変形性膝関節症患者の歩行速度に関連する 因子について

Factors Affecting the Walking Speed of Patients with Knee Osteoarthritis

小林 巧¹⁾ 山中 正紀²⁾ 神成 透³⁾ 堀内 秀人⁴⁾ 松井 直人³⁾
角瀬 邦晃³⁾ 野陳 佳織⁵⁾ 大川 麻衣子⁶⁾ 田中 昌史¹⁾ 信太 雅洋¹⁾

TAKUMI KOBAYASHI¹⁾, MASANORI YAMANAKA²⁾, TORU KANNARI³⁾, HIDETO HORIUCHI⁴⁾, NAOTO MATSUI³⁾,
KUNIAKI KAKUSE³⁾, KAORI NODIN⁵⁾, MAIKO OKAWA⁶⁾, MASASHI TANAKA¹⁾, MASAHIRO SHIDA¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Hokkaido Chitose Institute of Rehabilitation Technology: 2-10, Satomi, Chitose-shi, Hokkaido
066-0055, Japan. TEL+81 123-28-1061 E-mail: t-kobayashi@chitose-reha.ac.jp

²⁾ Faculty of Health Sciences, Hokkaido University

³⁾ Hokkaido Orthopaedic Memorial Hospital

⁴⁾ NTT East Corporation Sapporo Hospital

⁵⁾ Tokeidai Hospital

⁶⁾ Sapporo Yamanoue Hospital

Rigakuryoho Kagaku 30(4): 583-587, 2015. Submitted Feb. 20, 2015. Accepted Apr. 4, 2015.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to investigate the factors affecting the walking speed of patients with knee osteoarthritis (OA). [Subjects] The subjects were 54 patients with knee OA. [Methods] The subjects were divided into three groups by walking speed. The high speed and low speed groups were compared using following factors: age, sex, physical characteristics, and physical functions. Logistic regression analysis was used to identify factors significantly associated with the walking speed. [Results] There were significant differences in age, height, knee extensor and flexor strength between the two groups. Logistic regression analysis showed knee flexor strength (cut-off point: 0.31 Nm/kg) to be significantly associated with walking speed. [Conclusion] This results suggest that knee flexor strength is important for the improvement of the walking ability of patients with knee OA.

Key words: knee osteoarthritis, walking speed, knee flexor strength

要旨:〔目的〕変形性膝関節症患者の歩行速度に影響を与える因子について検討した。〔対象〕対象は変形性膝関節症患者 54 名であった。〔方法〕歩行速度により高速群、中速群、および低速群の 3 群に分け、高速群および低速群の 2 群について、基本属性、身体属性および機能因子の比較を行った。また、歩行速度と有意に関連する因子を選択するためにロジスティック回帰分析を実施した。〔結果〕年齢、身長、膝伸展、および屈曲筋力は 2 群間で有意な差が認められた。歩行速度に関連する有意な予測因子は膝屈曲筋力であり、その基準値は 0.31 Nm/kg だった。〔結語〕変形性膝関節症患者の歩行能力の向上には膝屈曲筋力が重要である可能性が示唆された。

キーワード: 変形性膝関節症、歩行速度、膝屈曲筋力

¹⁾ 北海道千歳リハビリテーション学院 理学療法学科:北海道千歳市里美2丁目10番(〒066-0055) TEL 0123-28-1061

²⁾ 北海道大学大学院 保健科学研究院

³⁾ 北海道整形外科記念病院

⁴⁾ NTT 東日本札幌病院

⁵⁾ 時計台記念病院

⁶⁾ 札幌山の上病院

I. はじめに

変形性膝関節症 (knee osteoarthritis: 以下, 膝 OA) は高齢者において最も多い骨関節疾患の一つである。Yoshimura ら¹⁾によると, 本邦における膝 OA の潜在患者数は 2530 万人, 有症患者数は 780 万人と推定されている。膝 OA は関節軟骨の変性を基盤とした退行変性疾患であり, 疼痛を主症状とし, 関節可動域 (range of motion: 以下, ROM) 制限や筋力低下が起こり, 病変の進行に伴って, 日常生活動作も制限される。

