

原著

立て膝位におけるハムストリングス収縮時の脛骨後方転位の 定量的評価 —超音波画像装置を用いた健常膝での信頼性検証と PCL 不全膝 2 例への予備的検討—

稲田竜太^{1,2*}, 小柳磨毅^{1,3}, 森下聖⁴, 成俊弼³, 向井公一⁵, 田中則子^{1,3}, 境隆弘⁶

¹ 大阪電気通信大学大学院 医療福祉工学研究科

² 運動器ケア しまだ病院 リハビリテーション部

³ 大阪電気通信大学 健康情報学部

⁴ 和歌山リハビリテーション専門職大学 健康科学部

⁵ 四條畷学園大学 リハビリテーション学部

⁶ 大阪保健医療大学 保健医療学部

要旨

【緒言】後十字靱帯（PCL）不全膝は、脛骨の後方転位（PTT）を生じる。近年、PCL 不全膝の脱力した（安静時）立て膝位で超音波画像装置（US）により評価した PTT は、良好な信頼性が報告されている。しかし、ハムストリングスの収縮に伴い増大する PTT（収縮時 PTT）の同肢位における評価方法は確立されていない。本研究の目的は、立て膝位における収縮時 PTT の信頼性を健常膝で検証し、PCL 不全膝の評価結果を検討することである。

【方法】対象は健常大学生 10 名 20 膝および PCL 損傷膝 2 例とした。US を用いて立て膝位の安静時および収縮時の PTT を撮像し、脛骨の前方転位を（-）、後方転位を（+）と定義した。収縮時 PTT の検者内信頼性は、級内相関係数（ICC）として ICC（1,1）および ICC（1,3）を用いて検証した。

【結果】健常膝における収縮時 PTT の検者内信頼性は、ICC が（1,1）は 0.54、（1,3）は 0.78 であった。PCL 不全膝症例 1 の PTT（健患差）は、安静時が 6.8mm、収縮時では 9.0mm であった。同様に症例 2 の安静時は 4.1mm、収縮時では 5.9mm であった。

【結論】立て膝位の PCL 不全膝に対する収縮時 PTT の評価は、健常膝において中等度から良好な検者内信頼性を認めた。また、PCL 不全膝（2 例）では、安静時よりも収縮時に PTT が増大した。

受付日 2026 年 2 月 5 日

採択日 2026 年 7 月 25 日

*責任著者

稲田竜太
大阪電気通信大学大学院 医療
福祉工学研究科

E-mail:
inachan1_8@yahoo.co.jp

キーワード

後十字靱帯
脛骨後方転位
超音波画像装置

はじめに

膝後十字靱帯（Posterior Cruciate Ligament: PCL）は、大腿骨顆間窩の内側前方から起こり、膝関節内を後外方に向かい、脛骨顆間隆起の後方と後関節包に付着する¹⁾。膝関節の後方への安定性を担う PCL は^{2,3)}、膝関

節屈曲位で脛骨前面から後方への剪断力が過度に加わることで損傷する⁴⁾。PCL 不全により脛骨の後方転位（Posterior Tibial Translation: PTT）が生じ^{5,6)}、背臥位で膝を立てて脱力すると下腿の自重によって脛骨が後方へ落ち込む（posterior sagging）。これより、PCL 不全

膝の一般的な PTT の定量的評価方法として、膝関節屈曲 90° における立て膝位での側面単純 X 線撮影 Gravity sag view (GSV) が用いられている⁷⁾。

一方、PCL 不全膝の安静時に認めた PTT は、膝関節の屈筋であるハムストリングスの収縮時に増大する⁸⁾。この収縮による後方剪断力および PTT は膝屈曲に伴い増大し、屈曲 90° 付近で最大となる^{9,10)}。そのため、膝関節 90° における評価は生体力学的に重要である。こうした収縮時の PTT に対する定量的な評価法として、側臥位の膝関節屈曲 90° 位でハムストリングスの等尺性収縮を加えた X 線評価が報告されている^{11,12)}。しかし、GSV やこの評価は、被ばくを伴い、測定環境が限定される。

