

# 変形性膝関節症患者の片脚立位能力と歩行能力の関連性

村上仁之<sup>[1]</sup> 植草学園大学保健医療学部

## Relationship Between the Ability of One-leg Standing and Gait in Patients with Osteoarthritic of the Knee

Yoshiyuki MURAKAMI Faculty of Health Sciences, Uekusa Gakuen University

本研究は、変形性膝関節症（以下、膝OA）患者を10秒間の片脚立位保持が可能か否かにより2群に分類し、静的な評価である片脚立位能力と動的な評価である歩行能力との関連性を健常者も含めた3群間で比較検討することが目的である。膝OA患者26名（年齢 $70 \pm 5.6$ 歳、男性4名、女性22名）のうち15名は可能であり、11名は不可能であった。健常者は19名が全例可能であった。結果より片脚立位保持の不可能な症例は、可能な症例、健常者に比べ、ストライド長、ケイデンス、歩行スピード、制動力、駆動力は、有意に低下していた。また両脚支持期率は有意に増加していた。

これらのことより片脚立位が保持できない患者では、静的な姿勢バランス機能の低下が、動的な歩行能力の著明な低下を引き起こしていた。歩行能力を定量的に評価するためには、経験や設備が必要とされるが、10秒間の片脚立位能力を評価することで、変形性膝関節症患者の特徴的な歩行パターンを把握できる可能性が示唆された。

**キーワード：**変形性膝関節症，片脚立位能力，歩行能力

The purpose of this study was to examine a relationship between the ability of one-leg standing and gait. 26 cases (4 men and 22 women with the mean age of  $70 \pm 5.6$  years) with osteoarthritic of the knee were analyzed. They were divided into group A and group B, according to the one-leg standing ability. Group B included 15 patients, who could stand on one leg standing for 10 seconds or more. Group A included 11 patients who could not keep one-leg standing for 10 seconds. 19 age-matched healthy elderly peoples were also analyzed, as a control group. The average values of stride length, cadence, gait speed, breaking force and driving force in group A were smaller than those in group B and those in the control group. On the other hand, the percentage of double-support time of patient in group A was larger than that of those in group B and those in the control group. The patients with osteoarthritic of the knee who could not keep one-leg standing for 10 seconds showed severely disturbed gait in various gait parameters.

**Keywords：**Osteoarthritic of the knee , Ability of one-leg standing , Gait ability

### 1. はじめに

変形性膝関節症（以下、膝OAと略す）患者の評価

には、可動域測定や筋力測定、疼痛検査などのほかに動作分析が必要である。そのなかでも、歩行能力を評価することは、理学療法士にとって必要不可

[1] 著者連絡先：村上仁之

欠な技術の一つである<sup>1)</sup>と考えられる。

しかし、歩行能力を定量的に評価するためには、豊富な臨床経験や充実した設備が必要とされる<sup>2)</sup>が、臨床現場では、経験の浅い理学療法士や歩行分析設備のない施設でも歩行能力を評価しなければならない。そこで、比較的評価が容易な静的な片脚立位能力と動的な歩行能力との関連性を検討することは、臨床的な意義は高いと考えられる。しかも、片脚立位は、評価として広く普及しており、多くの研究で静的なバランス評価として有用であるとされている<sup>3)~6)</sup>。加えて、片脚立位はどの施設においても簡便に行うことが可能であり、保持時間を計測することで定量化しやすいという特徴を持っている。

このような静的な立位能力と動的な立位能力との関連性については、健常者<sup>4)</sup>および健常高齢者<sup>3) 7) 8)</sup>や脳卒中片麻痺患者<sup>9)</sup>を対象とした研究は散見されるが、膝OA患者を対象とした研究は少なく、片脚立位能力と歩行能力との関連性を明確にした研究はない。

そこで今回、膝OA患者を対象に、片脚立位能力と歩行能力との関連性を分析し、静的な立位バランス能力と動的な歩行能力との関係を明らかにすることを目的に研究を行った。

## 2. 対象

対象は、某病院に入院中の膝OA患者26名で、年齢は70±5.6歳、身長は149.8±6.4cmであった。内訳は、男性4名、女性22名であり、全例とも観血的療法は行っていなかった。また、整形外科的に両下肢の障害を有さない同年代の健常高齢者19名をコントロール群とした。内訳は男性3名、女性16名、年齢