膝 OA 患者の歩行能力について, Watanabe ら²⁾は, 膝 OA 患者は健常者と比較して歩行速度が有意に低下することを報告している。また, 歩行の運動学的解析において, Nagano ら³⁾は, 膝 OA 患者は健常者と比較して歩行周期にわたり膝屈曲角度が減少することを報告している。歩行能力の低下は転倒との関連性が高いことが報告されている⁴⁾ことから, 膝 OA 患者の歩行能力を向上させることは重要である。歩行と関連する因子について, Barker ら⁵⁾は, 膝 OA 患者の歩行速度は疼痛や脚伸展筋力と有意な相関を示すことを報告している。歩行能力には様々な要因が影響すると考えられるが, これまでの報告は単因子間の関連性についての検討が多く, 多因子との関連性について調査した報告はあまり見られない。また, 歩行能力に関連する因子の基準値を明確にすることは, 理学療法を行う上での一指標となるため, 重要であると考えられるが, その基準値については不明である。

本研究の目的は, 膝 OA 患者の歩行速度に影響を与える因子を多因子から検討し, その基準値を明らかにすることで, 膝 OA 患者の歩行能力向上のための効果的な理学療法を提供するための一助を得ることである。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は膝 OA 患者 54 名 (女性 50 名, 男性 4 名) とした。年齢の平均値 $\pm$ 標準偏差は 67.8 ± 7.6 歳, 身長は 151.4 ± 6.1 cm, 体重は 61.9 ± 8.5 kg であった。膝 OA の重症度分類には北大病期分類を使用し, stage III が 19 名, IV が 35 名の中等度から重度膝 OA 患者であった。全例, 歩行補助具を使用せず独歩可能で, 定期的に外来受診し, 医師の判断で関節内注射や消炎鎮痛剤の処方を受けていた。除外基準は反対側の膝 OA 以外の整形疾患を有する者, または体格指数 (body mass index: 以下, BMI) が 40 以上の者とした。

2. 方法

測定項目は身体特性として, 身長, 体重, BMI および大腿脛骨角 (femorotibial angle: 以下, FTA) を計測

した。FTA は患側下肢の荷重時のレントゲン画像から大腿骨と脛骨の長軸でなす角度を, 画像解析ソフト Image J ver.1.48 (National Institutes of Health) を用いて計測した。機能因子については, いずれも両側測定した。疼痛は歩行時の膝の痛みを visual analog scale (以下, VAS) で計測した。ROM は 2 名の検者が両側の膝伸展および屈曲他動 ROM を, ゴニオメーターを使用して 3 回測定し, その最大値を検討に用いた。また, 筋力は Biodex system 3 (Biodex Medical 社製) を使用して, 膝伸展および屈曲の等速性 ($180^\circ/\text{s}$) 筋トルクの peak torque 値を測定し, 得られた値を正規化するために体重で除した値を検討に用いた。なお, 両膝に症状を有する場合, 症状が弱いほうを健側, 症状が強いほうを患側と定義した。歩行能力の評価のために, 10 m 歩行試験を実施した。加速路と減速路を各 2 m 設けた計 14 m の歩行路をできるだけ速く歩行してもらい, 所要時間ならびに歩数を測定した。3 回測定し, その平均値を算出し, 得られた値から歩行速度を算出した。