近年、この課題に対し、超音波画像装置 (ultrasonography: US) を用いた posterior sagging の定量評価と、その良好な信頼性が示されている^{13,14)}。しかし、収縮時の PTT はこれまでに、US による評価がなされていない。また、筋収縮下での定量評価は、PCL 不全膝における動的な後方不安定性を把握する上で有用であると考えられる。特に、膝関節屈曲 90° の立て膝位においてハムストリングスの等尺性収縮を加えた条件では、安静時の posterior sagging のみでは捉えにくい収縮時の PTT 増大を評価できる可能性がある。このような評価は、理学療法場面において PCL 不全膝の病態を把握し、膝屈曲位での筋収縮を伴う運動療法の実施可否や負荷量を検討するための有用な指標となることが期待される。このことから、理学療法場面で評価可能な US による収縮時 PTT の評価方法の確立は重要な課題である。

そこで我々は、立て膝位で US を用い、ハムストリングスの最大等尺性収縮を加えた収縮時の PTT を定量的に評価し、健常膝における検者内信頼性を検証するとともに PCL 不全膝 2 例に本方法を適用し、その臨床的有用性を予備的に検討した。

対象

対象は、健常男性大学生 10 名 20 膝 (健常膝) および片側に PCL 不全を認めた 2 症例とした。健常男子大学生の年齢は 20.3 ± 0.5 歳、身長 171.5 ± 7.1 cm、体重 63.0 ± 7.4 kg であった (平均 $\pm$ 標準偏差)。膝関節疾患の現病歴および既往歴を有するものは除外した。

症例 1 は、受傷後約 14 年経過した 29 歳女性であり、高校 1 年生時のバスケットボール中に相手と接触し、右膝を床面に強打して受傷した。症例 2 は、受傷後約 30 年経過した 49 歳男性であり、サッカーのプレー中に転倒し、左膝脛骨前面を強打して受傷した。いずれの症例も、手術加療は施行されておらず保存的に加療されており、患側膝関節の脛骨後方転位が目視にて確認された (図 1)。

全ての対象者にはヘルシンキ宣言に則り、本研究の趣旨と内容を書面および口頭で説明し、同意を得た。なお、本研究は大阪電気通信大学倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: 23-008 号)。

方法

1. 計測機器

安静時と収縮時における PTT の定量的評価には US (ARIETTA65, FUJIFILM 社製) およびリニアプローブ (L64-VET 18-5MHz) を使用した。なお、US による評価は、日々の臨床で US を用いた臨床業務に携わる経験年数約 10 年の理学療法士が実施した。

2. 計測項目

計測項目は、安静時と収縮時の PTT とした。計測には、沖本らの方法^{13,14)}に準じて US gel pad (東芝医療用品株式会社製) および前額面・矢状面・水平面の 3 軸を規定する自作の器具 (custom-made device CMD) を使用した。なお US gel pad および CMD の使用は、プローブの設置位置を一定にすることを目的とした。CMD は、L 字型定規にスポンジと角度計を組み合わせ

