保存療法中の変形性膝関節症患者に対する 歩行異常性の観察評価と三次元歩行解析データ との基準関連妥当性および再検査信頼性の検討

Evaluation of Observable Items of Gait Abnormality in Patients with Knee Osteoarthritis : Criterion-related Validity Using Three-dimensional Gait Analysis and Test-retest Reliability

山科俊輔^{*1, 2, 3} 原田和宏^{*2, 3} 小野晋也^{*4}
Shunsuke Yamashina Kazuhiro Harada Shinya Ono
足立真澄^{*1} 三宅和也^{*1} 河村顕治^{*2, 3}
Masumi Adachi Kazuya Miyake Kenji Kawamura

Abstract

Objective : We aimed to examine the criterion-related validity of observable items of gait abnormality in patients with knee osteoarthritis (OA) using three-dimensional gait analysis and to assess the test-retest reliability.

Methods : The items of gait abnormality were pooled from a prior study and rated using a 3-point scale. Content validity was examined by four experts in knee OA research and accepted when there was an agreement among at least three experts. Correlation between abnormality rating and three-dimensional gait analysis data was examined. The test-retest reliability of the agreement rate was then assessed in the same subject twice.

Results : Eleven items were pooled, and all met the criterion of content validity. Eight items showed adequate correlation with the three-dimensional gait analysis data and had test-retest reliability exceeding 0.61.

Conclusion : In patients with knee OA, observable items of gait abnormality had good test-retest reliability and criterion-related validity according to the three-dimensional gait analysis data.

要 旨

目的 : 変形性膝関節症 (膝 OA) 患者の歩行異常性に関する観察項目の内容妥当性を検討したうえで、それらの項目と三次元歩行解析データとの基準関連妥当性および再検査信頼性を検証することを目的とした。

方法 : 歩行異常性の項目プールを作成し、評価を三件法とした。内容妥当性は膝 OA の有識者 4 名から意見を得て精査し、3 名以上が同意した内容を検討項目とした。各項目の基準関連妥当性は三次

2019 年 2 月 3 日受付, 2019 年 7 月 19 日受理, 2019 年 12 月 16 日 J-STAGE 早期公開

*1 平病院リハビリテーション部 (〒709-0498 岡山県和気郡和気町尺所 438)

Department of Rehabilitation, Taira Hospital

*2 吉備国際大学大学院保健科学研究科 (〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8)

Graduate School of Health Science Studies, Kibi International University

*3 吉備国際大学保健福祉研究所 (〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町 8)

Research Institute of Health and Welfare, Kibi International University

*4 吉永病院リハビリテーション科 (〒709-0224 岡山県備前市吉永町吉永中 563-4)

Department of Rehabilitation, Yoshinaga Hospital

【連絡先】 〒709-0498 岡山県和気郡和気町尺所 438 平病院リハビリテーション部 山科俊輔

E-mail : yms525yms@yahoo.co.jp

DOI : 10.2490/jjrmc.19002

元歩行解析装置にて検討し、再検査信頼性は同一対象者を2回評価した際の一致率から検討した。
 結果：観察による歩行異常性の項目として11項目の内容妥当性を吟味し得た。そのうち、8項目が三次元歩行解析データと関連する傾向を示した。信頼性の検討では、8項目が0.61を超える結果となった。
 結論：観察による歩行異常性評価は三次元歩行解析データとの基準関連妥当性および再検査信頼性を備えることから、膝OAの特異的な歩行動態を評価できる可能性がある。

Key Words

変形性膝関節症 (knee osteoarthritis) / 歩行異常性 (gait abnormality) /
 観察評価 (observable assessment) / 三次元歩行解析 (three-dimensional gait analysis) /
 再検査信頼性 (test-retest reliability)

はじめに

変形性膝関節症 (knee osteoarthritis：以下、膝OA) 患者において、治療の第一選択は保存療法とされ¹⁾、その効果としては、理学療法および運動療法を長期的に行うことで膝関節屈曲筋力、階段昇降能力、歩行距離が改善するとされている²⁾。しかしながら、膝OAの進行および手術件数の低減に寄与するという統計報告はなく、疼痛の軽減などの短期的な効果の報告に留まっている³⁾。今以上に膝OAのリハビリテーション治療効果を高めるには、疼痛などの臨床症状が少ない場合においても、予防的な理学療法の適用を評価によって選定する必要がある。膝OAの臨床症状や重症度の進行を把握するためには、歩行異常性に着目すべきと考える。それは、X線画像上の静的な膝関節内反角度の計測に加えて歩行時の動的な膝関節内反角度を評価することで、単独で行うX線検査よりも疼痛に関連する精度が向上することや⁴⁾、歩行異常性の有無を評価することで縦断的に進行度を予測することができるからである⁵⁾。

歩行異常性はとりわけ動作解析装置による外部膝関節内反モーメント (knee adduction moment：KAM) に研究関心が注がれている⁶⁻⁸⁾。一方、臨床ではKAMを膝関節の側方動揺性として扱い、観察で評価している。観察評価はリハビリテーション医療の中で広く一般的に行われているもの

