

国際医療福祉大学大学院審査学位論文（博士）

大学院医療福祉学研究科博士課程

糖尿病性多発神経障害が身体機能に及ぼす影響

平成 28 年度

保健医療学専攻・理学療法学分野・応用理学療法学領域

学籍番号：14s3018 氏名：木村和樹

研究指導教員：久保晃 教授

副指導教員：石坂正大 助教

糖尿病性多発神経障害が身体機能に及ぼす影響

木村和樹

要旨

糖尿病（DM）療養指導において、十分な介入時間を得ることができず、DM患者に対してすべての身体機能の評価を行うことは困難である。そこで、糖尿病性多発神経障害（DP）と関連のある身体機能項目を明らかにすることで、短時間で評価すべき身体機能項目を明らかにした。

研究1ではDP有り群はDP無し群と比較してすべての部位において足底触圧覚閾値が高値を示した。研究2ではDPによって身体機能は低下しており、DPとの関連因子として後方歩行速度が抽出された。研究3ではDPの重症化に伴い後方歩行速度が低下した。さらに、DPの重症化に伴い後方/前方歩行速度比は低値を示した。DPの重症化に伴い視覚による歩行戦略が強くなるため、後方歩行速度が低下して後方/前方歩行速度比に影響することが示唆された。DM療養指導において、後方歩行速度と後方/前方歩行速度比は短時間でも可能な新たな評価指標となることが明らかになった。

キーワード

糖尿病性多発神経障害， 後方/前方歩行速度比， 後方歩行

Effect of diabetic polyneuropathy on physical functions

Kazuki Kimura

Abstract

While educating patients with diabetes mellitus (DM), it is difficult to evaluate all of their physical functions due to the lack of time for intervention. Thus, by identifying the physical function parameters related to diabetic polyneuropathy (DP), we clarified the physical function parameters that should be evaluated in situations with limited time.

In Study 1, among the group with DP had higher touch-pressure thresholds in all areas of the soles than the group without DP. Study 2 showed that the physical functions reduced by DP, backward walking speed was identified as a DP-related factor. In Study 3, progressive decrease in the backward walking speed as well as in the ratio of backward to forward walking speed was noted with the increase in severity of DP. These results suggest that, as DP becomes Severe, patients are more likely to rely on visual perception, which decreases the backward walking speed and affects the ratio of backward to forward walking speed. For education of DM patients, the backward walking speed and the ratio of backward to forward walking speed became clear the new indices that can be used in situations with limited time.

Keywords

Diabetic polyneuropathy; Ratio of backward to forward walking speed; Backward walking

目次

I.序論	1
I -1-1.DM の増加による社会的問題	1
I -1-2.DM の発生機序	2
I -1-3.DP による感覚障害	3
I -1-4.DP による身体機能への影響	4
I -1-5.後方歩行による評価	8
I -2-1.本研究の仮説と新規性	8
I -2-2.本研究の目的	9
II.本研究の倫理的配慮	10
III.研究 1～3	11
III-1-1.研究 1～3 の対象者	11
III-1-2.研究 1～3 の構成	13
III-1-3.本研究で用いた評価項目	14
III-2.研究 1 : DP が足底触圧覚閾値に及ぼす影響	18
III-2-1.目的	18
III-2-2.方法	18
III-2-3.結果	19
III-2-4.考察	24
III-2-5.研究 1 の結語	25
III-3.研究 2 : DP と関連する身体機能項目	26
III-3-1.目的	26
III-3-2.方法	26

III-3-3.結果	27
III-3-4.考察	33
III-3-5.研究2の結語	35
III-4.研究3：DPの重症化が後方/前方歩行速度比に及ぼす影響	36
III-4-1.目的	36
III-4-2.方法	36
III-4-3.結果	37
III-4-4.後方歩行速度の低下に対する考察	44
III-4-5.後方/前方歩行速度比の低下に対する考察	45
III-4-6.研究3の結語	46
III-5.研究1～3の考察	47
IV.本研究の有効性と限界点	49
V.本研究の結語	50
VI.謝辞	51
VII.引用文献	52
VIII.本研究に関する研究実績および報告	57

I .序論

I -1-1.糖尿病の増加による社会的問題

我が国の糖尿病（diabetes mellitus; 以下，DM）患者はその予備軍を含め 2,050 万人と推定¹⁾されている（図 1）。また，入院患者の約 16%²⁾が DM を併存していることが報告されており，理学療法士が DM 患者を担当する機会が増加している。さらに，我が国の平均寿命は増加³⁾しており（図 2），加齢に伴い身体機能が低下していくため，DM 患者の高齢化も深刻な社会問題になっている。

DM 患者数の増加に加えて，DM 性腎症，DM 性網膜症，糖尿病性神経障害（diabetic neuropathy; 以下，DN）といった三大合併症の発症が問題となっている。人工透析の原疾患の第 1 位が DM 性腎症で約 44%を占めている。DM 性腎症による 2013 年の新規導入者は 18,837 人⁴⁾である。また，後天性視覚障害の原因の第 1 位が緑内障であり，第 2 位は DM 性網膜症で約 20%を占めている。年間約 3,000 人⁴⁾が DM 性網膜症によって失明している。さらに，DM 患者の DM 性足壊疽合併率は 0.7%⁵⁾であり，DM 患者の下肢切断率は健常者より 15～40 倍高い⁴⁾。DM 性足壊疽や DM による下肢切断は DN の進行が影響しており，DM の合併症が問題となっている。DN の頻度は 27%，DM 性網膜症は 24%，DM 性腎症は 20%であり，DN は 3 大合併症のなかで最も頻度が高い⁶⁾。DM 合併症の進行に伴う身体機能の低下⁷⁾による介護費や介護力の負担が発生することが考えられる。DM 患者の増加や合併症による身体機能の低下が明らかになっている。しかし，DM 合併症による身体機能の評価は確立されていないのが現状である。

DM 患者に対する栄養指導と透析予防の診療報酬は算定できるが，運動療法に対する診療報酬の算定は認められていない。よって，DM 患者に対する運動療法の実施率は低く，個別の介入で十分に時間をかけて身体機能の評価することは難しいのが現状である⁸⁾。

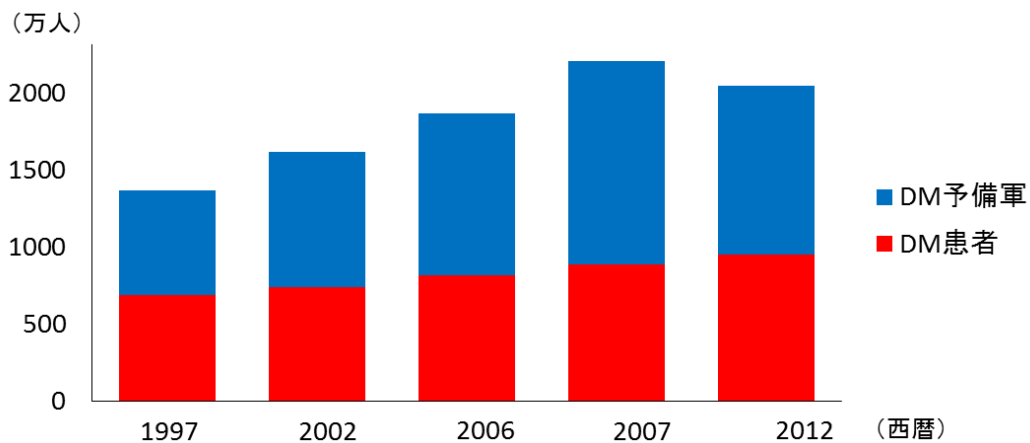


図 1. DM 患者数と DM 予備軍数の年次推移

(厚生労働省：平成 24 年国民健康・栄養調査 引用文献 1 より著者改変)

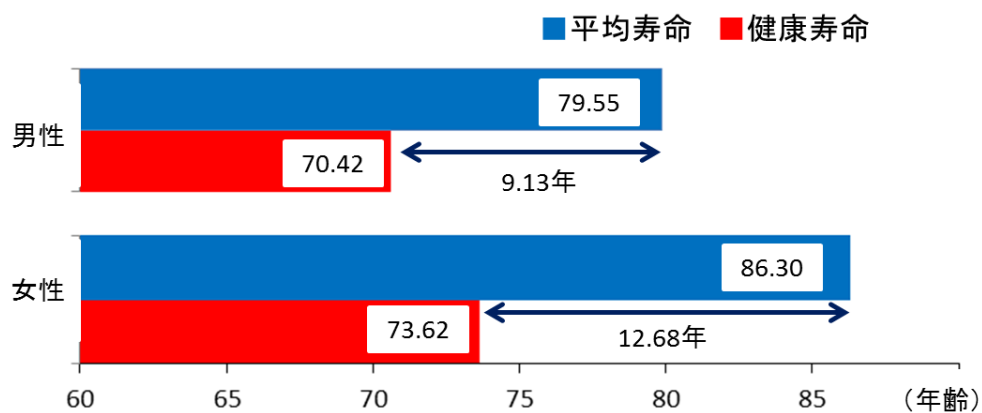


図 2. 平均寿命と健康寿命

(厚生労働省：平成 25 年簡易生命表の概況 引用文献 3 より著者改変)

I -1-2.DM の発生機序

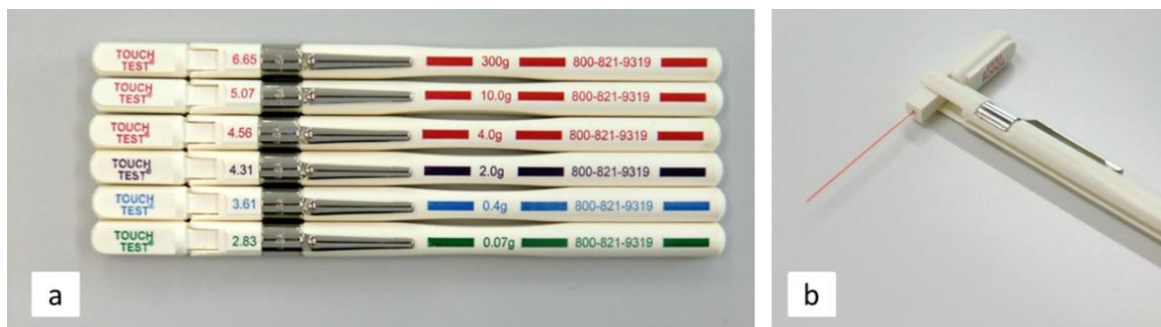
DM は臓器や骨格筋のインスリン感受性の低下，または膵臓からのインスリン分泌が低下する糖代謝異常の疾患である。DM 患者は血糖値や HbA1c が高値となるためコントロールが必要となり，高血糖状態が持続すると DM 性の合併症をきたす原因とな