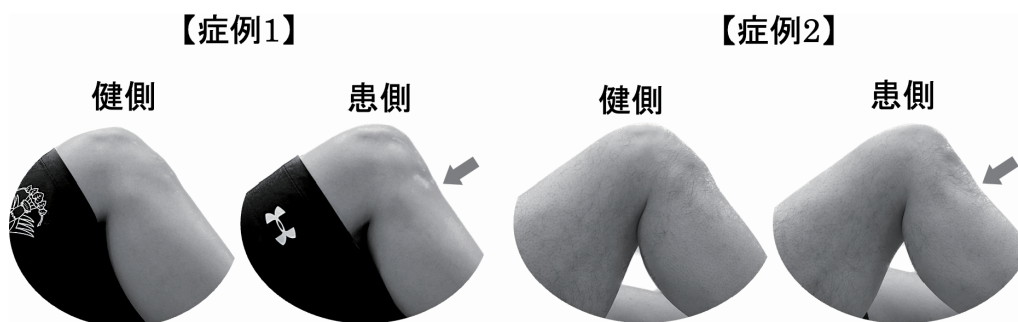


図 1. PCL 不全膝の側面像
いずれも posterior sagging (矢印) を認めた

て作成したものである。

2.1 安静時 PTT

沖本ら^{13, 14)}の方法に従い、膝関節屈曲 90° の立て膝位で、大腿骨内側上顆と外側上顆を触診し、それらを結ぶ線に対し垂直（大腿骨長軸と平行）にプローブを設置した。膝蓋骨内側縁から内側へプローブを移動させ、大腿骨内顆の最高点（大腿骨内顆頂点）と脛骨前縁を描出して静止画として保存した。Image J 1.53 を用いて、大腿骨内顆頂点を通る水平線から脛骨前縁までの垂直距離（step-off 値）により両膝の PTT を計測し、大腿骨内顆頂点よりも脛骨前縁が前方にあるものを前方転位（マイナス）、後方にあるものを後方転位（プラス）とした（図 2）。

2.2 収縮時 PTT

計測肢位は、安静時 PTT の計測と同様の背臥位膝関節屈曲 90° の立て膝位とし、検者が同肢位で支持が容易な下腿遠位部に膝伸展方向への徒手抵抗を加え、約 5 秒間、ハムストリングスを最大等尺性収縮させた（図 3）。なお、被験者には膝伸展方向への徒手抵抗に対して、膝

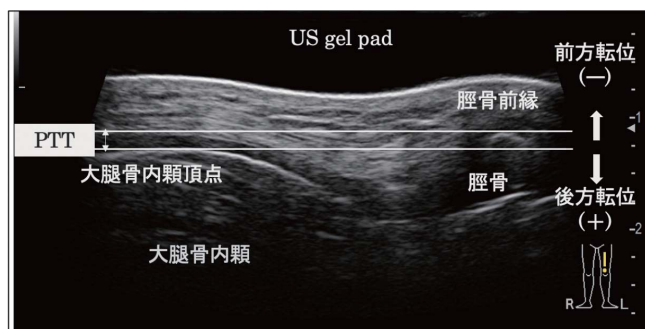


図 2. PTT の計測指標（安静時および収縮時）

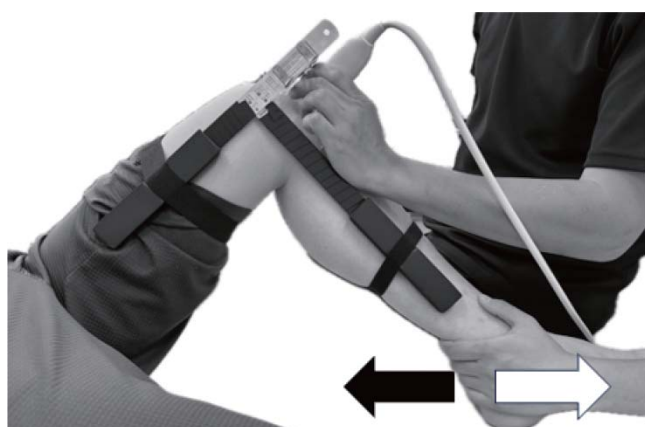


図 3. 収縮時 PTT の定量的計測法

肢位は背臥位の立て膝位（膝関節屈曲 90°）とする。下腿遠位部に膝伸展方向への徒手抵抗（白矢印）を加え、これに対してハムストリングスを等尺性に最大収縮させる（黒矢印）。この際の大腿骨と脛骨の step-off 値を US により計測する。

関節屈曲位を保持するように口頭指示を行い、膝関節屈曲角度が変化していないかを目視により確認した。画質が安定した安静時と同部位の US 画像を保存し、step-off 値から両膝の PTT を計測した。

安静時と収縮時の PTT はそれぞれ 3 回ずつ計測し、筋収縮に伴う後方転位の指標として、安静時から収縮時への PTT の変化量を算出した。

3. 検討項目および統計解析

3.1 健常膝における安静時および収縮時 PTT の検者内信頼性

級内相関係数 ICC (1,1) および ICC (1,3) により、安静時および収縮時 PTT 計測の検者内の相対的信頼性を求めた。さらに、絶対的信頼性を検討するため、Bland-Altman プロットを作成し、加算誤差および比例誤差の有無を検討した。加えて、測定誤差の指標として標準誤差（standard error of the measurement: SEM）を算出し、最小検出変化量（95% confidence intervals of minimal detectable change: MDC₉₅）を算出した。