ではあるが、定性的で客観化しづらい。そのために、動作解析装置による歩行異常性評価がスタンダードと考えられている。

しかし、動作解析装置の課題としては、導入コストと計測の時間的制約が生じることが挙げられる。また、評価の妥当性においても、Henriksenら⁹⁾のメタアナリシスによるとKAMや膝関節の衝撃の大きさと重症度進行の因果関係は不十分とされる点がある。膝OA患者の歩行は、膝関節側方動揺性が出現する¹⁰⁾だけでなく、反対にKAMを減少させる運動戦略として体幹の側方動揺性¹¹⁾、足関節外反角度の増大¹²⁾、股関節屈曲角度の増大¹³⁾を認める症例など多様である。したがって、歩行異常性としてKAMのみに着目するだけでは歩行異常性の概念を説明するには不十分であり、多面的に評価する必要がある。

これらを踏まえると、これまでの観察による評価はその目的である変化や治療効果を客観化するには不十分であることと、KAM以外の視点からも特異的な歩行動態を含めて編成することが課題であると考えられる。歩行異常性の個人差を観察によって評価し、機器を必要としない評価を確立することで、三次元動作解析機器の代替指標となり得る。それに伴い、機器の導入が困難な現場においても、信頼性と妥当性を備えた水準で患者にリハビリテーション治療を提供できると考えられる。

本研究は、膝OA患者の歩行異常性に関する観

察項目の内容妥当性を検討したうえで、それら項目と三次元歩行解析データとの基準関連妥当性および再検査信頼性を検証することを目的とした。

対象と方法

1. 対象

対象者の母集団は 60 歳以上の男女で、保存療法中の膝 OA 患者を標本とした。取り込み基準を 10 m 以上の屋内独歩が可能な者とした。除外基準は、研究や計測の理解ができない者、中枢神経疾患の既往がある者、膝関節以外の疼痛・関節可動域制限が歩行動作の強い制限因子となっている者とした。これらの基準から同意を得られた者を分析対象者とした。

2. 方法

1) 調査内容

標本の記述統計量を算出するために、基本属性の調査として年齢、性別、体格指数 (Body Mass Index : BMI) を調査した。医学的属性は Kellgren-Lawrence 重症度分類 (以下、K-L 分類)¹⁴⁾ を調査した。歩行異常性の観察評価および三次元歩行解析は、デジタルビデオカメラで撮影した動画を使用した。

2) 歩行異常性評価の項目プールの作成および

内容妥当性

項目プールの作成には文献レビュー¹⁵⁾と、類似する既存尺度との照合¹⁶⁾を行った。文献レビューでは、膝 OA の歩行異常性についての研究報告を検索した。取り込み基準は、対象が膝 OA、歩行異常性に動作解析データを使用していることとした。文献はタイトルと要旨でスクリーニングし、それを通過した文献は全文から採用するか否かを検討した。文献の採用には共著者ら理学療法士 3 名で判断した。既存の観察評価方法との照合には、観察による歩行分析グループ (observational gait in-

structor group : OGIG) の歩行分析基本データフォーム¹⁷⁾を参考にした。OGIG データフォームは観察評価が可能な関節運動学を示しており、参考とする項目に適していると判断した。

さらに、それらが観察によって評価が可能であるかを OGIG データフォームと照合し項目を選定した。その項目が異常性なし、中等度の異常性、重度の異常性の 3 段階に評定できるまで、共著者と関節角度や歩幅など、段階づけのための表現を修正した。その後プレテストとして、膝 OA 患者 3 例で使用し評定が可能であることを確認した。

内容妥当性の検討には Lynn¹⁸⁾の方法に準じ、有識者の招集は理学療法士免許取得後年数が 10 年以上であること、研究機関への所属経験があること、膝 OA 理学療法の評価、介入に関する論文実績があることを基準に選定し、4 名から協力の承諾を得た。作成した項目プールの内容に対して、構成概念に該当する項目であるか、段階づけが適しているかの 2 点をアンケート形式にて 1 = 適している、2 = どちらともいえない、3 = 適していない、の三件法で回答を依頼した。2 と 3 に該当する場合は理由の記載を依頼した。同意の基準は 51 % 以上としている報告を参考に¹⁹⁾、4 名中 3 名が 1 = 適している、と判断された項目を採用し、1 = 適している、が 2 名以下の場合は修正した。計 2 回のアンケートを実施し、修正後も同意を得られない場合には項目を削除した。

3) 歩行異常性評価と三次元歩行解析データとの基準関連妥当性

歩行異常性の観察評価を行うために、歩行路を通常速度で独歩にて 1 往復し、デジタルビデオカメラ (パナソニック社製、HC-V360MS) で前額面と矢状面の撮影を行った。方向転換後は、一度立ち止まってから歩行を開始するよう指示した。歩行路の距離は 25 フィートに該当する 7.6 m とし、両端に 1 m ずつ予備路を設けた。デジタルビデオ