は63.8±5.1歳、身長は153.6±6.2cmであった(表1)。すべての対象者に研究の説明を十分に行い、理解してもらった上で研究協力の同意を得た。

## 3. 方法

### 3.1 片脚立位能力評価

片脚立位保持は、高齢健常者を対象とした研究で保持可能な平均時間は10秒から30秒前後とされている<sup>3) 7) 8) 10)</sup>が、今回の対象者が膝OA患者であり、70歳を超える高齢であることから開眼にて10秒間とし、姿勢は特に規定せず患者の任意とした。

そして、この片脚立位保持が10秒間可能か否かを片脚立位能力として、膝OA患者群およびコントロール群に評価した。膝OA患者群は、より重障度の高い側とした。26名のうち15名は、10秒間の片脚立位保持が可能であったが、11名は10秒間の片脚立位保持が不可能であった。これより11名の膝OA患者を片脚立位不可能群(以下、A群と略す)、15名を片脚立位可能群(以下、B群と略す)との2群に分けた。コントロール群(以下、C群と略す)においても同様の評価を行った結果、19名全例が可能であった(表2)。

表2 方法

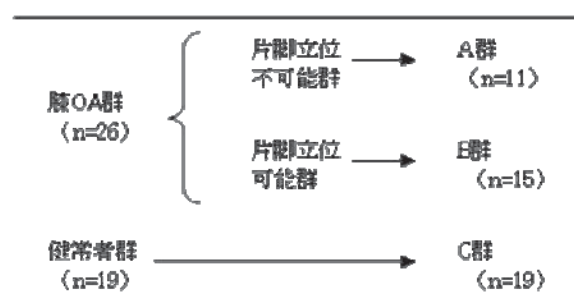


表1 対象者の詳細

	年齢(歳)	男性：女性(名)
膝OA群	70.0 ± 5.6	4 : 22
健常者群	64.4 ± 5.1	3 : 16

### 3.2 歩行能力評価

歩行能力評価は、床反力計及び三次元動作解析装置を用い、歩行分析を行った。歩行分析システムは、床反力計(Kistler社製)2基、IBM社製パーソナルコンピューター及びELITE SYSTEM(BTS社製 Motion Analyser, ver.5.4)からなる。

検査室内に約10mの歩行路を設定し、その左右の壁および天井に片側2台ずつ、計4台の赤外線ストロボ装置付CCDカメラを固定した。その中央に床反力計を左右の下肢で踏み分けられるように設置した(図1)。

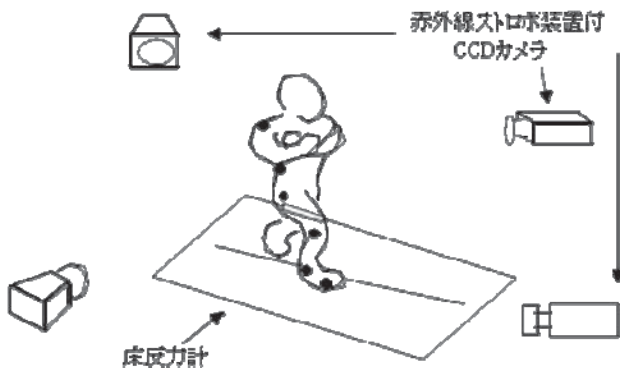


図1 歩行分析システム

歩行測定時、運動を阻害しないよう被験者に水着を着用させた。粘着性の赤外線反射マーカを肩峰、上前腸骨棘、大転子、膝関節外側裂隙、外果、第5中足骨頭に片側6カ所計12カ所付けた。数回練習した上で自由歩行をさせた。サンプリングタイムは、20msecとした。

これよりストライド長、歩隔、ケイデンス、歩行スピード、両脚支持期率の時間距離因子を算出した。ストライド長、歩隔は、外果のマーカから、また歩行スピードについては、肩峰のマーカから算出した。両脚支持期率については、一歩行周期における両脚支持期の割合を算出した。ストライド長は身長で除した値を比較に用いた。