る⁹⁾。2型DM患者は健常者と比較して骨格筋のインスリンの感受性が低いと報告されている¹⁰⁾。2型DMはインスリン分泌の低下やインスリン抵抗性をきたす複数の遺伝因子に、過度なエネルギー摂取や身体活動量の不足といった生活習慣の不良による肥満が環境因子として加わり、骨格筋のインスリン作用不足を生じて2型DMを発症する¹¹⁾。また、1型DMは膵β細胞の破壊性病変によりインスリンの欠乏が生じるため、インスリンの絶対的欠乏に陥ることが多い¹¹⁾。2型DMは身体活動量の低下による肥満が骨格筋のインスリン抵抗性が発症機序である。一方、1型DMは身体活動量ではなく膵β細胞そのものの病変が原因である。1型DMと2型DMは発症機序が異なり、身体機能そのものが異なることを考慮しなければならない。DMの95%は2型DMに分類され、今後も増加するとされる2型DM患者を本研究の対象とした。

I-1-3.DPによる感覚障害

DMは血糖値のコントロールが不良になる疾患であり、高血糖状態が長期間持続することにより合併症に罹患する⁹⁾。DM患者の約50%に重篤な合併症がある¹²⁾と報告されている。DMの合併症を発生することにより、DNや動脈硬化による血管シャント術または四肢の切断術費、DM性網膜症によるレーザー治療費、DM性腎症による生涯にわたる人工透析費など、高額な医療費の発生が問題になる。DM患者におけるフットケア不良などにより生じる足部のトラブルを予防する観点から、足底触圧覚の評価が重要である。足底触圧覚閾値はSemmes-Weinstein-Monofilament（以下、SWM）を用いることで、定量的に評価することができる（図3）。DM患者の評価は足部が重要であり、SWMのSize5.07（10gの触圧）が不答だとDNの疑いが高くなり^{13,14)}、DM潰瘍やそれに伴う下肢の切断のリスクが急激に高くなる¹⁵⁾。そのため、米国DM学会ではSWMのSize5.07による触圧覚の評価を必須としている¹⁶⁾。また、DM患者は同年代の地域在住者よりも足底触圧覚が障害されている¹⁷⁾。SWMによる評価の信頼性は検者内と検者間が0.700以上であり¹⁸⁾臨床でも簡便に使用することができる。6本の

SWM を用いる評価が一般的であり， Evaluator Size は 2.83， 3.61， 4.31， 4.56， 5.07， 6.65 が代表的である． 正常であれば， 細い Size でも正答できるが， 感覚障害に伴い正答できる Size は太くなる． 複数の Size を用いることで感覚の障害を定量的に評価することが可能である．



左 a : SWM 6 本セット， 右 b : Evaluator Size5.07 (触圧覚 10g)

図 3. SWM

I -1-4.DP による身体機能への影響

DN は遠位性対称性の多発神経障害と局所性の単神経障害に分かれる．糖尿病性多発神経障害 (diabetic polyneuropathy; 以下， DP) は最も頻度が高く， 感覚・運動神経障害と自律神経障害， 急性有痛性神経障害に分類される¹⁹⁾ (表 1)． DP の簡易診断には糖尿病性神経障害を考える会が提唱している「糖尿病性多発性神経障害の簡易診断基準案」による診断²⁰⁾が広く用いられている (表 2)． DP の簡易診断は， 異常感覚などの自覚症状， アキレス腱反射の減弱ないし消失， 振動覚の低下の 3 項目を指標に用いるため， 医師をはじめ， 理学療法士， 作業療法士， 看護師でも簡便に評価が可能である． DP では感覚障害が症状の代表であり， DP による下肢筋力低下に伴い立位バランスの障害を呈する²¹⁾． また， 関節の構造にも影響を及ぼし， 足部の関節可動域が制限²²⁾される． さらに， 移動手段の基盤でもある前方歩行速度^{23,24)}も低下すると報告されている． 前方歩行速度の評価は European Working Group²⁵⁾ と Asian Working Group²⁶⁾ に

よるサルコペニア診断のアルゴリズムにも用いられている。DPによって身体機能の低下^{7,21-24)}を呈するため、石黒は「DMは運動器の障害である」と位置づけている²⁷⁾。DM療養指導の観点からもDPの評価と病期に応じた身体機能の評価によるリハビリテーションが重要である。

表 1. DN の分類と主な症状

分類	症状
●多発神経障害(DP)	
感覚・運動神経障害	しびれ感, 錯感覚, 冷感, 自発痛, アロディニア, 感覚鈍麻
自律神経障害	瞳孔機能異常, 発汗異常, 起立性低血圧, 胃不全麻痺, 胆嚢無力症, 便通異常(便秘, 下痢), 膀胱障害, 勃起障害, 無自覚低血糖など
急性有痛性神経障害	(治療後神経障害など)
●単神経障害	
脳神経障害	外眼筋麻痺(動眼・滑車, 外転神経麻痺), 顔面神経麻痺など
体幹・四肢の神経障害	手根管症候群, 尺骨神経麻痺, 腓骨神経麻痺, 体幹部の単神経障害など
糖尿病筋萎縮	典型例は片側～両側部性臀部・大腿部筋萎縮・筋力低下を呈し疼痛を伴う
(腰仙部根神経叢神経障害)	

(Tesfaye S, et al. Diabetic neuropathies. 引用文献 19 より著者改変)

表 2. DP の簡易診断基準

【必須項目】以下の2項目を満たす.

1. 糖尿病が存在する.
 2. 糖尿病性多発神経障害以外の末梢神経害を否定しうる.
-

【条件項目】

以下の3項目のうち2項目以上を満たす場合を“神経障害あり”とする.

1. 糖尿病性多発神経障害に基づくと思われる自覚症状
 2. 両側アキレス腱反射の低下あるいは消失
 3. 両側内果の振動覚低下
-

《注意事項》

1. 糖尿病性多発神経障害に基づくと思われる自覚症状とは、以下の2項目を満たすこと。
 - ①両側性
 - ②足趾先および足底の「しびれ」「疼痛」「異常感覚」のうちいずれかの症状を訴える。
上肢の症状のみの場合および「冷感」のみの場合は含まれない。
 2. アキレス腱反射は膝立位で行う。
 3. C128 音叉を用いて、両側とも10 秒以下を低下とするが、高齢者については老化による影響を十分考慮する。
-

【参考項目】

以下の参考項目のいずれかを満たす場合は、条件項目を満たさなくても“神経障害あり”とする.

1. 神経伝導検査で2つ以上の神経でそれぞれ1項目以上の検査項目(伝導速度, 振幅, 潜時)の明らかな異常を認める.
 2. 臨床症候上, 明らかな糖尿病性自律神経障害がある. しかし, 自律神経機能検査で異常を確認することが望ましい.
-

(糖尿病性神経障害を考える会.糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準の改定について.引用文献 20 より著者改変)

I -1-5.後方歩行による評価

一般的に歩行評価は前方への前方歩行速度であり，サルコペニアの診断基準^{25,26)}にも用いられている．近年，着目されている後方歩行は進行方向が前方歩行とは異なり，後方へ進行する歩行である．そのため，後方歩行は後方への歩行能力を反映する²⁸⁾．その特徴は進行方向の視覚情報が直接得られないことである．また，後方歩行は前方歩行の下肢の運動方向が反対になり，歩行時の筋活動は異なる^{29,30)}が，その運動軌跡は重なり合う²⁹⁾．健常成人では後方歩幅を低下させることで後方歩行速度を制御する³¹⁾ことが報告されている．後方歩行は転倒リスクの評価³²⁾としても用いられ，転倒経験者は後方歩行速度が0.6m/秒を下回り，バランス能力の低下が後方歩行速度に影響していると報告されている．従来，後方歩行は前方歩行との比較や転倒リスクとしての報告が散見され，DPと後方歩行速度の関係についての報告はない．

I -2-1.本研究の仮説と新規性

後方歩行は進行方向の視覚情報が直接得られないため，足底触圧覚からの感覚入力が必要になると仮説を立てた．また，DPによって足底触圧覚が障害されるため，後方歩行速度に影響することが考えられる．しかし，DPが後方歩行速度に及ぼす影響に関する研究はされていない．本研究の新規性は，DPの重症化により足底触圧覚が障害され，後方歩行速度が低下することを明らかにしたことである．

DPの重症化により足底触圧覚が障害される．そのため，SWMを用いて対象者を4段階に群分けして，前方および後方歩行速度との関係を明らかにした．DPによる前方歩行速度の低下を考慮するため，新たな評価指標である後方/前方歩行速度比による影響を明らかにした．

I -2-2.本研究の目的

DPによって下肢筋力、バランス能力、歩行能力といった身体機能全般が低下することは明らかである。しかし、現在の日本の医療保険制度においてDM患者に対する運動療法の診療報酬は得られない。また、食事・運動・薬物療法を集中的に指導するDM教育入院が実施されているが、DM患者の勤務の都合や家庭状況によっては短期間の入院になることがある。そのため、DM療養指導において、十分に運動療法の評価と指導の時間を設ける事ができない。また、DPによって多くの身体機能が障害されることは明らかになっているが、評価すべき身体機能項目については明らかになっていない。そこで、本研究では二項ロジスティック回帰分析を用いてDPと関連する身体機能項目の抽出を行い、DM患者に対して評価すべき項目を明らかにすることを目的とした。抽出された後方歩行速度において、前方歩行速度の低下を考慮するために、新たに後方/前方歩行速度比の評価指標を算出した。DPの重症化が後方/前方歩行速度比に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ.本研究の倫理的配慮

対象者には研究の内容を十分に説明して同意が得られた者を対象とした。なお、本研究は国際医療福祉大学倫理審査（倫理番号：14-Io-72）および臨床現場である国際医療福祉大学病院倫理審査（倫理番号：13-B-144）の承認を得て実施した。