図1 歩行の撮影環境

歩行路は7.6 mを設定した。そのうち三次元データの算出は2歩行周期分とし、X軸およびY軸は3 mとした。

カメラからの撮影距離は、頭頂から足底までが確認できる距離として前額面3 m、矢状面5 mを設け、床から1.2 m位置に焦点を統一した。歩行補助具の使用は原則として使用不可とし、ヒールの高い靴や足底板も使用を制限した。対象者への指示内容は「いつも歩いているスピードで目標地点まで歩いてください」とした。大腿部、下腿部の身体軸が容易に観察できる服装を用意し、身体軸の観察ができるよう配慮した。歩行異常性の観察による評価は、上記の内容妥当性が得られた項目を使用した。評定方法は、撮影した動画から異常性なし、中程度の異常性、重度の異常性の三件法で行い、両側OA罹患者の場合は関節可動域制限および痛みがより強い下肢を障害側とした。また、検者間信頼性が確立されていないことを考慮し、評定者は理学療法士2名とした。評定を行う理学療法士は運動器理学療法に従事し、免許取得後年数が7年、4年であった。なお、三次元動作解析データの分析には関係のない者を対象とした。評定は2名で判断した結果を変数として用いた。

三次元歩行解析データの収集は、観察評価と同様の歩行路を設定し、デジタルビデオカメラ2台で撮影した。カメラ位置は被写体の進行する直線から左右とも45°の延長線上に設置した。歩行の撮影に先立ち、三次元空間座標を算出するために、

X軸、Y軸を3 m、Z軸を2 mでマーキングし、カメラ1台ごとにZ軸に見立てた較正棒にて3 m×3 mの正方形の頂点4カ所へ移動し撮影した(図1)。対象者へのマーキングは、両側の肩峰、上前腸骨棘、大転子、膝関節外側裂隙、膝蓋骨、外果、内外果の midpoint、第二趾の16カ所とした。三次元データの処理には三次元動作解析ソフト(DKH社製、Frame-DIAS V)を使用し、観察評価の項目に該当するパラメーターを算出した。Frame-DIAS Vの測定精度は光学式の解析ソフトと同様の標準偏差であるため²⁰⁾、計測への問題はないと判断した。立脚期の左右差は、左右の立脚初期から立脚後期までの移動時間を計測し、差を求めた。立脚初期の足角は、内外果の midpointから第二趾を結んだ線とX軸のなす角とした。立脚初期の足部接地および立脚後期の足関節底屈は、外果から膝関節外側裂隙を結んだ線と外果から第二趾を結んだ線のなす角から底背屈0°となる90°を引いた角度とした。立脚初期の膝関節内反は、膝蓋骨から上前腸骨棘を結んだ線と膝蓋骨から内外果の midpointを結んだ線のなす角とした。立脚初期の膝関節屈曲、立脚中期の膝関節伸展および遊脚期の膝関節屈曲は、膝関節外側裂隙から大転子を結んだ線と膝関節外側裂隙から外果を結んだ線のなす角とした。立脚後期の股関節伸展は、大転子から膝関節外側裂隙を結んだ線とZ軸のなす角とした。立脚期の体幹の障害側への傾斜および立脚期の体幹の非障害側への傾斜は、両側の肩峰を結んだ線とY軸のなす角とした。なお、歩行周期の定義は、立脚初期を初期接地後の両脚支持期間中、立脚中期を単脚支持期間中、立脚後期を対側の接地後の両脚支持とした。遊脚期は対象下肢が接地していない期間とし¹⁷⁾、2歩行周期分のデータ抽出を行った。観察評価で使用するデータと三次元歩行解析データは同日に収集した。

統計解析は統計ソフト(IBM社製、SPSS Sta-

tistics²⁴⁾を使用し、各項目群の評定で得られた3段階の結果のもと、項目に対応した立脚時間、関節角度との関連性を Kruskal-Wallis 検定にて検討した。

4) 歩行異常性評価の再検査信頼性

再検査信頼性はベースライン時の対象者の歩行撮影を行い、期間を2週間空けて再度歩行撮影を行った動画を評定した際の一致をみた。2週後の歩行撮影は、ベースライン時と状態に変化がない対象者を選定した。対象者の選定には7段階のリッカート尺度である Patient Global Impression of Improvement scales (PGII scales) を用いる方法を参考にした^{21, 22)}。

評価は自己記入式で、現在の全身状態が2週間前の状態と比べて「非常に改善した」「とても改善した」「わずかに改善した」「変化なし」「わずかに悪化した」「とても悪化した」「非常に悪化した」で回答される。そのうち「変化なし」と回答が得られた者を対象とした。統計解析は統計ソフト (HAD ver. 16)²³⁾を使用し、再検査信頼性の一致率を Kendall の W 係数にて検討した。W 係数の基準は0.61以上とした²⁴⁾。

3. 倫理的配慮

本研究は医療法人平病院倫理委員会の承認(番号: 30-001)を得て実施した。研究対象者には研究内容、安全管理、不利益、個人情報の取り扱いについて説明し、書面にて同意を得た。