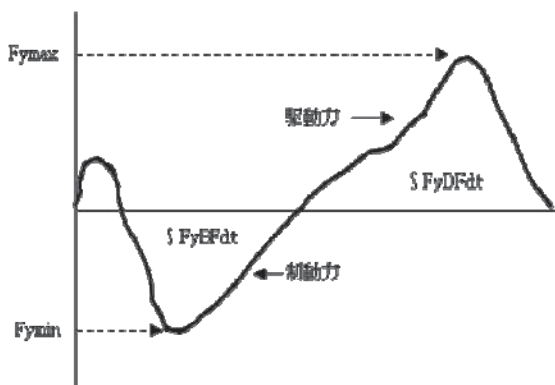


図2 床反力前後成分

また床反力前後成分より制動力、駆動力の最大値と力積を算出した。制動力、駆動力の最大値は、それぞれ $F_{ymin}$ 、 $F_{ymax}$ とし(図2)、比較に用いるために体重で除した値を $F_{ymin}/w$ 、 $F_{ymax}/w$ とした。

また制動力および駆動力の力積は、 $\int F_{yBreakingForce} dt$ 、 $\int F_{yDrivingForce} dt$ として算出し(図2)、比較に用いるため、体重と時間で除した平均力積を $F_{yBreakingForce} dt/wt$ 、 $F_{yDrivingForce} dt/wt$ とした。

この歩行分析から得られた時間距離因子と運動力学的因子である床反力前後成分から得た制動力および駆動力の値を歩行能力の指標とした。C群においても同様のプロトコルにて歩行分析を行った。

### 3.3 統計解析

統計的手法は、各群間の平均値の差の検定を一元配置の分散分析およびクラスカル・ワリス検定を用いて、統計的有意水準は5%未満とした。

## 4. 結果

歩行能力評価の時間距離因子の結果は表3に示す。

表3 時間距離因子の結果

	A群	B群	C群
ストライド長 (%)	47.9	61.8	63.3
歩隔 (cm)	12.1	10.6	6.9
ケイデンス (steps/min)	87.8	109.9	120.6
歩行スピード (m/min)	33.1	50.9	59.7
両脚支持期率 (%)	36.4	20.9	19.0

(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ )

ストライド長はそれぞれA群 $47.9 \pm 11.2\%$ 、B群 $61.8 \pm 12.4\%$ 、C群 $63.3 \pm 10.1\%$ であった。ストライド長についてはA群とB群、A群とC群との間に有意な差を認め、A群は他の2群に比べ短かった。しかしB群とC群との間には有意な差は認めなかった。

歩隔はそれぞれA群 $12.1 \pm 5.0\text{cm}$ 、B群 $10.5 \pm 1.3\text{cm}$ 、C群 $6.9 \pm 3.6\text{cm}$ であった。A群とB群との間には有意な差は認めないものの、B群とC群、A群とC群との間に有意な差を認め、膝OA患者においてワイドベースを呈した。

ケイデンスについては、それぞれA群 $87.8 \pm 17.9\text{steps/min}$ 、B群 $109.9 \pm 16.7\text{steps/min}$ 、C群 $120.6 \pm 16.2\text{steps/min}$ であった。3つの群間で有意な差を認め、C群、B群、A群の順に減少した。

歩行スピードはそれぞれA群 $33.1 \pm 13.0\text{m/min}$ 、B群 $50.9 \pm 12.5\text{m/min}$ 、C群 $59.7 \pm 12.0\text{m/min}$ であり、3つの群間全てで有意な差を認め、歩行スピードは、C群、B群、A群の順に有意に減少した。

両脚支持期率はそれぞれA群 $36.4 \pm 17.9\%$ 、B群 $20.9 \pm 5.3\%$ 、C群 $19.0 \pm 4.4\%$ であった。A群とB群、A群とC群との間に有意な差を認め、A群は他の2群に比べ両脚支持期率が增大していたが、B群とC群との間には有意な差は認めなかった（表3）。

歩行能力評価の運動力学的因子の結果は表4に示す。制動力の最大値は、A群 $-6.9 \pm 2.9\%$ 、B群 $-10.2 \pm 4.2\%$ 、C群 $-13.0 \pm 4.1\%$ であり、各群間で有意な差を認めた。駆動力の最大値については、A群 $6.4 \pm 4.2\%$ 、B群 $12.4 \pm 5.2\%$ 、C群 $15.1 \pm 3.6\%$ であった。A群とB群およびA群とC群との間に有意な差を認めたが、B群とC群との間には有意差は認めなかった（表4）。