Ⅲ.研究 1～3

Ⅲ-1-1.研究 1～3 の対象者

本研究は，当院に DM 教育入院された DM 患者 132 例（22 - 88 歳）から対象者の選定を行った（図 4）．なお，人工透析を必要とする DM 患者は含まれていなかった．

研究 1～3 の分析した対象は，当院に DM 教育入院された 75 歳未満の 2 型 DM 患者 76 例（内訳は男性 52 例，女性 24 例）とした．また，分析した対象は DM 以外の疾患による影響は少なく，移動が独歩自立している者であった．また，開眼の立位時に姿勢が動揺する者はいなかった．年齢は 57.8 ± 11.5 (22 - 74) 歳，身長は 162.2 ± 9.4 (137.0 - 181.0) cm，体重は 67.3 ± 16.7 (42.4 - 115.8) kg，BMI は 25.5 ± 5.4 (17.8 - 47.4) kg/m^2 ，HbA1c は 9.4 ± 2.4 (5.5 - 15.1) %，eGFR は 80.6 ± 23.4 (11.5 - 155.1) $\text{mL}/\text{min}/1.73\text{m}^2$ ，罹病期間は 90.0 ± 113.1 (0 - 420) ヶ月であった[mean \pm SD (Min - Max) で示す]．

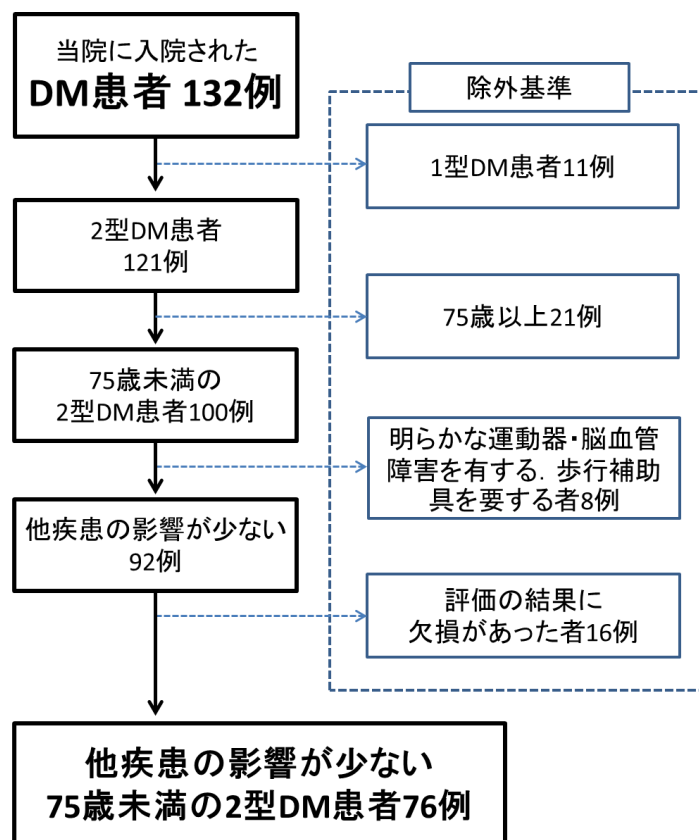


図 4. 研究 1～3 における対象者の取り込み基準

本研究における除外基準は以下の項目とした。

- 身体活動量の低下によるインスリン感受性の低下は 2 型 DM の発症要因の一つであるため、2 型 DM 患者は DM を発症する前から身体機能そのものが低下していることが考えられる。一方、1 型 DM は膵β細胞自体の病変であるため、1 型 DM 患者 11 例を除外した。
- 加齢による身体機能の低下の影響を少なくするため、後期高齢者（75 歳以上）の 21 例を除外した。
- DP による影響を検討するため、DM 以外の要因が身体機能に影響を及ぼすと考えられる 8 例を除外した。内訳は、明らかな脳血管障害や運動器疾患などを有する 3 例（人工膝関節術後が 1 例、腰椎圧迫骨折が 1 例、被殻出血が 1 例）、日常の移動に歩行車を使用していた 3 例（脊柱管狭窄症術後が 1 例、進行性核上性麻痺が 1 例、小脳梗塞が 1 例）、足部に潰瘍があり下肢装具を着用していた 2 例を除外した。
- 研究 1～3 において身体機能の評価項目に欠損がある 16 例を除外した。評価項目が欠損した理由として、短期間の教育入院であり、十分な評価や指導する時間が得られなかった。また、評価項目の一部に協力が得られなかった者も除外した。

Ⅲ-1-2.研究 1～3 の構成

研究 1～3 の構成を示す（図 5）。

まず，研究 1 では DP が足底触圧覚閾値に及ぼす影響を明らかにするため，前足部のみではなく踵を含めた足底全体の触圧覚閾値を検討した。また，DP による影響は対称的に感覚障害をきたす¹⁹⁾ ため，足底触圧覚閾値の左右差についても検討した。

次に，研究 2 では DM 患者の身体機能を評価した。身体機能として前方および後方歩行速度，開眼および閉眼の片脚立位（One Leg Standing；以下，OLS），Timed Up & Go Test（以下，TUG），30 秒椅子立ち上がりテスト（chair-stand test；以下，CS-30）を評価した。DP によって影響される身体機能項目を明らかにするため，DP の有無で身体機能の比較を行った。さらに，DP と関連する身体機能項目を抽出するため二項ロジスティック回帰分析を用いた。

最後に，研究 3 では DP の重症化として足底触圧覚閾値で群分けを行ない，研究 2 で抽出された後方歩行速度に着目して分析を行なった。研究 2 より DP によって前方歩行速度が低下していた。そこで，DP による前方歩行速度も低下を考慮するため，DP の重症化に対する新たな評価指標の検討を行った。DP の重症化が後方/前方歩行速度比に及ぼす影響を明らかにした。

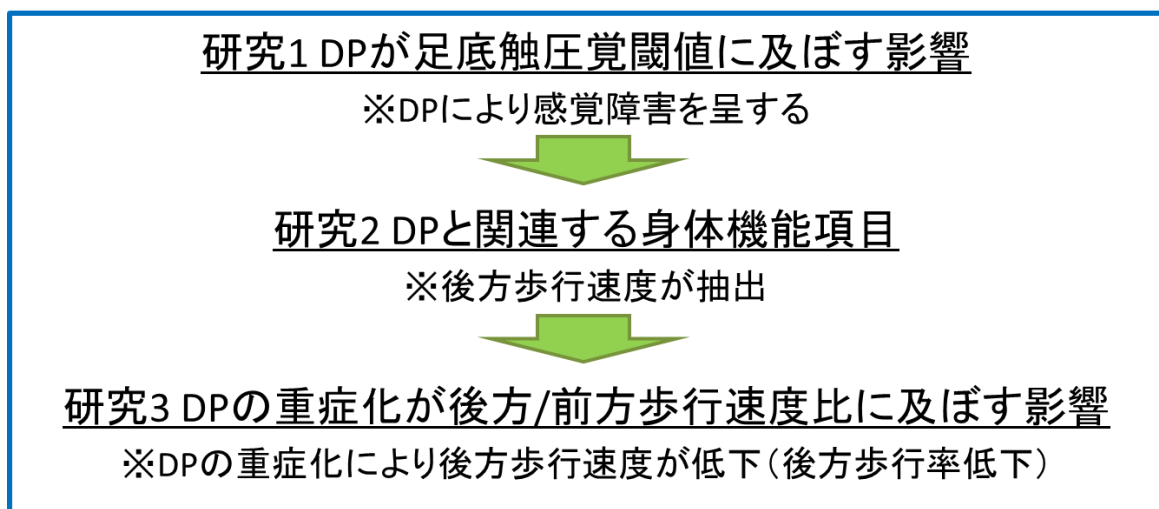
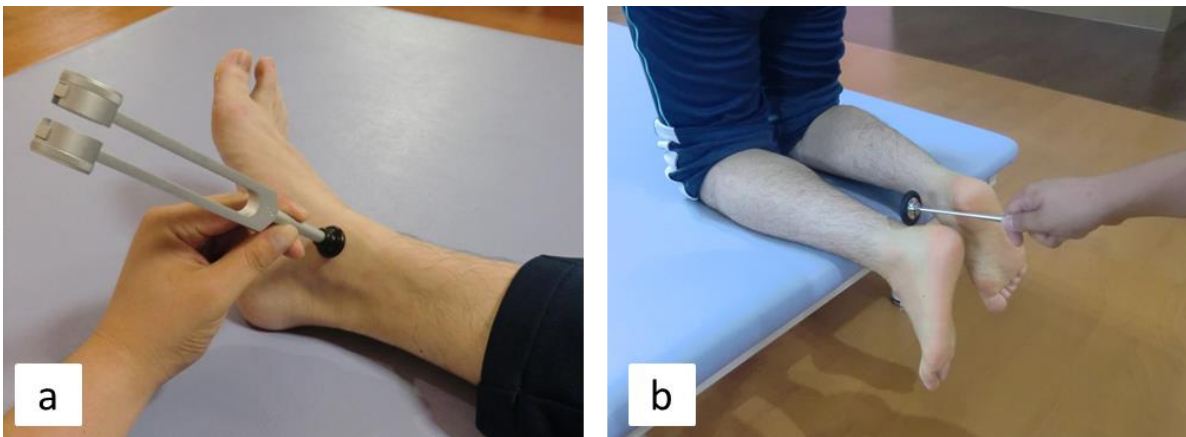


図 5. 研究 1～3 の構成

Ⅲ-1-3.本研究で用いた評価項目（図 6-9）

- ・DP：「糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準案」²⁰⁾を参考にして3項目を評価した。両足のしびれまたは異常感覚がある。両アキレス腱反射の減弱または消失している。両内果の振動覚が低下または消失している。3項目のうち2項目以上当てはまる場合をDP有り群，1項目以下をDP無し群とした。アキレス腱反射はバビンスキー打腱器を用いた。両内果の振動覚は128HzのC音叉を用いて評価を行った。