結果

1. 項目プールの作成および内容妥当性の結果

文献レビュー法で、膝 OA 者の歩行異常性の条件にあてはまる文献は、足関節の異常性に関する報告として、踵接地時の足関節背屈角度減少²⁵⁾、回内足歩行²⁶⁾、toe-out 角の減少¹²⁾、早期の踵離れ²⁵⁾であった。膝関節の異常性に関する報告とし

ては、立脚期の膝関節運動の減少²⁷⁾、遊脚期の膝関節運動の減少²⁸⁾、膝関節の側方動揺性^{4, 5, 10)}、内反モーメントの増大^{6-8, 29)}であった。股関節の異常性に関する報告としては、立脚後期の股関節伸展角度の減少であった¹³⁾。骨盤、体幹の異常性に関する報告としては、股関節伸展の代償として骨盤運動の増加、体幹の側屈運動の増加、デュシェンヌ歩行・トレンドレンブルグ歩行であった¹¹⁾。歩行全体としては、重複歩期間の増加・ケイデンスの減少²⁸⁾、歩行時間の変動³⁰⁾で、延べ18文献を採用した。また、「回内足歩行」と「toe-out 角の減少」、「膝関節の側方動揺性」と「膝関節内反モーメントの増大」、「体幹の側屈運動の増加」と「デュシェンヌ歩行・トレンドレンブルグ歩行」は類似する項目と判断した。それらと OGIG データフォームの対応表を作成し(表1)、共同研究者らで対応表から類似する所見を選定し11項目とした。

有識者による1回目の評定結果より、項目の概念を変更すること、異常性の段階づけを適切にすること、対象とする歩行相を明確にすること、足部状態の toe-in は異常性として特異的ではない、というコメントを得た。toe-in に関しては削除を行い、立脚期の膝関節伸展を追加した。コメントに基づき内容を修正し、2回目の評定では、11項目すべてで3名以上、基準の51%を満たし同意が得られた(表2)。項目は11項目とし、0=異常なし、1=中等度の異常性、2=重度の異常性の段階づけの分類方法はそれぞれの関節角度、歩幅や観察する歩行周期などの基準を文章に示し、それらを仮の評価項目とした(表3)。

2. 歩行異常性評価と三次元歩行解析データとの基準関連妥当性の結果

取り込み基準を満たし、同意の得られた膝 OA 対象者は21例であった(表4)。歩行異常性評価の項目を3群に評定した際の度数と比率は、全項

表 1 対応表を用いた項目プールの作成手順

OGIG 歩行分析基本データフォームの所見	膝 OA の歩行異常性に関する先行研究
足関節	
足関節底屈 15°、膝関節完全伸展で足底平行接地	
足関節底屈 20°、膝関節屈曲 20°で前足部からの接地	
足底平行接地	踵接地時足関節背屈可動域減少
初期接地後の底屈、パタンと床に接地する	回内足歩行
過度な関節運動（底背屈、回内外）	toe-out 角の減少
早すぎるヒールオフ（立脚中期より早期に踵が上がる）	早期の踵離れ（歩幅の減少や股関節伸展の補正）
立脚後期で踵離れしない	
遊脚期でつま先が引っかかる	
反対側の伸び上がり（立脚肢の伸び上がり）	
膝関節	
屈曲制限（運動範囲の減少）・過度な屈曲（運動範囲の増加）	立脚期の膝関節運動減少
動揺（1 つの相で素早い屈伸）	遊脚期の膝関節運動減少
過伸展（ゼロポジション以上の伸展）	膝関節側方動揺性
急激な伸展（激しく完全伸展が起こる）	内反モーメント増大
内外反（大腿骨に対する脛骨の内側、外側角度の変化）	
股関節	
屈曲制限（不十分な股関節屈曲）・過度の屈曲（運動範囲の増加）	
遊脚の後期に観察される振り出した脚の戻りの逸脱	立脚後期での股関節伸展角度減少
内旋（膝蓋骨の内側観察）・外旋（膝蓋骨の外側観察）	
ゼロポジション以上の内転・ゼロポジション以上の外転の逸脱	
骨盤	
骨盤のもち上げ（骨盤を肩に近づける）	
骨盤の後傾（腰椎前弯の減少）・骨盤の前傾（腰椎前弯の増強）	股関節伸展の代償として骨盤運動の増加
前方回旋不足・後方回旋不足（運動範囲の減少）	
過度な前方回旋・後方回旋（運動範囲の増加）	
体幹	
前傾（鉛直線より前方偏移）・後傾（鉛直線より後方偏移）	体幹の側屈運動の増加
側屈（鉛直線より側方偏移）・過度の前方・後方回旋（観察肢）	デュシェンヌ歩行やトレンデレンブルグ歩行
全体	
	重複歩期間の増加、ケイデンスの減少、歩行の時間変動

目で最低数 2 名以上の値をとった（表 5）。歩行異常性の程度と三次元動作解析データの分布から、立脚初期の足部外反角度、立脚初期の足部背屈角度、立脚初期の膝関節内反角度、立脚中期の膝関節伸展角度、遊脚期の膝関節屈曲角度、立脚後期の股関節伸展角度、立脚初期の非障害測への体幹傾斜角度は、評定結果の異常性に応じて関節角度も変化する傾向を示した（図 2）。加えて、三次元歩行解析データの統計量で有意差がみられたもの

