糖尿病神経障害者の歩行速度特性

Walking Speed Characteristics of Diabetic Peripheral Neuropathy

大関 直也^{1,2)} 水上 昌文³⁾

NAOYA OSEKI, RPT, MS^{1,2)}, MASAFUMI MIZUKAMI, RPT, PhD³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation Therapy, Tokyo Medical University Ibaraki Medical Center: 3-20-1 Chuo, Ami-machi, Inashiki-gun, Ibaraki 300-0395, Japan TEL +81 29-887-1161 E-mail: 45080013@ipu.ac.jp

²⁾ Graduate School of Health Sciences, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

³⁾ Department of Physical Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

Rigakuryoho Kagaku 33(1): 89-93, 2018. Submitted Aug. 3, 2017. Accepted Sep. 12, 2017.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to clarify the walking speed of diabetic peripheral neuropathy (DPN). [Subjects and Methods] Twenty-one DPN and 18 subjects without diabetes mellitus (non-DM) were recruited. Background factors including age, gender, height, and weight were adjusted. The speed, step length, and cadence in comfortable walking were examined. [Results] The walking speed, step length, and cadence of the DPN and non-DM subjects were 55.6 ± 14.4 m/min and 77.6 ± 13.1 m/min, 0.50 ± 0.10 m and 0.61 ± 0.86 m, and 118.1 ± 21.8 steps/min and 125.6 ± 8.7 steps/min, respectively. There were significant differences in the evaluation indexes other than cadence. [Conclusion] The walking speed of DPN subjects was slower due to a decrease in stride length.

Key words: diabetic peripheral neuropathy, walking speed, step length

要旨:〔目的〕本研究の目的は糖尿病神経障害（DPN）者の歩行速度特性を明らかにすることである。〔対象と方法〕対象は、DPN 群 21 名と年齢、性別、身長、体重を調整した非糖尿病患者（non DM 群）18 名。主評価項目は、快適歩行における速度と歩幅、歩行率とした。〔結果〕歩行速度は DPN 群 55.6 ± 14.4 m/min, non DM 群 77.6 ± 13.1 m/min であった。歩幅は DPN 群 0.50 ± 0.10 m, non DM 群 0.61 ± 0.86 m であった。歩行率は DPN 群 118.1 ± 21.8 steps/min, non DM 群 125.6 ± 8.7 steps/min であった。歩行率以外の項目で有意差があった。〔結語〕DPN 群は歩行速度が低下し、その要因が歩幅減少であった。

キーワード: 糖尿病神経障害、歩行速度、歩幅

¹⁾ 東京医科大学茨城医療センター リハビリテーション療法部：茨城県立稲敷郡阿見町中央3-20-1 (〒300-0395) TEL 029-887-1161

²⁾ 茨城県立医療大学大学院 保健医療科学研究科 博士後期課程

³⁾ 茨城県立医療大学大学院 理学療法学科

I. はじめに

本邦における糖尿病 (Diabetes Mellitus: 以下, DM) 者数は316.6万人¹⁾とされ, 罹患者数の増加が問題となっている。DMが進行すると神経障害, 網膜症, 腎症など多様な合併症が生じる²⁾とともに, 身体機能が低下する³⁾ことが広く知られている。

身体機能のなかでもとくに, 歩行は人の主な移動手段として必要な動作であり, 歩行速度は生命予後とも関連⁴⁾し歩行の自立を判断するための重要な指標⁵⁾である。DM者では糖代謝異常により筋力低下や筋肉量減少が生じ⁶⁾, 歩行中の下肢関節運動範囲減少や筋活動障害が生じる⁷⁾とされる。また, バランス能力低下によりDM者では転倒発生率が上昇する⁸⁾とされている。実臨床において, 歩行障害を有するDM者を多く観察することからも, これらの研究結果は理解できるものである。さらに, DM者の47.1%が有する²⁾神経障害 (Diabetic Peripheral Neuropathy: 以下, DPN) では, 下肢に両側性末梢性の感覚障害が生じ, 下肢運動が障害される。よってDPNの病期が進行するとともに, 歩行動作への影響が大きくなることは明白であると考えられる。しかし, DPN者の歩行速度を計測した研究^{7,9-13)}では, 非DM者と比較して低下する^{7,11-13)}との報告がある一方, 上昇するとの報告⁹⁾や, 変化しないとの報告¹⁰⁾がみられており一定の見解は得られていない。つまり, DPN者の歩行速度は非DM者やDM者よりも低下すると思われるにもかかわらず, 明らかではない。