左 a：内果の振動覚

右 b：アキレス腱反射

図 6. 「糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準案」を参考にした DP の評価

・足底触圧覚：酒井医療社製の SWM を使用して足底触圧覚閾値を評価した。 Evaluator Size は 2.83, 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, 6.65 の 6 本を用いた。 Size 2.83 の最も細いフィラメントが正答できたものを段階 1 とし, Size 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, 6.65 の順番に段階づけを行い, Size 6.65 のフィラメントの不答を段階 7 とした 7 段階評価で行った。 Evaluator Size が太くなるにつれて, 触圧覚閾値は高値を示す。 細い Size から評価を行い, 正答できた最も細い Size の結果から触圧覚障害の重症化を示すことができる。 Size 2.83・3.61 は正常, Size 4.31 は触圧覚の軽度障害, Size 4.56 は触圧覚の防御性低下, Size 5.07 は触圧覚の防御性消失, Size 6.65 は触圧覚に加えて振動覚による評価が推奨されている³³⁾。 そこで, 本研究において触圧覚閾値の上昇は DP が重症化した状態と定義した。 評価部位は左右の母趾, 母趾球, 小趾球, 踵の計 8 ヶ所とし, 直角に曲がるまで約 1.5 秒間押し付けて, 正答の有無を確認した。 同一場所で 3 回行い全て正答できたものを各部位の代表値とした。 皮膚のひび割れや胼胝の影響を少なくするため, 視診上異常部位は極力避けるようにして評価した。 評価肢位はプラットフォーム上で背臥位とし, 視覚の影響を受けないように対象者を閉眼にさせた。

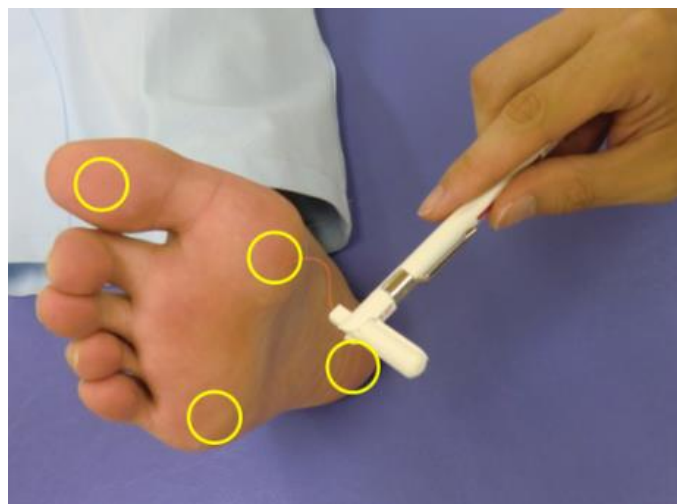
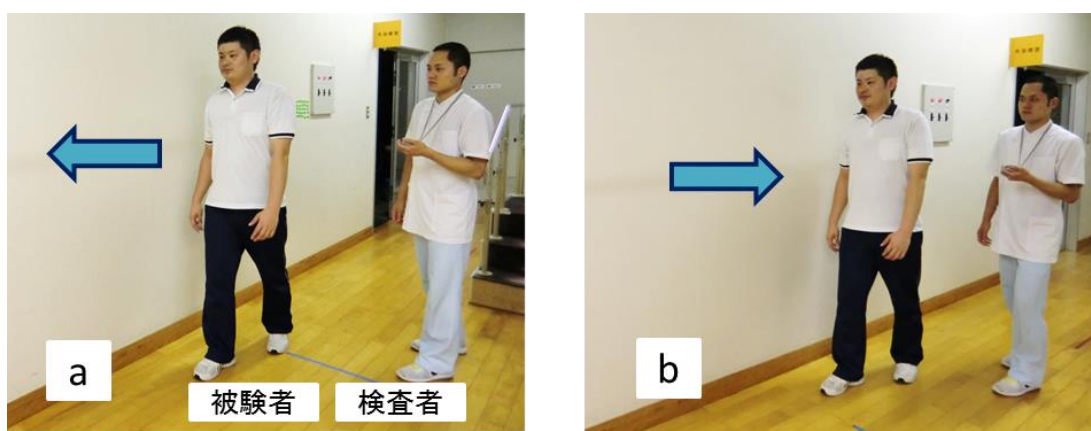


図 7. 足底触圧覚閾値の評価部位（左右の母趾, 母趾球, 小趾球, 踵の計 8 ヶ所）

- ・歩行速度 (m/秒) : 歩行路 10m を 10m 所要歩行時間で除して算出した。
- ・歩幅 (cm) : 歩行路 10m を 10m 所要歩数で除して, 100 を乗じた値とした。
- ・歩行率 (歩/秒) : 歩行路 10m の歩数を歩行時間で除して算出した。
- ・後方/前方速度比 : 後方歩行速度 (m/秒) を同一対象者の前方歩行速度 (m/秒) で除して, 100 を乗じた値とした。
- ・後方/前方歩幅比 : 後方歩幅 (cm) を同一対象者の前方歩幅 (cm) で除して, 100 を乗じた値とした。

前方歩行は進行方向の視覚情報が直接得られる歩行能力とし, 後方歩行は進行方向の視覚情報が直接得られない歩行能力の指標とした。3m の助走路と減速路を設けた計 16m で実施した。練習を一度行ない, 最速歩行で評価を行った。後方歩行は進行方向を振り向かない様に正面を真直ぐ注視させた。さらに, 足元は見ない様に指示した。測定環境は屋内であるため, 歩行路には側壁がある状態で行った。また, 計測者が視覚に入らないように斜め後方に理学療法士を位置させて転倒にも留意した。後方歩行は進行方向の視覚情報が直接得られない。しかし, 正面を注視しているため, 視覚情報の変化から身体位置が空間から移動していることを推測できると定義した。

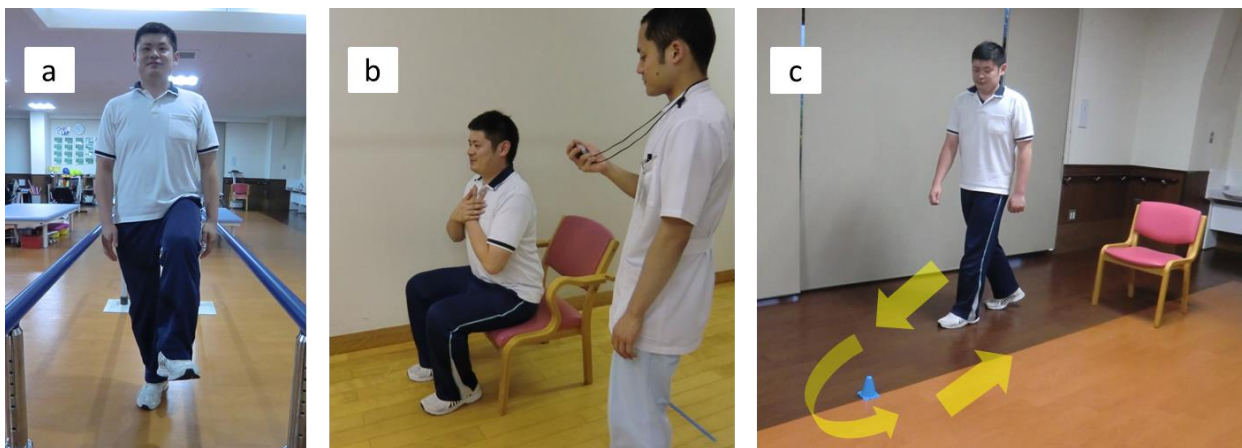


左 a : 前方歩行

右 b : 後方歩行

図 8. 前方および後方歩行における歩行評価

- OLS（秒）：静的バランスの指標として、開眼 OLS は視覚情報が得られる静的バランス、閉眼 OLS は視覚情報が得られない静的バランスの指標とした。平行棒内において、開眼および閉眼の条件で左右 2 回実施して、左右それぞれの最大値の平均値を代表値とした。片脚で OLS を行い反対足が床に接地、足を踏みかえ、平行棒に触れるまでのいずれかを終了時間を計測した。床から離す足は、股関節を屈曲させて膝を上げるように指示した。なお、Bohannon らのバランス安定性時間計測³⁴⁾を参考に上限は 30 秒間とした。
- TUG（秒）：進行方向の視覚情報が直接得られる動的バランスの指標とした。椅子座位から 3m 前方の目印を回って着座するまでの時間を計測した。島田らの方法を参考に目印を回る方向は任意とし、出来るだけ速く歩かせた³⁵⁾。
- CS-30（回）：下肢の筋力の指標とした。椅子またはプラットフォームからの 30 秒間に立ち座りが可能であった回数とした。回数は立ち上がって座るまでの動作で 1 回とし、30 秒経過した時に座る動作が完了していない場合は回数に含めなかった。



左 a : OLS 時間，中央 b : CS-30，右 c : TUG

図 9. 各身体機能項目の評価

Ⅲ-2.研究 1 : DP が足底触圧覚閾値に及ぼす影響

Ⅲ-2-1.目的

DP によって四肢遠位の両側の感覚障害が生じるとされている。そこで、研究 1 では母趾、母趾球、小趾球、踵を対象にして DP が足底触圧覚閾値に及ぼす影響を明らかにした。また、DP は対称的に感覚障害をきたすため、左右差についても検討した。

Ⅲ-2-2.方法

SWM を用いて足底触圧覚閾値を評価した。Evaluator Size は 2.83, 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, 6.65 の 6 本とした。Size 2.83 の最も細いフィラメントが正答できたものを段階 1 とし、Size 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, 6.65 の順番に段階づけを行い、Size 6.65 のフィラメントの不答を段階 7 とした 7 段階評価で行った。最も足底触圧覚が障害された状態を段階 7 と定義した。評価部位は左右の母趾・母趾球・小趾球（以下、前足部）と踵の計 8 ヶ所とした。さらに、「糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準案」²⁰⁾ を参考に DP の有無を評価して、DP 無し群と DP 有り群に群分けを行った。

統計処理について、基礎情報における群間に対応のない t 検定を用いた。足底触圧覚閾値における同群内の 4 ヶ所の比較は Friedman 検定を行い下位検定は Bonferroni 法を用いた。群間の同一部位の比較は Mann-Whitney の U 検定を用いた。また、同一対象者の左右の比較は Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。なお、有意水準は 5%とした。統計ソフトは SPSS 21.0J (IBM SPSS Japan, Inc, Tokyo, Japan) を用いた。