は、立脚期時間の左右差、立脚初期の足部外反角度、立脚初期の足部背屈角度、立脚後期の足関節底屈角度、立脚中期の膝関節伸展角度、立脚後期の股関節伸展角度であった（表 6）。

3. 歩行異常性評価の再検査信頼性

再検査信頼性の検討には 20 例の膝 OA 者のデータを収集した。ベースライン時と 2 週後の PGII スケールにおいて変化のみられなかった対象

表 2 内容妥当性の評価結果および項目作成

1 回目の項目名	評価	コメント	2 回目の項目名	評価	コメント
歩行リズム	3/4	時間因子や距離因子 リズムでなく左右差	立脚期の左右割合	3/4	単純に左右差にする
足部状態 toe-out	2/4	荷重では判断不可 対象にする相を明確	立脚初期の足部状態 toe-out	4/4	生理的な足角を考慮
足部状態 toe-in	1/4	特異的でない 荷重では判断不可	(削除)	—	
足部接地	3/4	判断基準の明確化 膝 OA 以外でもある	立脚初期の足部接地	4/4	評価方法の修正
立脚期の足関節運動	3/4	対象にする相を明確	立脚後期の足関節底屈	3/4	底屈角度に着目する
膝関節の側方動揺	4/4	内反アライメント 判断基準の明確化	立脚初期の膝関節内反	3/4	拘縮がある際の判断 事前に静的評価を
立脚期の膝関節運動	3/4	立脚初期, 中期に 拘縮がある際の判断	立脚初期の膝関節屈曲	3/4	拘縮がある際の判断 事前に静的評価を
	—		(追加) 立脚中期の膝関節伸展	4/4	特になし
遊脚期の膝関節運動	4/4	特異的な吟味が必要	遊脚期の膝関節屈曲	4/4	特になし
股関節の伸展範囲	4/4	体幹に注意 対象にする相を明確	立脚後期の股関節伸展	4/4	特になし
障害側への体幹傾斜	4/4	判断基準の明確化 動揺, 傾斜を明確に	立脚初期の体幹の障害側への傾斜	4/4	特になし
非障害側への体幹傾斜	4/4	判断基準の明確化 動揺, 傾斜を明確に	立脚初期の体幹の非障害側への傾斜	4/4	特になし

評価：得られた同意数/4 名中

は 20 例中 10 例となり、それらを解析対象とした (表 4)。W 係数は項目 I, 項目 III, 項目 V, 項目 VI, 項目 VII, 項目 VIII, 項目 IX, 項目 X の 8 項目が基準値である 0.61 以上を満たした (表 5)。

考察

本研究は、観察による歩行異常性評価を構築するにあたり、項目プールを作成し、その内容妥当性の検証、観察による評価と三次元歩行解析データとの基準関連妥当性の検証および評価の安定性を担保するために再検査信頼性を検証した。本研究におけるサンプル集団は膝 OA の疫学調査結果³¹⁾と比較して罹患年齢、男女比においておおむね類似する結果であり、母集団の代表的な属性を反映していると考えられた。

歩行異常性の項目プールの作成に関しては、OGIG 歩行分析データ項目に類似し、観察可能であると判断した項目は 11 項であった。11 項目に関して、4 名の有識者から同意を得た。同意は 51%を基準とし、いずれの項目も 3 名以上が「適している」と判断した。そのため、項目群は膝 OA 患者の歩行異常性を観察して捉えるうえで内容妥当性を備えると考えられる。

観察評価と三次元歩行解析データとの関連性においては、項目 II「立脚初期の足角」と立脚初期の足部外反角度、項目 III「立脚初期の足部接地」と立脚初期の足部背屈角度、項目 VII「立脚期中期の膝関節伸展」と立脚中期の膝関節伸展角度、項目 IX「立脚後期の股関節伸展」と立脚後期の股関節伸展角度は有意差を認め、なおかつ評価結果の異

表 3 変形性膝関節症患者における歩行異常性の仮評価項目 (項目 I ~ XI)