以上より, 本研究ではDPN者の歩行速度は, 非DM者と比較して低下するか否かを明らかにすることとともに, DPN者の歩行速度特性に影響することが予測される足関節背屈可動域制限や膝関節伸展筋力低下といった下肢機能の影響を併せて検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

研究協力者は, 当院および関連医療機関において2016年2月1日から9月30日までの間公募した。自由意思により応募した者のうち, 日常生活活動に関してKatz Indexの全6項目である入浴, 更衣, トイレ, 移乗, 排泄コントロール, 食事が自立し, 補装具なしで屋外歩行が可能な者を対象とした。内科疾患の管理が不十分な者, 脳, 脊髄, 筋肉疾患, 外傷を有する者, 妊娠中や妊娠が疑われる者, DM以外の疾患による歩行障害を有する者, その他, 担当医が研究への参加を不適当と判断した者を除外した。以上よりDPN者21名をDPN群とし, 年齢と性別, 身長, 体重を調整した非DM者18名をnon DM群とした。いずれの研究協力者も謝礼はないものとした。

2. 方法

評価項目は, 快適歩行における速度と歩幅, 歩行率および, 足関節背屈可動域, 等尺性膝伸展筋力体重比とした。歩行計測は, 歩行路を裸足にて快適歩行速度で繰り返し5回実施した。計測する歩行路は10 mとし, 前後に2.0 mの助走区間を設けた。歩行速度は10 m所要時間から算出した。速度と歩幅, 歩行率は5回の計測値を平均して分析した。体調や足底の状態に配慮しながら, 苦痛を生じないように歩行計測を実施した。転倒を回避するために, 理学療法士を複数名配置した。

足関節背屈可動域の計測は, 日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会の制定に基づき, 背臥位膝伸展位にて, ゴニオメータを用いて計測した。等尺性膝伸展筋力はHand Held Dynamometer (μ TAS MF-01®, アニマ社製)を使用して, 膝関節屈曲90°の端座位で下腿を下垂させた姿勢により計測した。得られた等尺性膝伸展筋力を検討するために体重で除した。歩行速度, 歩幅, 歩行率, 足関節背屈可動域, 膝関節伸展筋力体重比を群間比較するために, 対応のないt検定により検討した。背景情報として, 年齢と性別, 身長, 体重, Body Mass Index (以下, BMI)を調査し, 群間比較するために対応のないt検定と χ^2 検定により検討した。

データ分析はIBM SPSS version 22.0を使用し, 有意水準は5%で判定した。また, DPN群では病態を明確にするために, DMの病型, DM罹患期間, DPNと網膜症, 腎症の病期, インスリン使用の有無, アキレス腱反射の有無, 10 g触圧覚の有無, 振動覚, 血液検査所見を診療録から調査した。血液検査は, HbA1c, 空腹時血糖, 推算糸球体濾過量 (以下, eGFR)を調査した。DPNは, 自覚症状とアキレス腱反射, 触圧覚検査の結果を診療録から抽出し, 糖尿病神経障害を考える会の糖尿病多発神経障害の臨床病期分類によりその程度を判断した。また, 歩行速度特性に影響することが予測される膝関節伸展筋力低下と足関節背屈可動域制限を有する人数および, 実用的歩行速度未満の人数を調査しその影響について検討した。

本研究は, 茨城県立医療大学倫理委員会の承認 (受付番号 655) および東京医科大学茨城医療センター倫理委員会の承認 (受付番号 15-6) を得て実施した。

III. 結果

DPN群とnon DM群の基本属性を表1に示した。平均年齢はDPN群67.1 $\pm$ 11.0歳, non DM群64.0 $\pm$ 10.4歳であった。性別はDPN群で男性14, 女性7名, non DM群で男性12, 女性6名であった。身長はDPN群160.6 $\pm$ 8.4 cm, non DM群164.4 $\pm$ 8.7 cmであった。BMIはDPN群23.1 $\pm$ 3.5 kg/m², non DM群22.1 $\pm$ 2.8 kg/m²であった。両群の属性はDMやDPNに関する疾