3.2 健常膝の PTT

両膝の安静時と収縮時の PTT とその変化量を算出した。統計解析に先立ち、Shapiro-Wilk 検定を用いてデータの正規性を確認し、対応のある t 検定を用いて安静時および収縮時の PTT を比較検討した。有意水準は 5% とした。

3.3 PCL 不全膝の PTT

健側と患側の安静時と収縮時の PTT、変化量を検討した。

結果

1. 健常膝における安静時および収縮時 PTT の検者内信頼性

安静時 PTT の ICC (1,1) は 0.69 (95% 信頼区間: 0.46-0.85, $p < 0.001$)、ICC (1,3) が 0.89 (95% 信頼区間: 0.72-0.94, $p < 0.001$) であった。収縮時 PTT の ICC (1,1) は 0.54 (95% 信頼区間: 0.28-0.76, $p < 0.001$)、ICC (1,3) が 0.78 (95% 信頼区間: 0.53-0.91, $p < 0.001$) であり、1 回計測よりも 3 回計測で ICC が高値であった（表 1）。Bland-Altman プロットを図に示す（図 4）。加算誤差（95% 信頼区間: -1.01-0.58）および比例誤差（回帰直線の傾き: $r = 0.07$, $p = 0.77$ ）は認められなかった。SEM は 0.38mm, MDC₉₅ は 1.05mm であった。

2. 健常膝の PTT

安静時は、 $-0.6 \pm 1.5\text{mm}$ 、収縮時では、 $+0.2 \pm 1.2\text{mm}$ であり、収縮時が有意に大きかった ($p < 0.001$)。

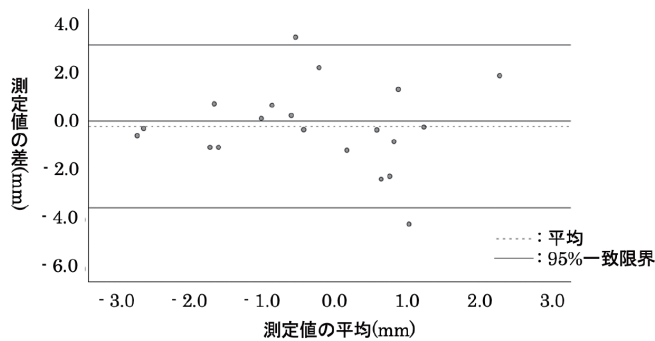


図 4. Bland-Altman プロット

中央点線は平均差（ -0.2mm ）を示し、上下の実線は 95% 一致限界（limits of agreement：上限 $+3.1\text{mm}$ 下限 -3.5mm ）を示す。

表 1. 収縮時 PTT の検者内信頼性

	ICC	95%CI*	p値
(1, 1)	0.54	0.28 – 0.76	<0.001
(1, 3)	0.78	0.53 – 0.91	<0.001

*95% 信頼区間：95% Confidence Intervals

安静時から収縮時の変化量は、 $+0.8 \pm 0.9\text{mm}$ であった。いずれの計測値（安静時（左膝 $-0.3 \pm 1.7\text{mm}$ / 右膝 $-0.9 \pm 1.1\text{mm}$ ）・収縮時（左膝 $+0.8 \pm 1.1\text{mm}$ / 右膝 $-0.4 \pm 1.0\text{mm}$ ）・変化量（左膝 $+0.7 \pm 0.8\text{mm}$ / 右膝 $+1.0 \pm 1.0\text{mm}$ ））にも、左右差は認めなかった。

3. PCL 不全膝の PTT（健側／患側）

3.1 症例 1

安静時は、 $-5.1 \pm 0.6\text{mm}$ / $+1.7 \pm 0.2\text{mm}$ であり、健患差は 6.8mm であった。収縮時は $-3.3 \pm 0.5\text{mm}$ / $+5.7 \pm 0.4\text{mm}$ であり、健患差は 9.0mm であった。変化量は、 $+1.8\text{mm}$ / $+4.0\text{mm}$ であり、その健患差は 2.2mm であった（図 5）。

3.2 症例 2

安静時は、 $-1.4 \pm 0.2\text{mm}$ / $+2.7 \pm 0.4\text{mm}$ であり、健患差は 4.1mm であった。収縮時は、 $+0.6 \pm 0.2\text{mm}$ / $+6.5 \pm 0.6\text{mm}$ であり、健患差は 5.9mm であった。変化量は、 $+1.9\text{mm}$ / $+3.8\text{mm}$ であり、その健患差は 1.9mm であった（図 6）。