I 立脚期の左右差 (前額面・矢状面)	
0=左右の立脚期間が同じ割合である (一側の踵接地～踵離地を基準とする)	
1=左右いずれかに立脚期間の短縮や延長がみられる	
2=左右いずれかに立脚期間の短縮や延長に加え、歩幅の減少を呈している	
II 立脚初期の足角 (前額面)	
0=立脚初期のつま先の向きが推進方向である (5°程度は生理的足角とする)	
1=立脚初期のつま先の向きが、軽度 toe-out 方向へ位置している (15°を目安)	
2=立脚初期のつま先の向きが、明らかに toe-out 方向へ位置している (25°を目安)	
III 立脚初期の足部接地 (矢状面)	
0=床面に対して、立脚初期の踵接地が明確で足関節は底背屈中間位～背屈位である	
1=床面に対して、立脚初期の踵接地がみられるが足関節は底背屈中間位～底屈位である	
2=床面に対して、立脚初期の接地が足底接地である	
IV 立脚後期の足関節底屈 (矢状面)	
0=床面に対して、立脚後期の足関節底屈が明確である	
1=床面に対して、立脚後期の足関節が底背屈中間位～背屈位である	
2=床面に対して、立脚後期の足関節底屈角度が低下し、背屈位である	
V 立脚初期の膝関節内反 (前額面)	
0=立脚初期に膝関節内反がみられない	
1=立脚初期に膝関節内反が出現する	
2=初期接地の段階から膝関節が内反位で接地し、さらに内反角が増加する	
VI 立脚初期の膝関節屈曲 (矢状面)	
0=立脚初期の膝関節屈曲 (15°) がみられる	
1=立脚初期の膝関節屈曲が減少 (0～5°) している	
2=初期接地の段階から膝関節が屈曲位で接地し、加えて膝関節の屈曲が起らない (角度変化なし)	
VII 立脚中期の膝関節伸展 (矢状面)	
0=立脚中期の膝関節伸展 (0°) がみられる	
1=立脚中期の膝関節伸展の減少 (-5～15°) がみられる	
2=初期接地の段階から膝関節が屈曲位の状態で、立脚中期にも膝関節の伸展が起らない (角度変化なし)	
VIII 遊脚期の膝関節屈曲 (矢状面)	
0=遊脚中期の膝関節屈曲 (40～60°) がみられる	
1=遊脚中期の膝関節屈曲が減少 (20～40°未満) している	
2=遊脚中期の膝関節屈曲が著しく減少 (20°未満) している	
IX 立脚後期の股関節伸展 (矢状面)	
0=立脚後期 (単脚期) に大腿部が体幹から床への垂直線に対して、明確な後方への角度 (後方角度 10～15°) がみられる (骨盤の前傾に注意する)	
1=立脚後期 (単脚期) に大腿部が体幹から床への垂直線に対して、後方への角度が減少している (0～5°)	
2=立脚後期 (単脚期) に大腿部が体幹から床への垂直線に対して垂直線にあるいは前方に位置している	
X 立脚初期の体幹の障害側への傾斜 (前額面)	
0=立脚初期に体幹の障害側への傾斜がみられない	
1=立脚初期に体幹の障害側への傾斜がみられる	
2=立脚初期に体幹の障害側への傾斜に加えて、骨盤の側方移動を伴う (骨盤の移動側は問わない)	
XI 立脚初期の体幹の非障害側への傾斜 (前額面)	
0=立脚初期に体幹の非障害側への傾斜がみられない	
1=立脚初期に体幹の非障害側への傾斜がみられる	
2=立脚初期に体幹の非障害側への傾斜に加えて、骨盤の側方移動を伴う (骨盤の移動側は問わない)	

表 4 解析対象の記述統計量

	基準関連妥当性のサンプル	再検査信頼性のサンプル
年齢 (歳)	72.23±5.90	70.90±4.76
性別	男性 : 2, 女性 : 19	男性 : 1, 女性 : 9
BMI (kg/m ²)	25.01±3.72	26.50±6.01
K-L 分類 (人)	I : 10, II : 4, III : 4, IV : 3	I : 4, II : 2, III : 2, IV : 2

基準関連妥当性の検討に用いたサンプル : n=21

再検査信頼性の検討に用いたサンプル : n=10

常性に応じて関節角度も異常を示したことから基準関連妥当性を備える項目であると考えられた。また、項目 IV「立脚後期の足関節底屈」と立脚後期の足関節底屈角度、項目 V「立脚初期の膝関節内反」と立脚初期の膝関節内反角度、項目 VIII「遊

脚期の膝関節屈曲」と遊脚期の膝関節屈曲角度、項目 XI「立脚初期の体幹の非障害側への傾斜」と立脚初期の体幹傾斜角度は統計学的有意差を認めなかったが、評定結果の異常性に応じて関節角度が異常になるという一定の傾向を得た。上記の 8

図2 三次元動作解析データの分布図

項目は項目の評定結果に応じて、測定された関節角度も同様の傾向を示すため、観察評価が機器で行う評価の代替指標となる可能性を備えていると考える。項目Ⅰ「立脚期の左右差」と立脚期時間の左右差は有意差を認めた。しかし、評定結果の

段階に応じて歩行時間の左右差が大きくなる傾向ではないため、観察評価が妥当であるとは判断できなかった。

再検査信頼性の検討においては、項目Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ、Ⅹが基準値を満たす結果と

表 5 歩行異常性項目の度数および信頼性係数

	度数			W
	0	1	2	
I. 立脚期の左右差	9 (43)	10 (48)	2 (9)	0.71
II. 立脚初期の足角	11 (52)	8 (38)	2 (9)	0.50
III. 立脚初期の足部接地	8 (38)	7 (33)	6 (29)	0.90
IV. 立脚後期の足関節底屈	14 (67)	5 (24)	2 (9)	0.46
V. 立脚初期の膝関節内反	5 (24)	7 (33)	9 (43)	0.88
VI. 立脚初期の膝関節屈曲	8 (38)	7 (33)	6 (29)	0.78
VII. 立脚中期の膝関節伸展	7 (33)	8 (38)	6 (29)	0.80
VIII. 遊脚期の膝関節屈曲	7 (33)	10 (48)	4 (19)	0.70
IX. 立脚後期の股関節伸展	8 (38)	9 (43)	4 (19)	0.80
X. 立脚初期の体幹の障害側への傾斜	12 (57)	6 (29)	3 (14)	0.82
XI. 立脚初期の体幹の非障害側への傾斜	14 (67)	3 (14)	4 (19)	0.50