Ⅲ-2-3.結果

DP 無し群は 47 例（94 肢），DP 有り群は 29 例（58 肢）であった。DP 有り群は DP 無し群と比較して年齢は高齢，体重と BMI と eGFR は低値を示し，罹病期間は長かった（表 3）。DP 有り群と DP 無し群の足底触圧覚閾値の結果を人数（DP 有病率%）で示す（表 4）。Size2.83 が正答できた者，Size6.65 が不答であった者はいなかった。DP 有り群は DP 無し群と比較して，すべての部位の足底触圧覚閾値は高値を示した。DP 有り群と DP 無し群の踵は前足部と比較して，触圧覚閾値は高値を示した。（表 5，図 10）。DM 患者において足底触圧覚の左右差は認められなかった（表 6）。

表 3. DP 有り群と DP 無し群における基礎情報と身体機能

	mean±SD (min-max) *:p値<0.05 **:p値<0.01				
	DP無し群		DP有り群		p値
症例(肢)	94		58		
男性・女性(肢)	66・28		38・20		0.669
年齢(歳)**	54.4 ± 11.7	(22-72)	63.2 ± 8.9	(44-74)	<0.01
身長(cm)	162.6 ± 9.4	(137.0-181.0)	161.5 ± 9.7	(144.0-177.0)	0.628
体重(kg)*	70.7 ± 15.8	(42.5-115.8)	61.7 ± 17.0	(42.4-113.0)	<0.05
BMI(kg/m ²)*	26.7 ± 5.5	(19.3-47.4)	23.4 ± 4.7	(17.8-36.9)	<0.05
HbA1c(%)	9.3 ± 2.4	(5.5-15.1)	9.5 ± 2.3	(5.8-15.0)	0.663
eGFR(mL/min/1.73m ²)**	87.1 ± 21.0	(50.6-155.1)	70.2 ± 23.6	(11.5-113.3)	<0.01
罹病期間(月)*	67.3 ± 91.1	(0-360)	126.7 ± 135.6	(0-420)	<0.05

DP 有り群は DP 無し群と比較して年齢は高齢，体重と BMI と eGFR は低値を示し，罹病期間は長かった。

表 4. SWM を用いた足底触圧覚閾値の分布

	n(DP有病率%)						
	段階1 Size2.83	段階2 Size3.61	段階3 Size4.31	段階4 Size4.56	段階5 Size5.07	段階6 Size6.65	段階7 Size6.65不答
D M 患者	0 (0)	22 (14)	59 (39)	52 (34)	15 (10)	4 (3)	0 (0)
	0 (0)	24 (16)	70 (46)	40 (26)	14 (9)	4 (3)	0 (0)
	0 (0)	12 (8)	52 (34)	57 (38)	30 (20)	1 (1)	0 (0)
	0 (0)	1 (1)	30 (20)	52 (34)	52 (34)	17 (11)	0 (0)
D P 無し 群	0 (0)	17 (18)	46 (49)	27 (29)	4 (4)	0 (0)	0 (0)
	0 (0)	20 (21)	52 (55)	19 (20)	3 (3)	0 (0)	0 (0)
	0 (0)	10 (11)	43 (46)	32 (34)	9 (10)	0 (0)	0 (0)
	0 (0)	1 (1)	28 (30)	33 (35)	29 (31)	3 (3)	0 (0)
D P 有り 群	0 (0)	5 (9)	13 (22)	25 (43)	11 (19)	4 (7)	0 (0)
	0 (0)	4 (7)	18 (31)	21 (36)	11 (19)	4 (7)	0 (0)
	0 (0)	2 (3)	9 (16)	25 (43)	21 (36)	1 (2)	0 (0)
	0 (0)	0 (0)	2 (3)	19 (33)	23 (40)	14 (24)	0 (0)

Size2.83 が正答できる段階 1, Size6.65 が不答である段階 7 はいなかった。

表 5. DP の有無における足底触圧覚閾値の部位別比較

Mid(Min-Max) *: p 値<0.05 **: p 値<0.01					
	DP無し群		DP有り群		p 値
母趾 **	3	(2-5)	4	(2-6)	<0.01
母趾球 **	3	(2-5)	4	(2-6)	<0.01
小趾球 **	3	(2-5)	4	(2-6)	<0.01
踵 **	4	(2-6)	5	(3-6)	<0.01

DP 有り群は DP 無し群と比較して、すべての部位の足底触圧覚閾値は高値を示した。

表 6. 足底触圧覚閾値の左右差

Mid(Min-Max) *: p 値<0.05 **: p 値<0.01					
	右足		左足		p 値
母趾	3	(2-6)	3	(2-6)	0.839
母趾球	3	(2-6)	3	(2-6)	0.746
小趾球	4	(2-5)	4	(2-6)	0.849
踵	4	(2-6)	4	(3-6)	0.468

足底触圧覚閾値の左右差は認められなかった。

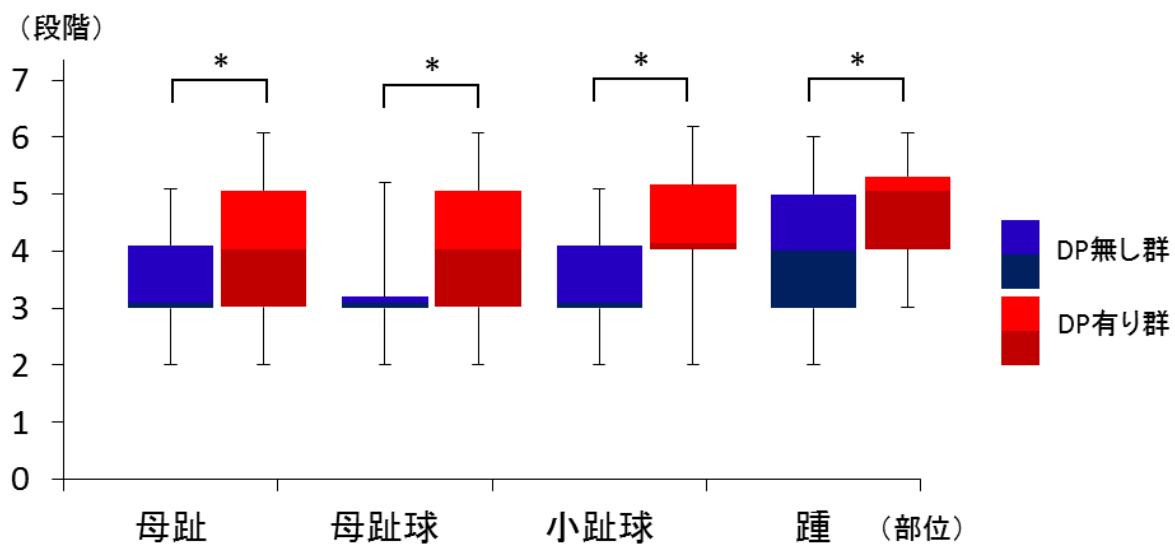


図10. DPの有無における部位別の足底触圧覚閾値の比較 (* : p 値<0.05)

Size 2.83 の最も細いフィラメントが正答できたものを段階 1 とし, Size 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, 6.65 の順番に段階づけた. Size 6.65 のフィラメントの不答を段階 7 とした 7 段階評価で行った.

III-2-4.考察

研究 1 では、DP が足底触圧覚閾値に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。その結果、DP 有り群は DP 無し群と比較して、足底のすべての部位において足底触圧覚閾値は高値を示した。前足部の足底触圧覚を 7 段階で評価すると中央値が健常成人³⁶⁾ の段階 2、DP 無し群と地域在住高齢者¹⁷⁾ が段階 3、DP 有り群が段階 4 に相当し、DP の重症化に伴い足底触圧覚が障害されていた。また、DM 患者の足底触圧覚閾値に左右差が認められなかった。DP は遠位性対称性に感覚を障害される¹⁹⁾。また、糖尿病性多発性神経障害の簡易診断基準案²⁰⁾は両足に障害を生じていることを条件にしている。そのため、本研究の DM 患者の足底触圧覚閾値には左右差が認められなかったと考えられた。

DP 有り群は DP 無し群と比較して足底触圧覚閾値が高値を示したことから、足底触圧覚が障害されていたことが考えられた。DP は四肢遠位の末梢神経から障害をきたす¹⁹⁾とされている。しかし、本研究では DP 有り群は DP 無し群と比較して踵の触圧覚閾値が高値を示した。そのため、DP による影響が四肢の遠位の前足部だけに留まらずに踵を含めて足底全体に影響を及ぼしていたことが考えられた。DP の中に自律神経障害が含まれており¹⁹⁾、上半身の多汗・足底の発汗減少する発汗異常がある³⁷⁾。DM 患者は足底が乾燥しやすく、免疫バリアが少なくなり白癬などに感染しやすくなる。DP によって皮膚状態が不良となり、足底触圧覚閾値が高値を示したと考えられた。

歩行時の機械的な刺激が集中することで、足底の角質が増殖する³⁸⁾。本研究では、皮膚のひび割れや胼胝の視診を行い、異常部位は極力避けるよう評価したが、角質の増殖までは評価できなかった。そのため、DM 患者の足底触圧覚閾値の上昇は DP と歩行時の機械的な刺激による影響だと考えられた。DP が重症化した足に機械的な刺激が加わることで、前足部の脱臼や病的骨折により Charcot foot や hammer toe などの DM 性足病変をきたす^{37,39)}。本研究より、DM 患者の踵は最も触圧覚閾値が高値を示し、DP 有り群は DP 無し群と比較してすべての部位の足底触圧覚閾値が高値を示した。そ

のため、DP は前足部に加えて踵を含めた足底全体に影響を及ぼしていた。DP によって足底触圧覚閾値が上昇することが明らかになった。

Ⅲ-2-5.研究 1 の結語

DP が足底触圧覚閾値に及ぼす影響を検討するため、6 本の SWM を用いて 7 段階で評価した。最も足底触圧覚が障害された状態を段階 7 と定義すると、前足部の中央値は健常成人が段階 2、DP 無し群と地域在住高齢者が段階 3、DP 有り群が段階 4 であった。DP の重症化に伴い足底触圧覚が障害されていた。さらに、DP による影響が前足部だけに留まらずに踵まで影響を及ぼしていた。

Ⅲ-3.研究 2 : DP と関連する身体機能項目

Ⅲ-3-1.目的

DM 患者は DP に伴い前方歩行速度をはじめ各身体機能が低下するとされている。しかし、DM 療養指導において個別介入に十分な時間を設けられないことがあるため、短時間で評価する必要がある。