表 1 DPN 群と non DM 群の基本属性

項目	全体 n = 39	
	DPN 群 n = 21	non DM 群 n = 18
年齢 (歳)	67.1 ± 11.0	64.0 ± 10.4
性別 (名) 男性 / 女性	14 / 7	12 / 6
身長 (cm)	160.6 ± 8.4	164.4 ± 8.7
体重 (kg)	59.7 ± 10.6	60.1 ± 11.1
Body Mass Index (kg/m ²)	23.1 ± 3.5	22.1 ± 2.8
2 型糖尿病 (名)	20	
糖尿病罹患期間 (年)	15.6 ± 11.0	
糖尿病神経障害病期 (名) I / II / III / IV / V	0 / 5 / 15 / 1 / 0	
糖尿病網膜症 (名) なし / 単純 / 前増殖 / 増殖	0 / 6 / 2 / 13	
腎症病期 (名) 1 / 2 / 3 / 4	14 / 1 / 6 / 0	
インスリン使用 (名)	21	
アキレス腱反射なし (名)	20	
10 g 触圧覚なし (名)	16	
振動覚 (秒)	6.5 ± 3.3	
血液検査 HbA1c (%)	9.4 ± 3.3	
空腹時血糖 (mg/dl)	264.1 ± 179.9	
eGFR (mL/min/1.71 cm ²)	70.9 ± 26.1	

平均値 ± 標準偏差.

HbA1c は NGSP 値で表記.

対応のない t 検定, * : p < 0.05.

χ² 検定, † : p < 0.05.

表 2 評価項目の群間比較の結果

	DPN 群 n=21	non-DM 群 n=18	95% 信頼区間		等分散性	
			t 値	下限 - 上限	F 値	有意確率
歩行速度 (m/min)	55.6 ± 14.4	77.6 ± 13.1*	-4.9	-30.9 - -12.9	0.24	0.63
歩行速度 60 m/min 未満の人数 (名)	15	1 †				
歩幅 (m)	0.50 ± 0.10	0.61 ± 0.86*	-3.5	-0.17 - -0.05	1.61	0.12
歩行率 (steps/min)	118.0 ± 21.8	125.6 ± 8.7	-1.3	-18.6 - 3.5	2.60	0.21
足関節背屈可動域 (°)	10.2 ± 4.7	22.5 ± 5.3*				
足関節背屈 10° 以下の人数 (名)	15	0 †				
等尺性膝伸展筋力体重比 (kgf/kg)	0.33 ± 0.10	0.54 ± 0.14*				

対応のない t 検定, * : p < 0.05.

χ² 検定, † : p < 0.05.

患情報以外に有意差はなく、本研究における各評価項目の結果の違いは DPN の影響によるものと判断できた。DPN 群は、全例インスリンを使用し、20 名 (95%) が 2 型 DM であった。平均罹患期間は 15.6 年であり、神経障害の病期は II 期が 5 名、III 期が 15 名、IV 期が 1 名であった。平均 HbA1c は 9.4% (NGSP 値) で、空腹時血糖は 264.1 mg/dl であった。平均 eGFR は 70.9 mL/min/1.71 cm² であり、腎症病期は 1 期が 14 名、2 期が 1 名、3 期が 6 名であった。

評価項目の群間比較の結果を表 2 に示した。歩行速度は DPN 群で 55.6 ± 14.4 m/min, non DM 群で 77.6 ±

13.1 m/min であり、DPN 群で有意な低下を認めた (p < 0.01)。歩幅は DPN 群で 0.50 ± 0.10 m, non DM 群で 0.61 ± 0.86 m であり、DPN 群で有意に減少していた (p < 0.01)。歩行率は DPN 群で 118.0 ± 21.8 steps/min, non DM 群で 125.6 ± 8.7 steps/min であり、有意差はなかった。足関節背屈可動域は、DPN 群で 10.2 ± 5.3°, non DM 群で 22.5 ± 5.3° であり、DPN 群で有意に減少していた (p < 0.01)。等尺性膝関節伸展筋力体重比は DPN 群で 0.33 ± 0.10 kgf/kg, non DM 群で 0.54 ± 0.14 kgf/kg であり、DPN 群で有意に低かった (p < 0.01)。歩行速度 60 m/min 未満の人数は DPN 群 15 名、

non DM 群 1 名であった ($p < 0.01$)。足関節背屈角度 10° 以下の人数は、DPN 群 15 名、non DM 群 0 名であり、DPN 群で有意に多かった ($p < 0.01$)。