考察

収縮時 PTT の検者内信頼性は、ICC (1,1) と比較して ICC (1,3) が高値を示した。健常膝の PTT は、収縮時が安静時に比較して有意に大きく、ハムストリングスの収縮により約 1mm の変化量を認めた。また、PCL 不全膝における PTT の健患差は、収縮時が安静時よりも大きく、患側は約 4mm の変化量を認めた。

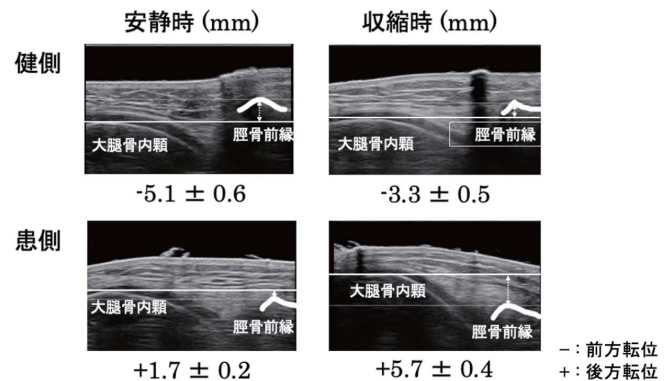


図 5. PCL 不全膝の PTT（症例 1）

安静時と収縮時、その変化量ともに患側が大きかった

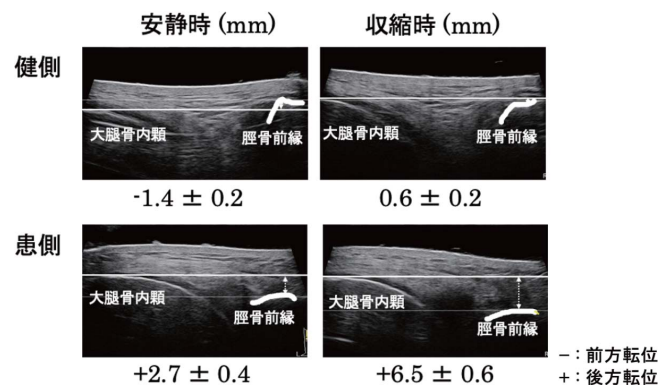


図 6. PCL 不全膝の PTT（症例 2）

安静時と収縮時、その変化量ともに患側が大きかった

1. 健常膝における安静時および収縮時 PTT 計測の検者内信頼性

安静時 PTT の ICC (1,1) および (1,3) は、0.69 および 0.89 であり、先行研究¹³⁾で示されている 0.53 および 0.78 と比較して同等からやや良好な値であった。一方、立て膝位での収縮時 PTT における検者内の相対的信頼性は、ICC (1,1) が 0.54 (95% 信頼区間：0.28-0.76)、ICC (1,3) は 0.78 (95% 信頼区間：0.53-0.90, $p < 0.001$) であった。ICC は、0.5~0.75 が Moderate reliability, 0.75~0.9 が Good reliability とされる¹⁵⁾。本研究では、ICC (1,3) において良好な検者内信頼性を認めたことから、収縮時 PTT の計測における、3 回測定により信頼性が向上することが示唆された。ただし、ICC (1,1) の 95% 信頼区間は 0.28-0.76、ICC (1,3) の 95% 信頼区間は 0.53-0.90 と幅が広く、真の信頼性の推定精度には一定の限界がある可能性が示された。一方、絶対的信頼性の観点からは、Bland-Altman プロットにおいて加算誤差および比例誤差のいずれも認められず、本評価法は系統的な測定誤差を伴わないことが示された。これは、測定値が特定の方向に偏ることなく、再現性をも