また制動力の平均力積は、A群 $-3.7 \pm 1.5\%$ 、B群 $-5.2 \pm 1.7\%$ 、C群 $-6.9 \pm 2.4\%$ であった。また、駆動力の平均力積は、A群 $3.3 \pm 2.3\%$ 、B群 $6.6 \pm 2.5\%$ 、C群 $8.1 \pm 1.9\%$ であった。制動力、駆動力の平均力積はともに、A群とB群およびA群とC群との間に有意な差を認めたが、B群とC群との間には有意な差は認めなかった（表4）。

## 5. 考察

これまでの片脚立位能力と歩行能力の関連性を分析した研究は、健常者や脳卒中患者などを対象とした報告<sup>3)~9)</sup>はみられるが、膝OA患者を対象に片脚立位能力と歩行能力の関係について分析した報告はなく、理学療法士が担当する機会を考えると、研究意義は大きいと考えられる。また、膝OA患者の群分けに用いた片脚立位評価は、バランス機能を評価する臨床的指標としてもよく用いられており<sup>3) 4) 7) ~10)</sup>、しかも簡便であり、場所を問わず行うことができることから臨床的な意義も大きいと考えられる。

それに加え、片脚立位姿勢自体が歩行動作や階段昇降動作、跨ぎ動作などの日常生活活動においても必要不可欠な要素であることが挙げられる<sup>10)</sup>。

今回、片脚立位能力評価で用いた保持時間の設定は、健常高齢者を対象とした研究<sup>3) 5) 6)</sup>やその他の疾患を対象とした研究<sup>8) 9)</sup>から、実施可能な範囲を推察し、予備的に膝OA患者を調査した結果より、10秒間とした。

本研究より、膝OA患者は健常高齢者に比べて、時間距離因子、運動力学的因子のほとんどの歩行能力が低下していることが明らかとなった。この歩行能

表4 運動力学的因子の結果

	A群	B群	C群
制動力 ( $F_{ymin}/w$ )	-6.9	-10.2	-13.0
駆動力 ( $F_{ymax}/w$ )	6.4	12.4	15.1
制動力積 ( $\int F_{yEF} dt/wt$ )	-3.7	-5.2	-6.9
駆動力積 ( $\int F_{yDF} dt/wt$ )	3.3	6.6	8.1

(\*:  $p < 0.05$ )



力の低下は、膝OA患者の歩行の特徴として、膝関節の可動域低下によるストライド長の減少などを報告している畠中らの研究<sup>11) 12)</sup>と同様の結果を得た。

特に、今回は10秒間の片脚立位が保持可能な膝OA患者では、ストライド長や両脚支持期率、制動力および駆動力の力積は健常者と同様の値であったのに対し、保持が不可能な膝OA患者では、著しい影響を与え、低下することが明らかになった。つまり、静的な立位バランス能力を反映する片脚立位能力が低下している膝OA患者では、動的な歩行能力の低下を引き起こすことが明確となった。したがって、膝OAであっても静的な能力が保たれていれば、動的な能力は保たれていることが推察できる。元来、片脚立位能力は、足底感覚や下肢筋力などに基づく足関節および股関節ストラテジーが大きく影響を与えるとされている<sup>4) 13)</sup>。しかし、その間に位置する膝関節においても重度に障害されることで片脚立位保持能力は著しく低下することが明らかとなった。

加えて、静的な片脚立位能力が低下は、動的な歩行中の両脚支持期率の延長、つまり、片脚（単脚）支持期が著しく短縮することが明らかとなった。すなわち歩行中の単脚支持期に十分な安定性が得られず、両脚支持期を延長することによって、どうにか歩行していると示唆される。

また、立脚前期の体重支持に必要な制動力と立脚後期の踏み切りに必要な駆動力の減少は、片脚立位が不可能であれば、大きく影響することが明らかとなった。つまり、静的な片脚立位が不可能であれば、動的な歩行においても、単脚支持期に安定性が得られないため、十分な制動とその後の駆動においても発揮できないことが明らかとなった。このことが歩行速度の低下に大きく反映していると考えられる。