IV. 考 察

本研究では DPN 群の歩行速度が、DPN の影響により non DM 群と比較して低下するか否かを検討した。その結果、DPN 群の歩行速度は non DM 群と比較して低下していることを明らかにした。歩行速度や歩幅等の歩行特性を議論する際は、身長や体重、年齢、性別の影響を考慮すべきであると考えられる。しかし、DPN 群の歩行速度を調査した研究では、対象者の年齢や体重が調整されておらず^{7,9-13)}、得られた結果が真に DPN の影響によるものかどうかは不明確であった。DPN 群の歩行速度に関するメタ分析¹⁴⁾においても、サンプルサイズが少ないことから一定の見解を得るに至らないと結論づけていた。しかし、Raspovic ら¹⁵⁾は、対象者背景である年齢と身長を調整し DPN 群の歩行速度低下を報告しており、本研究で得られた結果を支持するものである。本研究では DPN を定量的に評価できておらず、統計学的に DPN の程度と歩行速度の関連を検討していないものの、歩行速度に影響を及ぼすと考えられる身長や体重、年齢、性別について両群で有意差がなかったことから DPN の影響により歩行速度が低下することが示されたものとする。ただし、DPN 群は幅広い DPN の重症度の者が含まれていたことから、DPN の重症度の違いが歩行指標の結果に影響を与えた可能性がある。DPN による歩行速度への直接的な影響を明らかにするために、神経伝導速度検査により DPN の有無や重症度を明確にしたうえで、DPN と歩行指標の関連を検討する必要がある。今後の課題として残されている。

歩行速度は、歩幅と歩行率の積で求められる。本研究において歩行率は両群間で有意差はみられなかった。一方、歩幅は non DM 群と比較し DPN 群で有意に低下していた。このことから DPN 群の歩行速度低下は、歩幅の減少によりもたらされている点が明確となった。足関節背屈可動域や膝伸展筋力の機能面から検討すると、足関節背屈可動域は DPN 群で有意に制限されていた。DM では、高血糖状態の持続により軟部組織の糖化が生じ¹⁶⁾、アキレス腱は伸張性が低下¹⁷⁾するとされ、DM 者において足関節の関節可動域が制限されるとする報告¹⁸⁾は、本研究結果を裏付けするものである。正常な歩幅を獲得するためには、歩行相の立脚終期で足関節が 10° 背屈して円滑に踵離れする¹⁹⁾必要がある。本研究の DPN 群の多くは足関節背屈可動域が制限されており、統計学的検討は課題として残されているが、歩幅の減少に影響したことが推測される。

本研究の DPN 群の全 21 名中 20 名は、糖尿病神経障

害を考える会の糖尿病多発神経障害の臨床病期分類における無症候期から症状期前期に該当していた。これらの者のうち、15 名は横断歩道を渡るために必要な速度 $60 \text{ m/min}^{20)}$ に達していなかった。また、DPN 群の等尺性膝伸展筋力体重比は、15 名において歩行自立に必要な等尺性膝伸展筋力である $0.4 \text{ kgf/kg}^{21)}$ よりも低値であった。以上のことから、本研究では補装具なしでの歩行が可能である者を対象としたものの、十分な屋外活動を行うための歩行能力を有していないことが観察された。よって、こういった DPN 者に対し、歩行機能の改善を図るための足関節背屈可動域練習や膝関節伸展筋に対するレジスタンストレーニング、歩行練習等の理学療法による取り組みが必要であると考えられる。とくに、足関節背屈可動域制限においては、足潰瘍発生の内的要因である²²⁾とされることから、DM 由来の下肢切断を予防するために改善が必要であり、理学療法の今後の課題として残されている²³⁾。