研究 1 では、DP によって足底触圧覚が障害されることが明らかになった。そこで、DP による身体機能への影響を明らかにするため、歩行能力、静的と動的の立位バランス、下肢筋力の身体機能の評価した。また、身体機能項目はさまざまな臨床現場でも活用できるように、特殊な機器を使用しない評価項目とした。そして、二項ロジスティック回帰分析を用いて、DP と関連する身体機能を抽出することを目的とした。DP と関連する身体機能を抽出することにより、DP 患者に対して評価すべき身体機能項目を明らかにした。

Ⅲ-3-2.方法

身体機能項目として、歩行能力は前方および後方歩行速度、静的バランスは開眼および閉眼 OLS 時間、動的バランスは TUG、下肢筋力は CS-30 を評価した (図 6-8)。さらに「糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準案」²⁰⁾ を参考にして DP の有無を評価して、DP 無し群と DP 有り群に群分けを行った。

統計処理について、DP 無し群と DP 有り群の基礎情報 (年齢、身長、体重、BMI、HbA1c、eGFR、罹病期間) と身体機能項目 (前方および後方歩行速度、開眼および閉眼 OLS 時間、TUG、CS-30) は対応のない t 検定を行った。また、性別の比率は χ^2 検定を行った。なお、有意水準は 5% とした。各身体機能項目の相関関係については、多重共線性を考慮するため Pearson 積率相関係数を算出し | 0.800 | 以上のかかなり高い相関関係を認める身体機能項目は、次の二項ロジスティック回帰分析で用いる変数から除

外した。DPに関連する身体機能項目を抽出するため、従属変数をDPの有無、独立変数はDPの有無で群間差が認められた身体機能項目（前方および後方歩行速度、開眼および閉眼 OLS 時間、TUG、CS-30）とした二項ロジスティック回帰分析（変数減少法：尤度比）を行った。抽出された身体機能項目のROC曲線からカットオフ値、感度、特異度、AUCを算出した。なお、有意水準はすべて5%とした。統計ソフトはSPSS 21.0J（IBM SPSS Japan, Inc, Tokyo, Japan）を用いた。

III-3-3.結果

DP有り群はDP無し群と比較して年齢が高齢で、体重とBMIとeGFRは低値を示し、罹病期間は長かった。さらに、すべての身体機能が低下した（表7）。また、女性は男性と比較して年齢は高齢で、身長は低値を示した。さらに、後方歩行速度、開眼および閉眼 OLS、TUG、CS-30の身体機能が低下していた（表8）。各基礎情報と各身体機能項目との相関関係を示す（表9）。二項ロジスティック回帰分析により、DPと関連する身体機能項目は後方歩行速度が抽出された（表10）。抽出された後方歩行速度のカットオフ値と感度、特異度、AUC、ROC曲線を示す（表11、図11）。

表 7. DP 有り群と DP 無し群における基礎情報と身体機能項目

		mean±SD (min-max) *:p値<0.05 **:p値<0.01				
		DP無し群		DP有り群		p値
症例(例)		47		29		
男性・女性(例)		33・14		19・10		0.669
年齢(歳)**		54.4 ± 11.7	(22-72)	63.2 ± 8.9	(44-74)	<0.01
基礎 情報	身長(cm)	162.6 ± 9.4	(137.0-181.0)	161.5 ± 9.7	(144.0-177.0)	0.628
	体重(kg)*	70.7 ± 15.8	(42.5-115.8)	61.7 ± 17.0	(42.4-113.0)	<0.05
	BMI(kg/m ²)*	26.7 ± 5.5	(19.3-47.4)	23.4 ± 4.7	(17.8-36.9)	<0.05
	HbA1c(%)	9.3 ± 2.4	(5.5-15.1)	9.5 ± 2.3	(5.8-15.0)	0.663
	eGFR(mL/min/1.73m ²)**	87.1 ± 21.0	(50.6-155.1)	70.2 ± 23.6	(11.5-113.3)	<0.01
	罹病期間(月)*	67.3 ± 91.1	(0-360)	126.7 ± 135.6	(0-420)	<0.05
	身体 機能 項目	前方歩行速度(m/秒)**	1.75 ± 0.29	(1.06-2.63)	1.57 ± 0.26	(1.04-2.04)
後方歩行速度(m/秒)**		1.23 ± 0.31	(0.41-1.75)	0.95 ± 0.27	(0.41-1.54)	<0.01
開眼OLS(秒)**		26.3 ± 7.4	(1.2-30.0)	19.3 ± 10.7	(2.8-30.0)	<0.01
閉眼OLS(秒)**		10.6 ± 9.1	(0.0-30.0)	5.7 ± 5.6	(0.6-22.0)	<0.01
TUG(秒)**		5.9 ± 1.1	(3.8-9.3)	7.0 ± 1.8	(3.6-11.8)	<0.01
CS-30(回)**		22.2 ± 5.7	(10-35)	18.8 ± 4.5	(9-28)	<0.01

DP 有り群は DP 無し群と比較して年齢が高齢で、体重と BMI と eGFR は低値を示し、罹病期間は長かった。

さらに、すべての身体機能が低下していた。

表 8. 性別ごとの基礎情報と身体機能項目

		mean±SD (min-max) *:p値<0.05 **:p値<0.01			
		男性		女性	p値
症例(例)		52		24	
DP有病者数の割合(%)		37		42	0.669
基礎 情報	年齢(歳)**	55.6 ± 12.2 (22-74)		62.4 ± 8.1 (47.0-73.0)	<0.01
	身長(cm)**	166.6 ± 7.1 (150.0-181.0)		152.5 ± 6.1 (137.0-161.5)	<0.01
	体重(kg)	69.8 ± 15.7 (42.4-113.4)		61.8 ± 17.8 (42.5-115.8)	0.050
	BMI(kg/m ²)	25.1 ± 4.9 (17.8-38.1)		26.3 ± 6.5 (18.4-47.4)	0.353
	HbA1c(%)	9.4 ± 2.5 (5.5-15.1)		9.5 ± 2.2 (6.2-13.5)	0.886
	eGFR(mL/min/1.73m ²)	79.7 ± 21.7 (11.5-120.7)		82.6 ± 27.1 (26.6-155.1)	0.623
	罹病期間(月)	76.3 ± 100.5 (0-360)		119.6 ± 134.3 (0-420)	0.122
	身体 機能 項目	前方歩行速度(m/秒)	1.73 ± 0.29 (1.30-2.60)		1.59 ± 0.30 (1.00-2.30)
後方歩行速度(m/秒)*		1.18 ± 0.31 (0.50-1.80)		0.99 ± 0.32 (0.40-1.50)	<0.05
開眼OLS(秒)**		25.8 ± 8.2 (2.8-30.0)		18.7 ± 10.1 (1.2-30)	<0.01
閉眼OLS(秒)**		10.8 ± 9.0 (0.6-30.0)		4.3 ± 3.4 (0-15.8)	<0.01
TUG(秒)**		6.0 ± 1.5 (3.6-11.8)		7.0 ± 1.3 (5.3-10.5)	<0.01
CS-30(回)**		22.0 ± 5.6 (9-35)		18.5 ± 4.5 (10-28)	<0.01

女性は男性と比較して年齢は高齢で、身長は低値を示した。

また、後方歩行速度、開眼および閉眼 OLS、TUG、CS-30 の身体機能が低下していた。

表 9. 各身体機能項目の相関関係

**: p 値<0.01 *: p 値<0.05

	年齢	身長	体重	BMI	HbA1c	eGFR	罹病期間	前方 歩行速度	後方 歩行速度	開眼OLS	閉眼OLS	TUG	CS30
年齢	1	-.467**	-.422**	-.238*	-.098	-.381**	.440**	-.312**	-.532**	-.460**	-.437**	.393**	-.267*
身長	-.467**	1	.510**	.060	.029	.014	-.307**	.187	.294**	.255*	.239*	-.248*	.142
体重	-.422**	.510**	1	.883**	-.048	.106	-.167	-.024	.091	.096	.079	.034	-.067
BMI	-.238*	.060	.883**	1	-.068	.130	-.045	-.118	-.061	-.033	-.028	.166	-.137
HbA1c	-.098	.029	-.048	-.068	1	.276*	-.089	-.103	-.097	-.172	-.158	.034	.060
eGFR	-.381**	.014	.106	.130	.276*	1	-.140	.052	.166	.185	.098	-.134	.134
罹病期間	.440**	-.307**	-.167	-.045	-.089	-.140	1	-.313**	-.351**	-.294*	-.222	.382**	-.287*
前方 歩行速度	-.312**	.187	-.024	-.118	-.103	.052	-.313**	1	.680**	.470**	.286*	-.667**	.434**
後方 歩行速度	-.532**	.294**	.091	-.061	-.097	.166	-.351**	.680**	1	.612**	.494**	-.723**	.517**
開眼OLS	-.460**	.255*	.096	-.033	-.172	.185	-.294*	.470**	.612**	1	.514**	-.622**	.334**
閉眼OLS	-.437**	.239*	.079	-.028	-.158	.098	-.222	.286*	.494**	.514**	1	-.457**	.475**
TUG	.393**	-.248*	.034	.166	.034	-.134	.382**	-.667**	-.723**	-.622**	-.457**	1	-.563**
CS30	-.267*	.142	-.067	-.137	.060	.134	-.287*	.434**	.517**	.334**	.475**	-.563**	1

すべての身体機能項目間において、0.800以上の高い相関関係は認められなかった。

表 10. DP の有無を従属変数とした二項ロジスティック回帰分析

*: p 値<0.05 **: p 値<0.01

	身体機能項目	偏回帰 係数	p 値	オッズ比	95% 信頼区間	
					下限	上限
1回目に除外	前方歩行速度	-.424	.772	.654	.037	11.612
2回目に除外	閉眼OLS	-.019	.681	.981	.894	1.076
3回目に除外	TUG	-.131	.646	.877	.500	1.537
4回目に除外	CS30	-.061	.317	.941	.835	1.060
5回目に除外	開眼OLS	-.036	.284	.965	.903	1.030
抽出された項目	後方歩行速度**	-3.209	<0.01	.040	.006	.259