これらより、片脚立位が保持できない患者では、ストライド長やケイデンスの著明な低下や歩隔、両脚支持期率の増大が歩行スピードの低下を招いていた。

一方、膝OA患者であっても、片脚立位保持が10秒間可能であれば、ストライド長の低下や両脚支持期率の増大が起こらないことが明らかとなった。また、運動力学的因子である制動力や駆動力は、比較的影響がないことも示された。これらは膝OA患者の特徴的な歩行パターンであると考えられる。

歩行能力を定量的に評価するためには、豊かな臨床経験や十分な設備が必要とされる<sup>2)</sup>が、本研究により片脚立位を10秒間保持できるか否かを評価することで、膝OA患者の特徴的な歩行能力のスクリーニングが容易にできることが明らかとなった。

このように片脚立位能力から同じ膝OAと診断された患者であっても、歩行能力のような運動能力の重症度を分類できれば、経験の浅い理学療法士でも歩行分析が容易になり、膝OA患者を評価する際に、臨床的に有用な評価であるといえる。

## 6. 倫理的配慮

ヘルシンキ宣言に基づき、個人情報の管理方法や人体に影響を与える研究でないことに関して、すべての対象者に説明と同意を得た。また、承諾後であっても、対象者の意志にて実験を中止できることも含め、それに対する不利益は生じないことも説明した。

## 7. 謝辞

本研究を行うにあたり、多大なる指導を丁寧に行ってくれました高知医療学院 高橋昭彦先生に感謝申し上げます。また、研究趣旨を理解し、協力してくださった患者様一人一人に感謝申し上げます。

## 8. 文献

- 1) 松澤正. 理学療法評価法-第3版. 岩倉博光 (監). 金原出版. 東京. 2000 ; 214-222
- 2) 田中繁. 臨床歩行分析入門. 土屋和夫 (監). 臨床歩行分析懇談会 (編). 医歯薬出版. 東京. 1989 ; 95-122
- 3) 山田和政, 山田恵, 塩中雅博, 板野裕洋, 梶原史恵, 松田輝, 植松光俊. 通所サービス利用高齢者の転倒とバランス能力について. 理学療法科学. 2005 ; 20 (5) : 103-106
- 4) 村田伸. 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との

村上仁之：変形性膝関節症患者の片脚立位能力と歩行能力の関連性

- 関連-健常女性を対象とした検討-. 理学療法科学. 2004 ; 19 (3) : 245-249
- 5) Vellas BJ, Wayne SJ, Romero L, Baumgartner RN, Rubenstein LZ, Garry PJ. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. J Am Geriatr Soc. 1997 ; 45 : 735-738
- 6) King DL, Zatsiorsky VM. Periods of extreme ankle displacement during one-legged standing. Gait Posture. 2002 ; 15 : 172-179
- 7) 重森健太, 日下隆一, 大城昌平, 濱辺淳一. 高齢者の運動機能評価の特徴-コミュニティにおける比較-. 理学療法科学. 2006 ; 21 (3) : 221-225
- 8) 大堀いづみ, 金川善洋, 宮原謙一郎, 温盛恵美, 小西秀男. バランス能力と歩行能力の関連性について. みんなの理学療法. 2006 ; 18 : 30-33
- 9) 藤澤宏幸, 武田涼子, 前田里美, 早川由佳理. 脳卒中片麻痺患者におけるFunctional Reach Testと片脚立位保持時間の測定の意義-歩行能力との関係に着目して-. 理学療法科学. 2005 ; 32 (7) : 416-422
- 10) 山本敏泰. 跨ぎ動作と加齢変化. 理学療法. 1994 ; 11(4) : 277-287
- 11) 畠中泰彦, 平澤泰介, 常岡秀行, 久保秀一. 変形性膝関節症患者の歩行に関する運動学的考察. 日本臨床バイオメカニクス学会誌. 1992 ; 14 : 307-309
- 12) 畠中泰彦. 運動学的視点からみた動作解析. PTジャーナル. 1994 ; 28(2) : 113-118
- 13) 横山茂樹, 高柳公司, 松坂誠應, 大城昌平, 金々江光生, 東 英文. 足底部感覚情報が立位姿勢調整および歩行運動に及ぼす影響. 理学療法科学. 1995 ; 22(3) : 125-128