼性と高い基準関連妥当性を示したことから、誤差の種類と大きさに留意した上で臨床応用できる可能性が考えられる。