解析のための群分けとして, 歩行速度により対象者を順位付けし, 上位 1/3 を高速群, 中間 1/3 を中速群, 下位 1/3 を低速群と分類し, 中速群を検討から除外した高速群と低速群の 2 群を解析に使用した。統計学的分析として, 高速群と低速群の 2 群間の比較に対応のない t 検定および χ^2 検定を使用した。また, 歩行速度に関連する因子を選択するために, 従属変数に歩行速度, 独立変数に 2 群間で有意差が認められた基本属性 (年齢, 性別および重症度分類), 身体特性および機能因子を用いた変数増加法によるロジスティック回帰分析を実施し, 有意な因子のオッズ比を算出した。得られたモデルの適合度の検定として Hosmer と Lemeshow の検定を実施し, また, 判別精度の検証のため判別率を算出した。なお, 多重共線性の影響を考慮し, 独立変数間の相関についてピアソンの相関係数を用いて検討し, 0.8 以上の高い相関が認められた変数のうち歩行速度との相関が低い方を検討から除外した。さらに, ロジスティック回帰分析で選択された有意な因子のカットオフ値を算出するために, 受信者動作特性 (receiver operating characteristic curve: 以下, ROC) 曲線を使用した。統計解析には SPSS ver21.0 (IBM 社製) を使用し, 有意水準は 5% とした。

III. 結 果

2 群間の比較について表 1 に示す。歩行速度は, 高速群が低速群と比較して有意に高値を示した。基本属性について, 年齢は, 高速群が低速群と比較して有意に若かった。身体特性について, 身長は, 高速群が低速群と比較して有意に高かった。機能因子について, 健側および患側の膝伸展ならびに屈曲筋力は高速群が低速群と比

表 1 高速群と低速群の比較

測定項目	高速群	低速群
歩行速度 (m/s)	1.72 ± 0.15	1.00 ± 0.21**
年齢 (歳)	64.3 ± 6.7	71.1 ± 8.2*
性別	女:15 男:3	女:18 男:0
OA 分類	Ⅲ:7 Ⅳ:11	Ⅲ:4 Ⅳ:14
身長 (cm)	152.3 ± 3.8	148.8 ± 6.1*
体重 (kg)	63.5 ± 6.6	61.7 ± 10.0
BMI (kg/m ²)	27.3 ± 2.5	28.0 ± 4.8
FTA (°)	182.6 ± 6.5	186.3 ± 7.3
VAS (mm)	健側 6.4 ± 16.9 患側 22.1 ± 25.8	15.1 ± 20.1 32.4 ± 24.8
膝伸展 ROM (°)	健側 -3.8 ± 4.7 患側 -6.2 ± 6.3	-4.1 ± 5.0 -6.7 ± 6.0
膝屈曲 ROM (°)	健側 136.4 ± 13.1 患側 135.1 ± 8.7	133.4 ± 13.6 128.3 ± 14.2
膝伸展筋力 (Nm/kg)	健側 0.70 ± 0.18 患側 0.59 ± 0.18	0.53 ± 0.17** 0.40 ± 0.12**
膝屈曲筋力 (Nm/kg)	健側 0.45 ± 0.17 患側 0.43 ± 0.17	0.29 ± 0.15** 0.25 ± 0.09**

平均値 ± 標準偏差, *p<0.05, **p<0.01.

較して有意に高値を示した。

歩行速度ならびに 2 群間の比較で有意差が認められた変数間の相関係数を表 2 に示す。年齢は身長のみと有意な相関を認めた。身長は患側の膝伸展筋力を除く全ての因子と有意な相関が認められた。筋力は各変数間の全てにおいて有意な相関が認められ、健側と患側の膝屈曲筋力は相関係数 0.82 の高い相関を示した。歩行速度と健側および患側の膝屈曲筋力の相関係数は、それぞれ 0.47 および 0.56 であり、多重共線性の影響を考慮し、歩行速度との相関の低い健側の膝屈曲筋力を除いてロジスティック回帰分析を実施した。

歩行速度に関連する因子について、従属変数を歩行速度、独立変数を年齢、身長、両側の膝伸展および患側の膝屈曲筋力としたロジスティック回帰分析を実施した。歩行速度に有意に関連する因子は患側膝屈曲筋力のみであり、オッズ比は 4.09 (95% 信頼区間: 1.47-11.34, p<0.01) であった。Hosmer と Lemeshow の検定結果は $\chi^2=7.16$, p=0.41, 判別の中率は 72.2% だった。また、ROC 曲線から得られた患側膝屈曲筋力のカットオフ値は 0.31 Nm/kg だった (表 3)。