引用文献

- 1) 厚生労働省：平成26年(2014)患者調査の概況結果の概況。
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/14/dl/01.pdf>
(閲覧日2017年7月31日)。
- 2) 日本糖尿病対策推進会議：日本における糖尿病患者の足外観異常および糖尿病神経障害の実態に関する報告。日本糖尿病対策推進会議、日本医師会、東京、2008、p7。
- 3) 石黒友康：糖尿病は運動器疾患である。理学療法科学、2008、40: 297-301。
- 4) 成田寿次：片麻痺症例における施設内歩行自立に関連する歩行速度。理学療法科学、2008、23: 419-424。
- 5) Studenski S, Perera S, Patel K, et al.: Gait speed and survival in older adults. JAMA, 2011, 305: 50-58。
- 6) Volpato S, Bianchi L, Lauretani F, et al.: Role of muscle mass and muscle quality in the association between diabetes and gait speed. Diabetes Care, 2012, 35: 1672-1679。
- 7) Savelberg HH, Ilgin D, Angin S, et al.: Prolonged activity of knee extensors and dorsal flexors is associated with adaptations in gait in diabetes and diabetic polyneuropathy. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2010, 25: 468-475。
- 8) Maurer MS, Burcham J, Cheng H: Diabetes mellitus is associated with an increased risk of falls in elderly residents of a long-term care facility. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2005, 60: 1157-1162。
- 9) Savelberg HH, Schaper NC, Willems PJ, et al.: Redistribution of joint moments is associated with changed plantar pressure in diabetic polyneuropathy. BMC Musculoskelet Disord, 2009, 10: 16。
- 10) Sawacha Z, Cristofori G, Guarneri G, et al.: Characterizing multisegment foot kinematics during gait in diabetic foot patients. J Neuroeng Rehabil, 2009, 6: 37。
- 11) Sawacha Z, Gabriella G, Cristofori G, et al.: Diabetic gait and posture abnormalities: a biomechanical investigation through three dimensional gait analysis. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2009, 24: 722-728。

-
- 12) Gomes AA, Onodera AN, Otuzi ME, et al.: Electromyography and kinematic changes of gait cycle at different cadences in diabetic neuropathic individuals. *Muscle Nerve*, 2011, 44: 258-268.
 - 13) Sawacha Z, Spolaor F, Guarneri G, et al.: Abnormal muscle activation during gait in diabetes patients with and without neuropathy. *Gait Posture*, 2012, 35: 101-105.
 - 14) Fernando M, Crowther R, Lazzarini P, et al.: Biomechanical characteristics of peripheral diabetic neuropathy: a systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2013, 28: 831-845.
 - 15) Raspovic A: Gait characteristics of people with diabetes-related peripheral neuropathy, with and without a history of ulceration. *Gait Posture*, 2013, 38: 723-728.
 - 16) Genuth S, Sun W, Cleary P, et al. DCCT Skin Collagen Ancillary Study Group: Glycation and carboxymethyllysine levels in skin collagen predict the risk of future 10-year progression of diabetic retinopathy and nephropathy in the diabetes control and complications trial and epidemiology of diabetes interventions and complications participants with type 1 diabetes. *Diabetes*, 2005, 54: 3103-3111.
 - 17) Burner T, Gohr C, Mitton-Fitzgerald E, et al.: Hyperglycemia reduces proteoglycan levels in tendons. *Connect Tissue Res*, 2012, 53: 535-541.
 - 18) Mueller MJ, Minor SD, Sahrman SA, et al.: Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls. *Phys Ther*, 1994, 74: 299-308, discussion 309-313.
 - 19) Götz - Neumann K: 観察による歩行分析. 月城慶一・他(監訳), 医学書院, 東京, 2005, pp42-43.
 - 20) 赤羽弘和: 再考 歩行者の横断. *交通工学*, 2015, 41: 1-3.
 - 21) 加嶋憲作, 清藤真司, 中谷京宗・他: 歩行自立度と下肢荷重率, 等尺性膝伸展筋力との関連—高齢入院患者における検討. *総合リハ*, 2012, 40: 61-65.
 - 22) Turan Y, Ertugrul BM, Lipsky BA, et al.: Does physical therapy and rehabilitation improve outcomes for diabetic foot ulcers? *World J Exp Med*, 2015, 5: 130-139.
 - 23) 大関直也: 身体機能・歩行動作からみたフットケア. 野村卓夫・河辺信秀(編集), 文光堂, 東京, 2016, pp116-126.