って計測可能であることを意味しており、臨床および研究において信頼して使用できる測定手法であることを示唆する結果である。また、SEM は 0.38mm, MDC_{95} は 1.05mm であり、本評価法では約 1mm 以上の変化により測定誤差を超えた変化として検出可能であることが示された。なお、本研究における健常膝の安静時から収縮時への変化量は平均 0.8mm であり、 MDC_{95} を下回っていたことから、安静時と収縮時の 2 群間に有意差が認められたものの、個人レベルでの変化としては測定誤差内に含まれる可能性がある。したがって、健常膝における変化の解釈には慎重を要する。一方で、PCL 不全膝では MDC_{95} を上回る変化量が認められており、本評価法は PCL 不全における脛骨後方転位の増大を検出する指標として有用である可能性が示唆された。

2. 健常膝の PTT

健常膝の PTT は安静時に比較して収縮時が有意に大きく、ハムストリングスの収縮は脛骨を後方転位させた。これまでに、ハムストリングスの収縮による脛骨の後方への剪断力^{16, 17)}と転位¹¹⁾の増大が報告されており、本研究の結果も先行研究を支持した。

一方、側臥位での X 線評価では、健常膝は安静時から収縮時に、 $3.4 \pm 1.0\text{mm}$ 後方転位したとされるが¹¹⁾、本研究における健常膝の後方転位の変化量は約 1mm と小さかった。本研究で採用した立て膝位では、安静時に自重により脛骨がすでに後方転位し、収縮に伴う変化量が相対的に小さくなったと考えられた。

3. PCL 不全膝の PTT

3.1. 安静時

沖本らは、片側性 PCL 損傷患者 12 名を対象に US を用いた立て膝位での安静時の PTT を計測し、健患差は 5.0 (4.1~5.8) mm であったと報告している¹⁴⁾。本研究の PCL 不全膝 (2 例) における安静時の健患差は、症例 1 が 6.8mm, 症例 2 が 4.1mm であった。脱力した立て膝位では、自重により先行研究に近似する 4mm と 6 mm の後方転位が発生することが確認された。

3.2. 収縮時

収縮時の健患差は 7mm と 9mm であり、PCL 損傷膝 (60 例) のハムストリングス収縮時の PTT を側臥位で X 線評価した報告 ($7.9 \pm 4.9\text{mm}$)¹¹⁾と同程度であった。これより、US を用いた立て膝位の本評価法は、PCL 不全膝の膝屈筋収縮による剪断力を反映した後方転位を、側臥位での X 線評価と同様に検出できる可能性が示唆された。なお、本研究は背臥位での立て膝位、先行研究は側臥位での膝屈曲 90° と測定肢位が異なるものの、収

縮時 PTT はハムストリングスの収縮による脛骨後方転位量の計測であり、安静時 PTT の計測結果と比較して自重による脛骨後方転位量の影響は最小限となり、側臥位での X 線評価と近似した変化量を示した可能性が考えられた。ただし、測定肢位の違いによる影響は不明であり、今後は同一肢位での X 線評価との比較検討が必要である。

さらに本評価法の安静時から収縮時の変化量は、3 mm と 4mm であり、1mm 程度の健常膝や健側と比べ、収縮により脛骨がさらに後方転位した。これまで膝関節の不安定性評価はその負荷量が小さく、生体 (*in vivo*) 評価としての限界が指摘されている⁷⁾。Posterior sagging 時に作用する後方剪断力は、下腿の質量を 3.2kg, 膝関節屈曲 90° 位の脛骨傾斜角を 45° と仮定して概算すると、下腿に加わる重力は $3.2\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 = 31.4\text{N}$ となり、その脛骨長軸方向成分 ($31.4\text{N} \times \sin 45^\circ$) は 22.2N 程度と推定できる。ただし、足部接地による免荷の影響を受けるため、実際に作用する後方剪断力はこれより小さくなる可能性もある。この重力による後方剪断力は、遺体膝を対象に検証した PCL の破断強度 (前外側線維束 $1120 \pm 362\text{N}$ ・後内側線維 $419 \pm 128\text{N}$ ・最大合計約 2000 N)¹⁸⁾と比較して小さい。一方、同肢位でのハムストリングスの収縮は 1780N の後方剪断力を発生すると報告されている¹⁹⁾。以上より、立て膝位でハムストリングスの収縮を加えた本評価方法は、従来の posterior sagging に対する GSV と比べ、PCL 不全膝における後方不安定性の評価として、感度と臨床的意義が高い可能性があると考えられた。