DP と関連する身体機能項目は後方歩行速度が抽出された。

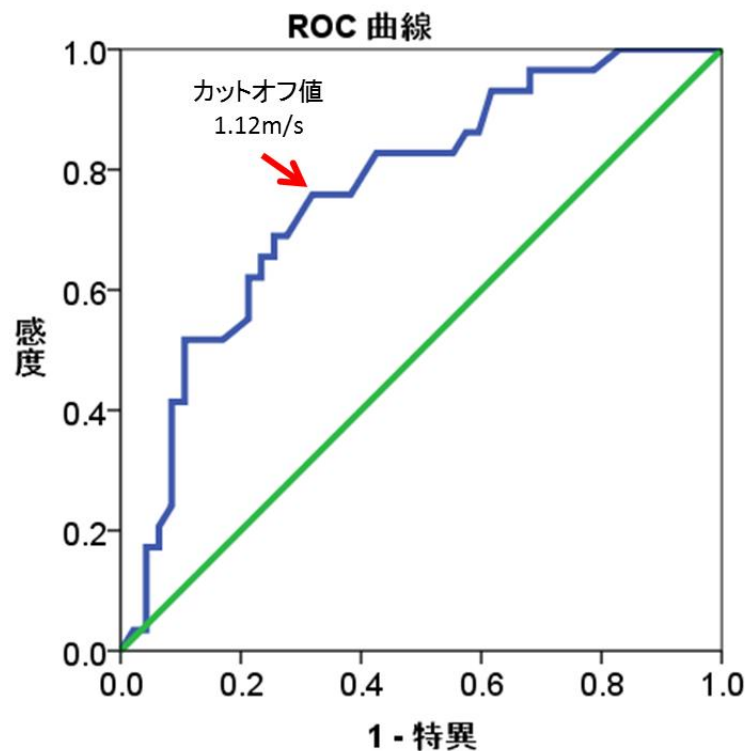


図 11. 二項ロジスティック回帰分析で抽出された後方歩行速度の ROC 曲線

表 11. 二項ロジスティック回帰分析で抽出された後方歩行速度のカットオフ値

*: p 値<0.05 **: p 値<0.01					
身体機能項目	カットオフ値	感度	特異度	AUC	p 値
後方歩行速度(m/秒)**	1.12	0.759	0.681	0.764	<0.01

後方歩行速度 1.12m/秒をカットオフ値とすると感度，特異度，AUC は 0.600 以上であった。

Ⅲ-3-4.考察

DM療養指導において、DM患者に対する運動療法は診療報酬を算定することができないため、個別に十分な介入時間がとれない場合もある。DPと関連のある身体機能項目を抽出することで、DM患者に対して評価すべき身体機能項目が明らかになった。そのため、短時間でDPに影響される身体機能項目を評価することができる。また、本研究では、臨床現場でも簡便に評価することができる評価指標を用いたため、特殊な評価機器を使わずにDPによる身体機能への影響を評価することが可能である。先行研究と同様に本研究のDP有り群は身体機能が低下していた^{7,21,23,24)}。また、二項ロジスティック回帰分析より、DPの関連因子として後方歩行速度が抽出された。

本研究のDM患者76例のうちDP有り群は29例で約3.8割であった。東北DM合併症フォーラムプロジェクト会は、東北地方における約15,000例のDM患者のDP有病率は3.6割⁴⁰⁾と報告している。DP有病率は本研究と近似した結果であった。そのため、本研究のDPの有病率は妥当であったことが考えられた。本研究の対象者は独歩が自立したDM患者のため、歩行補助具の影響はなかった。また、身体機能に影響を及ぼす疾患は除外した。除外基準を設けて他の疾患の影響が少ないことから、身体機能の低下はDPの影響によるものだと考えられた。性別による群分けの結果より、女性は男性と比較して年齢が高齢であり、前方歩行速度以外の身体機能は低下していた。移動能力の基盤である前方歩行速度はDM患者において性別の影響を受けにくいことが考えられた。本研究においてDPの有無における群分けにおいて性別の比率に差はなく、性差による影響は少ないことが考えられた。

DP有り群のBMIはDP無し群と比較して低値を示し、筋肉量そのものが低下していた可能性があった。また、DM患者は単位筋肉量あたりの筋力が低下する⁴¹⁾と報告されている。さらに、DPによる運動神経の障害に伴い、下肢の筋肉が萎縮して筋力が低下する^{42,43)}ため、前方歩行速度が低下したと考えられた。本研究では筋肉量の計測はできなかったものの、下肢筋力の指標であるCS-30が低下していることから、下肢筋

力が低下していると考えられた。前方歩行速度の低下は加齢と腎機能を示す eGFR と DP が関与する⁴⁴⁾と報告されている。本研究の DP 有り群も歩行速度が低下しており、年齢が高齢で eGFR が低値を示した。eGFR が低値であることから、DM の合併症である腎機能の障害が進行していた⁴⁵⁾。しかし、HbA1c と eGFR は身体機能項目との相関関係が認められなかった。DM 合併症は高血糖状態が長期間及ぶことにより生じる⁹⁾。そのため、HbA1c の単独の指標だけでは DM の合併症を検討することが困難であった。平均の血糖値の状態を示す HbA1c や腎機能の進行を示す eGFR だけでは、身体機能を捉える事ができないと考えられた。一方、罹病期間は前方および後方歩行速度、開眼 OLS、CS-30、TUG と相関関係を認め、罹病期間が身体機能に影響していることが考えられた。罹病期間による検討の問題点として、罹病期間が長くなれば高齢になるため、加齢による影響も考えられた。

DP の感覚障害によって足底からの感覚入力が増加するため、立位バランスに影響を及ぼすことが考えられた。本研究では、開眼および閉眼の両条件とも静的バランスである OLS 時間が短縮していた。開眼による視覚情報が直接得られる条件においても DP によって障害されることが考えられた。また、DP による影響で動的バランスである TUG の能力も低下していた。さらに、立ち座り動作が含まれる CS-30 も低下し、視覚情報が直接得られる前方歩行速度も低下していた。TUG は立ち座り・移動・方向転換の複合した動作である。DP によって CS-30 と前方歩行速度が低下するため、複合的動作である TUG は DP による影響を強く受けることが考えられた。

各身体機能項目の相関関係について考察する。後方歩行速度はすべての身体機能項目と相関係数 $|0.400|$ 以上の相関関係を認めた。後方歩行速度は進行方向の視覚情報が直接得られないため、移動能力の基盤である前方歩行速度や動的バランスである TUG の要素に加えて、視覚情報が得られない閉眼 OLS の要素を複合的に含む評価指標であることが考えられた。

二項ロジスティック回帰分析より、DP の関連因子として後方歩行速度が抽出され

た。後方歩行は歩行能力だけでなく、後方への移動能力を示す指標²⁸⁾であり前方歩行とは速度制御の方法が異なる⁴⁶⁾。後方歩行速度はすべての身体機能項目と有意な相関関係が認められ、静的および動的バランス、視覚情報の有無、下肢筋力の要素が含まれる動作であった。DPによって足底触圧感覚の障害と、運動神経障害に伴う下肢筋力低下を引き起こすため、複合した動作である後方歩行速度がDPの関連因子として抽出されたと考えられた。また、後方歩行時には振り向かないように正面を注視させていた。そのため、後方歩行は進行方向の視覚情報が直接得られないが、視覚情報の変化から身体位置が空間から移動していることを推測できる。身体位置の移動を推測しなければならない後方歩行は、高度なバランス能力が必要であると考えられた。

後方歩行速度は転倒リスクの評価³²⁾としても用いられ、転倒経験者は後方歩行速度が0.6m/秒を下回ると報告されている。本研究のDPの有無のカットオフ値は1.12m/秒であり、DP有り群は転倒経験者よりも後方歩行速度は保たれていた。後方歩行の特徴として、進行方向の視覚情報が直接得られないため、足底触圧覚からフィードバックが重要になる。しかし、研究1の結果より、DPは足底触圧覚を障害することは明らかである。DPによる影響は日常生活に支障をきたしていないが、足底触圧覚障害や下肢筋力の低下による影響が複合して、DPは後方歩行速度に影響を及ぼしていたと考えられた。そのため、DPとの関連因子として後方歩行速度が抽出されたと考えられた。

III-3-5.研究2の結語

DPによりすべての身体機能が低下していた。DPの関連因子として後方歩行速度が抽出された。後方歩行速度のカットオフ値は1.12m/秒であった。後方歩行速度は進行方向の視覚情報が直接得られない歩行能力であるため、床面と接地する足底からのフィードバックが重要である。しかし、研究1の結果より、DPによって四肢遠位が左右対称的¹⁹⁾に足底触圧覚が障害されていた。そのため、DPによる足底触圧覚の障害が後方歩行速度に影響していたことが考えられた。

Ⅲ-4.研究 3 : DP の重症化が後方/前方歩行速度比に及ぼす影響

Ⅲ-4-1.目的

研究 1 と 2 より, DP によって足底触圧覚が障害され, 身体機能が低下することが明らかになった。また, DP と関連する身体機能項目は後方歩行速度が抽出された。DP の重症化による足底触圧覚閾値の上昇が後方歩行速度に影響していると考えられた。そこで, 研究 3 では DP の重症化として足底触圧覚閾値ごとに群分けを行い, DP の重症化が後方歩行速度への影響を検討した。また, 研究 2 より DP により前方歩行速度も低下しており, DP による前方歩行速度の低下を考慮する必要があった。そこで, 新たな評価指標として後方/前方歩行速度比を算出した。DP の重症化が後方/前方歩行速度比に及ぼす影響を明らかにした。

Ⅲ-4-2.方法

6 本の SWM を用いて足底触圧覚閾値を評価した。SWM の Size は 2.83, 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, 6.65 とした。評価部位は左右の母趾, 母趾球, 小趾球, 踵の計 8 ヶ所とした。評価部位をすべて正答できた最も細かい SWM の Size に対象者を群分けした。また, 「糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準案」²⁰⁾ を参考にして DP の有無を評価した。

歩行の評価は前方歩行と後方歩行の 2 条件で 10m 歩行を計測した。3m の助走路と減速路を設けた計 16m で実施した。練習を一度行ない, 最速歩行で計測を行った。後方歩行は進行方向を振り向かない様に正面を真直ぐ注視させた。視覚に入らないように斜め後方に理学療法士を位置させて転倒に留意した。10m 歩行の計測から歩行速度, 歩幅, 歩行率を算出した。さらに歩行速度と歩幅から後方/前方歩行速度比と後方/前方歩幅比を算出した。