IV. 考 察

歩行速度は理学療法における代表的な運動能力指標であり、臨床の現場で広く利用されている。膝 OA 患者の歩行速度は健常者と比較して低下することが報告されている⁶⁾。歩行速度が低下することによって、転倒のリス

クが増加し⁷⁾、また、歩行障害による活動制限が、更なる機能低下を引き起こす可能性が推察される。そのため、歩行速度に影響を与える因子について検討することは、歩行能力維持や向上のためにも重要である。

本研究結果から、高速群と低速群の 2 群間の比較について、年齢、身長、両側の膝伸展および屈曲筋力に有意差が認められた。Bohannon⁸⁾ は成人健常者を対象に歩行速度と年齢、性別、身長、体重、および下肢筋力の関連性について検討し、歩行速度と年齢、身長、および下肢筋力は有意な相関を示したことを報告している。本研究結果から、膝 OA 患者の歩行速度においても健常者と同様に、年齢、身長、および膝周囲筋の筋力が歩行速度に関連する因子である可能性が推察された。本研究では歩行速度による違いをより明確にするために、対象者を 3 群に分け、中速群を除いた高速群と低速群で比較を行ったため、特にこれらの因子に有意な差が認められたと考えられる。膝伸展および屈曲筋力について、膝 OA 患者では健常者と比較して有意に低下していると述べられていることから⁹⁾、可及的速やかな筋力改善が、膝 OA 患者における歩行能力低下の予防および改善に寄与する可能性が推察される。

ロジスティック回帰分析より、患側膝屈曲筋力が歩行速度の有意な予測因子として選択され、得られた回帰モデルの適合度および判別の中率も良好であり、膝屈曲筋力は歩行能力向上に有用な因子となる可能性が示唆された。膝屈曲筋であるハムストリングスは立位姿勢において体幹の前方動揺を制御し、特に身体を前方へ移動させ

表2 各変数間での相関係数

	歩行速度	年齢	身長	膝伸筋筋力 健側	膝伸筋筋力 患側	膝屈筋筋力 健側	膝屈筋筋力 患側
歩行速度	—	-0.34	0.26	0.41*	0.59**	0.47**	0.56**
年齢		—	-0.34	-0.04	-0.08	0.06	-0.11
身長			—	0.37*	0.07	0.44**	0.41*
膝伸筋筋力 健側				—	0.61**	0.67**	0.53**
膝伸筋筋力 患側					—	0.48**	0.65**
膝屈筋筋力 健側						—	0.82**
膝屈筋筋力 患側							—

* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

表3 患側膝屈筋筋力のカットオフ値、感度、特異度、曲線下面積

変数	カットオフ値 (Nm/kg)	感度 (%)	特異度 (%)	曲線下面積
患側膝屈筋筋力	0.31	77.8	77.8	0.83

る歩行動作では遊脚期後半から接地期の運動制御に寄与するため¹⁰⁾、この運動制御は接地時の衝撃に対する姿勢安定性に重要とされる。小林ら¹¹⁾は、人工股関節全置換術患者の両脚立位から片脚立位への移行動作について調査し、ハムストリングスは動作開始前に活動することで立位での姿勢安定性に重要な役割を果たしていると述べている。膝OA患者の歩行動作においても接地前の姿勢安定化に寄与することで歩行速度に影響した可能性が推察される。また、遊脚期後半から接地期のハムストリングスにかかる筋張力は、動作速度が速くなるほど大きくなることが報告されている¹²⁾。本研究では最大歩行速度を指標として検討を行っていることから、膝屈筋筋力の影響が大きくなったことが考えられる。また、Nhaら¹³⁾は、歩行時の膝周囲筋の筋活動について調査し、膝OA患者ではハムストリングスによる同時収縮が健常者と比較して増加していると報告している。本研究における膝OA患者では、ハムストリングスによる同時収縮を高めることで膝関節の動的安定化を図り、この安定化が歩行速度に影響を与える一因となった可能性が推察される。