本研究の限界と展望

本研究では、以下の限界がある。1つ目は、健常者では男性大学生のみの検討であり、女性における検討ができていないこと。2つ目は、ハムストリングスの筋力を測定していないため、その筋力が PTT に及ぼす影響を十分に検討できていないこと。3つ目は、同肢位における X 線評価との比較ができていないこと。4つ目として、左右膝を独立サンプルとして扱ったが、同一対象者の左右膝には相関が存在する可能性があり、独立性の仮定を完全には満たしていない可能性があることが挙げられる。また、PCL 不全膝の症例数が 2 例と少ないことも本研究の限界であり、今後は症例数を増やし、検者間信頼性を含む統計学的検討が必要である。さらに、本研究では測定肢位や抵抗方法に明らかな問題は認められなかったが、今後はより厳密な固定方法や抵抗方法を検討する必要がある。加えて、ハムストリングスの収縮強度は、PTT の値をばらつかせる可能性が考えられるため、

収縮時の抵抗負荷量を一定にする必要がある。

立て膝位の本評価法は、ハムストリングスの最大収縮時における PTT を、側臥位の X 線評価と同程度に検出できる可能性がある。さらに、被ばくがなくリアルタイムに後方転位の動態観察が可能であり、PCL 不全／再建膝におけるハムストリングス強化の安全性や装具による PTT 制動効果の検証など、PCL 不全／再建膝における臨床評価として意義が高い。

結論

PCL 不全膝に対する立て膝位でハムストリングスを収縮させた PTT の評価法は、健常膝において中等度から良好な検者内信頼性を認めた。さらに、PCL 不全膝 (2 例) は健側と比べて、安静時よりも収縮時に PTT が大きかった。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

謝辞

本研究は、大阪電気通信大学メカトロ研特定共同研究費の助成を受けて実施した。また、本論文の作成にあたり、木村佳記先生には論文構成および記述内容について有益なご助言を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

文献

- 1) Logterman SL, Wydra FB, Frank RM.: Posterior cruciate ligament: anatomy and biomechanics. *Curr Rev Musculoskelet Med* 11: 510-514, 2018
- 2) Race A, Amis AA.: The mechanical properties of the two bundles of the human posterior cruciate ligament. *J Biomech* 27: 13-24, 1994
- 3) Lynch TB, Chahla J, Nuelle CW.: Anatomy and biomechanics of the posterior cruciate ligament. *J Knee Surg* 34: 499-508, 2021
- 4) Schulz MS, Russe K, Weiler A, et al.: Epidemiology of posterior cruciate ligament injuries. *Arch Orthop Trauma Surg* 123: 186-191, 2003
- 5) Ahn DY, Park HJ, Kim MS, et al.: Protruding anterior medial meniscus and posterior tibial translation as secondary signs of complete and partial posterior cruciate ligament tear. *Br J Radiol* 95: 20210976, 2022
- 6) Li G, Papannagari R, Li M, et al.: Effect of posterior cruciate ligament deficiency on in vivo translation and rotation of the knee during weightbearing flexion. *Am J Sports Med* 36: 474-479, 2008
- 7) Shino K, Mitsuoka T, Horibe S, et al.: The gravity sag view: A simple radiographic technique to show posterior laxity of the knee. *Arthroscopy* 16: 670-672, 2000
- 8) Shino K, Horibe S, Ono K.: The voluntarily evoked posterolateral drawer sign in the knee with posterolateral instability. *Clin Orthop Relat Res* 215: 179-186, 1987
- 9) Toutoungi DE, Lu TW, Leardini A, et al.: Cruciate ligament forces in the human knee during rehabilitation exercises. *Clin Biomech (Bristol)* 15: 176-187, 2000
- 10) Höher J, Vogrin TM, Woo SL, et al.: In situ forces in the human posterior cruciate ligament in response to muscle loads: a cadaveric study. *J Orthop Res* 17: 763-768, 1999
- 11) Margheritini F, Mancini L, Mauro CS, et al.: Stress radiography for quantifying posterior cruciate ligament deficiency. *Arthroscopy* 19: 706-711, 2003
- 12) Guth JJ, Brophy RH, Matava MJ. et al.: Stress radiography is a reliable method to quantify posterior cruciate ligament insufficiency: A systematic review. *Arthrosc Sports Med Rehabil* 4: 1851-1860, 2022
- 13) 沖本遼, 森岡俊貴, 砂野徳志, 他.: 超音波を用いた脛骨後方転位の定量的評価 - 健常膝における相対的・絶対的信頼性 -. *保健医療学雑誌* 11: 93-99, 2020
- 14) 沖本遼, 松尾高行, 砂野徳志, 他.: 膝後方不安定性評価 - X-p と超音波による計測の比較 -. *JOSKAS* 46: 584-588, 2021
- 15) Koo TK, Li MY. A: guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med* 15: 155-163, 2016
- 16) Maniar N, Schache AG, Sritharan P, et al.: Non-knee-spanning muscles contribute to tibiofemoral shear as well as valgus and rotational joint reaction moments during unanticipated sidestep cutting. *Sci Rep* 8: 2501, 2018
- 17) Maniar N, Cole MH, Bryant A, et al.: Muscle force contributions to anterior cruciate ligament loading. *Sports Medicine* 52: 1737-1750, 2022
- 18) Harner CD, Xerogeanes JW, Livesay GA, et al.: The human posterior cruciate ligament complex: an interdisciplinary study. Ligament morphology and biomechanical evaluation. *Am J Sports Med* 23: 736-745,