(%)

表 6 歩行異常性の段階に対する三次元歩行解析データの平均統計量

	歩行異常性の評価			
	0	1	2	
立脚期時間の左右差	0.01	0.03	0.02	0.04
立脚初期の足部外反角度	21.04	27.09	39.69	0.00
立脚初期の足部背屈角度	0.22	-1.60	-4.47	0.02
立脚後期の足関節底屈角度	12.38	8.89	0.92	0.07
立脚初期の膝関節内反角度	182.16	185.64	187.39	0.20
立脚初期の膝関節屈曲角度	20.50	17.47	24.50	0.22
立脚中期の膝関節伸展角度	6.16	9.58	11.93	0.03
遊脚期の膝関節屈曲角度	40.67	37.10	31.50	0.14
立脚後期の股関節伸展角度	18.28	12.40	9.33	0.00
立脚初期の体幹の傾斜角度 (障害側)	2.29	2.19	2.49	0.98
立脚初期の体幹の傾斜角度 (非障害側)	-1.20	-1.94	-6.36	0.46

0＝異常なし、1＝中等度の異常性、2＝重度の異常性

統計解析は順位を用いるが、ここでは平均統計量を記載。

なった。再検査信頼性は期間を空けて複数回計測したデータの一致度を検証することであるため、上記 8 項目では評価の安定性を備える結果であったと考えられる。

以上の結果を踏まえると、基準関連妥当性、再検査信頼性を備えると考えられた項目群は項目 III「立脚初期の足部接地」、項目 V「立脚初期の膝関節内反」、項目 VII「立脚中期の膝関節伸展」、項目 VIII「遊脚期の膝関節屈曲」、項目 IX「立脚後期の股関節伸展」であった。項目には股関節、足関節も含まれる結果となり、KAM 以外の特異的な歩行

動態も含めて評価できる可能性が示唆された。しかし、本研究の限界としては、実際の臨床現場を想定した評価に至っていない点が考えられる。臨床ではビデオ動画を用いることよりも観察評価が主であるため、動画評価と観察評価の系統誤差を検証する必要がある。また、検者間の信頼性が未検証であるため、2 名の理学療法士による評価を行っている点も臨床との乖離が生じている。これらの課題が解決すれば臨床応用に発展すると推察される。

本研究の意義は、定性的評価であった観察によ

る歩行異常性評価を客観化する可能性を指摘し得た点にある。現時点では臨床応用については限定的であるが、歩行異常性の個人差を観察によって評価し、機器を必要としないリハビリテーション評価の確立へ発展できる余地がある。ひいては運動療法介入による歩行異常性の変化を評価することや、それに伴う臨床症状の悪化や重症化の因子として扱うことへも発展性があると考えられる。

謝辞

本研究にご理解いただき、研究活動を支援してくださいました玉利光太郎氏、およびデータ収集、評価表の採点に協力いただいた平病院リハビリテーションスタッフに心より感謝いたします。また、内容妥当性において貴重ご意見をいただきました、阿南雅也氏、田中亮氏、森山英樹氏、山田英司氏（五十音順）に感謝いたします。