本研究では、患側膝屈筋筋力のROC曲線から得られたカットオフ値は0.31 Nm/kgだった。これまで、高齢者の歩行能力を予測する筋力の基準値についての報告は散見されるものの¹⁴⁾、膝OA患者の歩行速度を予測する因子の基準値に関する報告は見当たらない。カットオフ値が得られたことは、膝OA患者の歩行能力向上のための機能的訓練の目標設定に有用である可能性が示唆された。

本研究の限界として、対象者が中等度から重度膝OA患者のみを対象とし、また、男性被験者が少なかったため、膝OA患者全般について述べることができない点が

挙げられる。今後は軽度膝OA患者や男性患者の検討も追加し、膝OA患者と歩行速度の関係についてより詳細に検討していきたい。また、膝周囲筋の筋活動についても調査し、歩行速度に膝屈筋筋力に影響したその機序について明らかにしていきたい。最後に、健側と患側の差が歩行速度に与える影響やパス解析などを用いた歩行速度と各因子の相互関連性について調査し、歩行速度に影響する因子をより明確にしていける必要がある。

結論として、膝OA患者の歩行速度には膝屈筋筋力の関与が大きいことが示された。また、患側の膝屈筋筋力のカットオフ値は0.31 Nm/kgであった。これらの結果から、歩行速度の向上には膝屈筋筋力の向上が重要であり、また、その目標値を設定することで、より効果的な理学療法を提供するための一助となる可能性が示唆された。

引用文献

- 1) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, et al.: Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women: the research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. *J Bone Miner Metab*, 2009, 27(5): 620-628.
- 2) Watanabe H, Urabe K, Takahira N, et al.: Quality of life, knee function, and physical activity in Japanese elderly women with early-stage knee osteoarthritis. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2010, 18(1): 31-34.
- 3) Nagano Y, Naito K, Saho Y, et al.: Association between in vivo knee kinematics during gait and the severity of knee osteoarthritis. *Knee*, 2012, 19(5): 628-632.
- 4) Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M: Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up & go test. *Phys Ther*, 2000, 80(9): 896-903.

-
- 5) Barker K, Lamb SE, Toye F, et al.: Association between radiographic joint space narrowing, function, pain and muscle power in severe osteoarthritis of the knee. *Clin Rehabil*, 2004, 18(7): 793-800.
 - 6) Ouellet D, Moffet H: Locomotor deficits before and two months after knee arthroplasty. *Arthritis Rheum*, 2002, 47(5): 484-493.
 - 7) Muraki S, Akune T, Oka H, et al.: Physical performance, bone and joint diseases, and incidence of falls in Japanese men and women: a longitudinal cohort study. *Osteoporos Int*, 2013, 24(2): 459-466.
 - 8) Bohannon RW: Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing*, 1997, 26(1): 15-19.
 - 9) Tan J, Balci N, Sepici V, et al.: Isokinetic and isometric strength in osteoarthrosis of the knee. A comparative study with healthy women. *Am J Phys Med Rehabil*, 1995, 74(5): 364-369.
 - 10) 山本利春：スポーツにおける筋損傷・筋障害 肉離れのリハビリテーション トレーナーの立場から. *臨床スポーツ医学*, 2000, 17: 695-705.
 - 11) 小林 巧, 山中正紀, 神成 透・他：人工股関節全置換術後における両脚立位から片脚立位移行時の筋活動パターン. *北海道理学療法*, 2014, 31: 26-30.
 - 12) Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, et al.: The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med*, 1999, 27: 699-706.
 - 13) Nha KW, Dorj A, Feng J, et al.: Application of computational lower extremity model to investigate different muscle activities and joint force patterns in knee osteoarthritis patients during walking. *Comput Math Methods Med*, 2013, doi: 10.1155/2013/314280.
 - 14) 山崎裕司, 横山仁志, 青木詩子・他：高齢患者の膝伸展筋力と歩行速度, 独歩自立との関連. *総合リハ*, 1998, 26(7): 689-692.