1995

- 19) Lutz GE, Palmitier RA, An KN, et al.: Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. J Bone Joint Surg Am 75: 732-739, 1993



Original article

Quantitative Evaluation of Posterior Tibial Translation During Hamstrings Contraction in a supine position with the knees flexed —Reliability Assessment in Healthy Knees and a Preliminary Investigation of Two Posterior Cruciate Ligament Insufficient Knee Using Ultrasonography—

Ryuta Inada^{1, 2*}, Maki Koyanagi^{1, 3}, Satoshi Morishita⁴, Junpil Song³, Koichi Mukai⁵, Noriko Tanaka^{1, 3}, Takahiro Sakai⁶

¹ Division of Biomedical Engineering, Graduate School of Biomedical Engineering, Osaka Electro-Communication University

² Department of Rehabilitation, Shimada Hospital

³ Department of Physiotherapy, Faculty of Health Informatics, Osaka Electro-Communication University

⁴ Faculty of Health Sciences, Wakayama Professional University of Rehabilitation

⁵ Department of Rehabilitation, Faculty of Rehabilitation, Shijonawate Gakuen University

⁶ Department of Rehabilitation Science, Faculty of Allied Health Sciences, Osaka Health Science University

ABSTRACT

【Introduction】

Posterior cruciate ligament (PCL) -insufficient knees exhibit posterior tibial translation (PTT). Recently, PTT measured using ultrasonography (US) in a relaxed, supine position with the knees flexed (at rest) demonstrates good reliability in individuals with PCL insufficiency. However, an established approach for quantifying the increase in PTT associated with hamstring contraction (PTT during contraction) in the same position remains lacking. Therefore, this study aimed (1) to examine the intra-rater reliability of PTT during contraction in healthy knees in a relaxed supine position with the knees flexed and (2) explore the corresponding assessment findings in PCL insufficiency.

【Methods】

This study included healthy university students (20 knees) and two cases with PCL insufficiency. Using US, PTT was imaged in a supine position with the knees flexed to 90° at rest and during contraction. Anterior tibial translation was defined as negative (–), and posterior tibial translation as positive (+). The intra-rater reliability of PTT during contraction was evaluated using intraclass correlation coefficients (ICC) (1,1) and (1,3).

【Results】

In healthy knees, the intra-rater reliability of PTT during contraction was moderate to good (ICC(1,1) = 0.54 and ICC(1,3) = 0.78). In PCL-insufficient cases 1 and 2, the side-to-side differences in PTT were 6.8 mm and 4.1 mm at rest and 9.0 mm and 7.1 mm during contraction, respectively.

【Conclusion】

Assessing the PTT during hamstrings contraction in the supine position with the knees flexed demonstrated moderate to good intra-rater reliability in healthy knees. In the two PCL-insufficient cases, the PTT increased during contraction compared to that at rest, suggesting that contraction-phase assessment may capture additional posterior laxity.

Key words: Posterior cruciate ligament, Posterior tibial translation, Ultrasonography