文 献

- 1) 大森 豪：変形性膝関節症。Journal of Clinical Rehabilitation 2015；**24**：344-351
- 2) 田中 亮，小澤淳也，木藤伸宏，森山英樹，南有田くるみ：変形性膝関節症罹患者に対する運動療法は治療開始150日を超えても有効か？—システムティックレビュー。Jpn J Rehabil Med 2014；**51**：724-737
- 3) Fransen M, McConnell S：Exercise for osteoarthritis of the knee. Cochrane Database Syst Rev 2008；**8**：CD0004376
- 4) Iijima H, Fukutani N, Aoyama T, Fukumoto T, Uritani D, Kaneda E, Ota K, Kroki H, Matsuda S：Clinical phenotype classifications based on static varus alignment and varus thrust in Japanese patients with medial knee osteoarthritis. Arthritis Rheumatol 2015；**67**：2354-2362
- 5) Chang A, Hayes K, Dunlop D, Hurwitz D, Song J, Cahue S, Genge R, Sharma L：Thrust during ambulation and the progression of knee osteoarthritis. Arthritis Rheum 2004；**50**：3897-3903
- 6) Kito N, Shinkoda K, Yamasaki N, Kanemura N, Anan M, Okanishi N, Ozawa J, Moriyama H：Contribution of knee adduction moment impulse to pain and disability in Japanese women with medial knee osteoarthritis. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2010；**25**：914-919
- 7) Jenkyn TR, Hunt MA, Jones IC, Giffin JR, Birmingham TB：Toe-out gait in patients with knee osteoarthritis partially transforms external knee adduction moment into flexion moment during early stance phase of gait：a tri-planar kinetic mechanism. J Biomech 2008；**41**：276-283
- 8) Mündermann A, Dyrby CO, Hurwitz DE, Sharma L, Andriacchi TP：Potential strategies to reduce medial compartment loading in patients with knee osteoarthritis of varying severity：reduced walking speed. Arthritis Rheum 2004；**50**：1172-1178
- 9) Henriksen M, Creaby MW, Lund H, Juhl C, Christensen R：Is there a causal link between knee loading and knee osteoarthritis progression? A systematic review and meta-analysis of cohort studies and randomised trials. BMJ Open 2014；**4**：e005368
- 10) Lo GH, Harver WF, McAlindon TE：Associations of varus thrust and alignment with pain in knee osteoarthritis. Arthritis Rheum 2012；**64**：2252-2259
- 11) Mündermann A, Asay JL, Mündermann L, Andriacchi TP：Implications of increased medio-lateral trunk sway for ambulatory mechanics. J Biomech 2008；**41**：165-170
- 12) Chang A, Hurwitz D, Dunlop D, Song J, Cahue S, Hayes K, Sharma L：The relationship between toe-out angle during gait and progression of medial tibiofemoral osteoarthritis. Ann Rheum Dis 2007；**66**：1271-1275
- 13) McGibbon CA, Krebs DE：Compensatory gait mechanics in patients with unilateral knee arthritis. J Rheumatol 2002；**29**：2410-2419
- 14) 山崎浩史：変形性膝関節症の診断および病期分類。変形性膝関節症—病態と保存療法（古賀良生 編）。南江堂，東京，2008；pp 109-119
- 15) Faria CD, Teixeira-Salmela LF, Nadeau S：Development and validation of an innovative tool for the assessment of biomechanical strategies：the Timed "Up and Go" - Assessment of Biomechanical Strategies (TUG-ABS) for individuals with stroke. J Rehabil Med 2013；**45**：232-240
- 16) 平井洋子：測定の妥当性からみた尺度構成。心理学研究の新しいかたち（吉田寿夫 編著）。誠信書房，東京，2006，pp 21-49
- 17) Kirsten GN（山本澄子，江原義弘訳）：O.G.I.G—歩行分析基本データ・フォーム，観察による歩行分析。医学書院，東京，2005，pp 171-175
- 18) Lynn MR：Determination and quantification of content validity. Nurs Res 1986；**35**：382-385
- 19) 加藤広美，山内豊明：デルファイ法による脳卒中患者に必要なフィジカルアセスメントの検討（第1報）。日本看護科学会誌 2015；**35**：82-89
- 20) 臨床歩行分析研究会，動作分析システム比較検討会 2002：基本的精度・処理時間検定結果。Available from URL：<http://www.scn-net.ne.jp/~amti/comparison2002/Result/basic/basic.html>
- 21) Farrar JT, Pritchett YL, Robinson M, Prakash A, Chappell A：The clinical importance of changes in the 0 to 10 numeric rating scale for worst, least, and average pain intensity：analyses of data from clinical trials of duloxetine in pain disorders. J Pain 2010；**11**：109-118
- 22) Tincello DG, Owen RK, Slack MC, Abrams KR：Validation of the Patient Global Impression scales for use in detrusor overactivity：secondary analysis of the RELAX study. BJOG 2013；**120**：212-216
- 23) 清水裕士：フリー統計分析ソフトHAD—機能の紹介

- と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案．メディア・情報・コミュニケーション研究 2016；**1**：59-73
- 24) 今井 樹，潮見泰藏：理学療法研究における“評価の信頼性”の検査法．理学療法科学 2004；**19**：261-265
 - 25) Zeni JA Jr, Higginson JS：Differences in gait parameters between healthy subjects and persons with moderate and severe knee osteoarthritis：a result of altered walking speed? Clin Biomech (Bristol, Avon) 2009；**24**：372-378
 - 26) 田坂厚志，呉 和浩，仲 正宏，金田浩治：変形性膝関節症患者の歩行周期と足圧中心の変化について．淀川キリスト教病院学術雑誌 2002；**19**：16-18
 - 27) Lewek MD, Scholz J, Rudolph KS, Shyder-Mackler L：Stride-to-stride variability of knee motion in patients with knee osteoarthritis. Gait Posture 2006；**23**：505-511
 - 28) Chen CP, Chen MJ, Pei YC, Lew HL, Wong PY, Tang SF：Sagittal plane loading response during gait in different age groups and in people with knee osteoarthritis. Am J Phys Med Rehabil 2003；**82**：307-313
 - 29) Schmitt LC, Rudolph KS：Influences on knee movement strategies during walking in persons with medial knee osteoarthritis. Arthritis Rheum 2007；**57**：1018-1026
 - 30) Gök H, Ergin S, Yavuzer G：Kinetic and kinematic characteristics of gait in patients with medial knee arthrosis. Acta Orthop Scand 2002；**73**：647-652
 - 31) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T：Cohort profile：research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. Int J Epidemiol 2010；**39**：988-995