統計処理について、基礎情報と血液データと罹病期間と後方/前方歩行速度比と後方/前方歩幅比は一元配置分散分析後に下位検定として Bonferroni 法を行った。また、性別と DP 有病率は χ^2 検定を行った。歩行速度と歩幅と歩行率は、前方および後方歩行の歩行条件を被験者内要因とし、SWM による Size の群分けを被験者間要因とした二元配置分散分析を行ない、下位検定として Bonferroni 法を行った。また、歩行速度と歩行率の相関関係は Pearson の積率相関係数を用いた。有意水準はすべて 5%とし、統計ソフトは SPSS 21.0J (IBM SPSS Japan, Inc, Tokyo, Japan) を用いた。

III-4-3.結果

SWM における群分けの基礎情報を示す (表 12)。Size6.65 群の DP 有病率は Size4.31 群と比較して多かった。Size4.31 群の年齢は Size5.07・4.56・4.31 群と比較して若年であった。その他の基礎情報には群間差を認めなかった。

SWM における群分けによる前方歩行および後方歩行の結果を示す (表 13, 図 12)。歩行速度と歩幅と歩行率には交互作用は認められなかった。歩行速度と歩幅の被験者内要因および被験者間要因に主効果を認め、歩行率は被験者間要因に主効果を認めた。

歩行速度と歩行率の相関係数は前方歩行が $r=0.561$ 、後方歩行が $r=0.641$ でともに有意な相関関係が認められた (図 13)。

後方/前方歩行速度比において、Size6.65 群は Size4.56・4.31 群と比較して低値、Size5.07 群は Size4.31 群と比較して低値を示した。また、後方/前方歩幅比は群間差が認められなかった (表 14, 図 14)。

表 12. SWM による群分けにおける基礎情報

	mean±SD (min-max) *: p値<0.05 **: p値<0.01				
	Size4.31群	Size4.56群	Size5.07群	Size6.65群	p値
症例(例)	12	25	27	12	
男性・女性(例)	10・2	14・11	19・8	9・3	0.347
年齢(歳)**	45.9 ± 13.9 (22-70) ‡, †, §	58.4 ± 9.9 (43-73)	61.6 ± 8.7 (44-74)	59.7 ± 10.9 (44-74)	<0.01
身長(cm)	164.7 ± 9.1 (151.0-181.0)	161.2 ± 9.4 (145.2-177.0)	161.2 ± 9.8 (137.0-176.8)	163.8 ± 9.6 (146.0-177.0)	0.625
体重(kg)	68.7 ± 13.5 (52.1-89.6)	66.1 ± 15.4 (43.0-103.3)	65.2 ± 13.9 (42.5-113.4)	73.2 ± 26.4 (42.4-115.8)	0.550
BMI(kg/m ²)	25.3 ± 4.5 (19.9-33.1)	25.2 ± 4.6 (18.4-36.2)	25.0 ± 4.7 (19.4-38.1)	27.0 ± 9.0 (17.8-47.4)	0.754
HbA1c(%)	9.5 ± 2.9 (5.5-12.8)	9.1 ± 2.0 (6.1-13.5)	9.2 ± 2.3 (5.7-15.1)	10.3 ± 2.7 (6.0-15.0)	0.507
eGFR(mL/min/1.73m ²)	88.4 ± 15.9 (68.3-120.7)	84.8 ± 26.0 (26.6-155.1)	78.4 ± 20.0 (36.3-126.4)	69.0 ± 28.3 (11.5-113.3)	0.149
罹病期間(月)	39.0 ± 47.5 (0-120)	75.9 ± 106.1 (0-420)	124.3 ± 128.7 (0-360)	93.0 ± 122.9 (0-360)	0.150
DP有病者数の割合(%)**	0 ‡	32	59	83	<0.01

一元配置分散分析の下位検定として Bonferroni 法を行った (* : p 値<0.05, ** : p 値<0.01) .

SWM における Size2.83 と Size3.61 群の該当者はいなかった. Size6.65 群の DP 有病率は Size4.31 群と比較して多かった.

Size4.31 群の年齢は Size5.07・4.56・4.31 群と比較して若年であった. その他の基礎情報には群間差を認めなかった.

‡ : Size6.65 群と比較, † : Size5.07 群と比較, § : Size4.56 群と比較して, Bonferroni 法において有意差を認めた (p 値<0.05) .

表 13. SWM による群分けにおける各歩行評価の結果

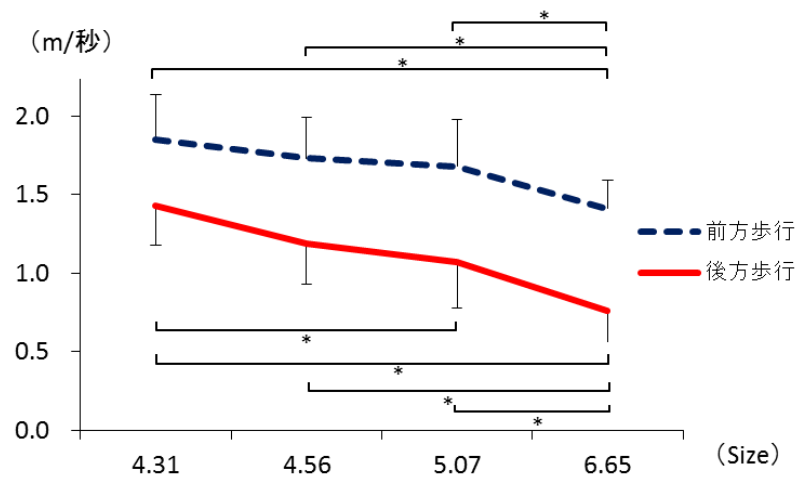
	mean ± SD (min-max)				*	**	p 値
	Size4.31群	Size4.56群	Size5.07群	Size6.65群			
前方歩行速度(m/秒)**	1.85 ± 0.29 (1.61-2.63)‡	1.73 ± 0.26 (1.10-2.33)‡	1.68 ± 0.30 (1.06-2.33)‡	1.41 ± 0.18 (1.04-1.69)			0.433
後方歩行速度(m/秒)**	1.43 ± 0.25 (0.87-1.75)‡,†	1.19 ± 0.26 (0.41-1.67)‡	1.07 ± 0.29 (0.43-1.61)‡	0.76 ± 0.20 (0.41-1.09)			
前方歩幅(cm)**	75.3 ± 8.1 (62.5-90.9)‡	69.8 ± 7.0 (52.6-83.3)	69.3 ± 10.8 (52.6-90.9)	62.6 ± 8.2 (50.0-71.4)			0.800
後方歩幅(cm)**	57.2 ± 8.5 (38.5-66.7)‡,†	48.7 ± 9.2 (25.1-62.5)	46.5 ± 11.3 (22.6-66.7)	40.1 ± 13.8 (20.0-71.4)			
前方歩行率(歩/秒)	2.46 ± 0.37 (2.03-3.42)	2.50 ± 0.42 (2.06-3.95)	2.43 ± 0.26 (2.00-2.92)	2.26 ± 0.20 (1.94-2.63)			0.358
後方歩行率(歩/秒)**	2.52 ± 0.29 (1.97-2.96)‡	2.48 ± 0.53 (1.64-3.68)‡	2.31 ± 0.35 (1.73-3.44)	1.97 ± 0.29 (1.47-2.42)			

p 値は二元配置分散分析の結果を示す。下位検定として Bonferroni 法を用いた (* : p 値<0.05, ** : p 値<0.01)。

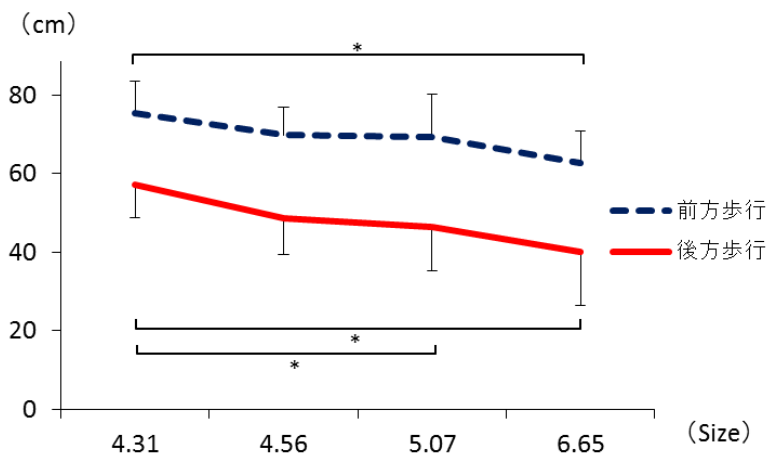
歩行速度と歩幅と歩行率には交互作用は認められなかった。

歩行速度と歩幅の被験者内要因および被験者間要因に主効果を認めた。また、歩行率は被験者間要因のみに主効果を認めた。

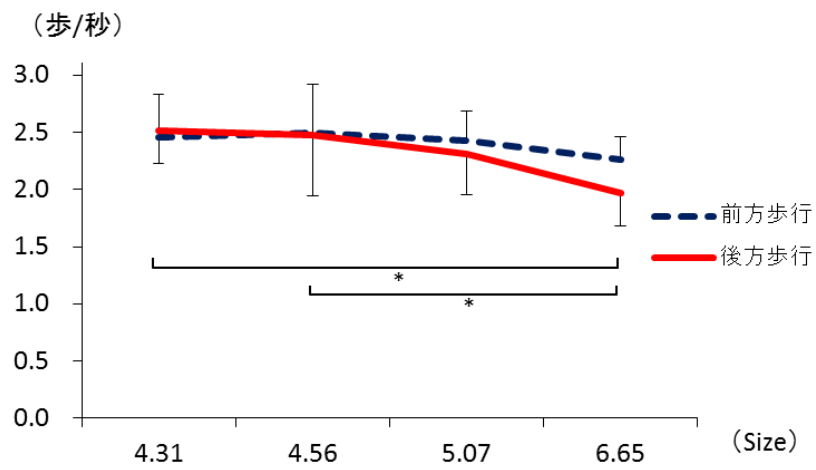
‡ : Size6.65 群と比較, † : Size5.07 群と比較して有意差を認めた (p 値<0.05)。



左 a : 歩行速度



右 b : 歩幅



中 c : 歩行率

図 12. 各歩行評価項目における前方および後方歩行の比較 (* : p 値<0.05)

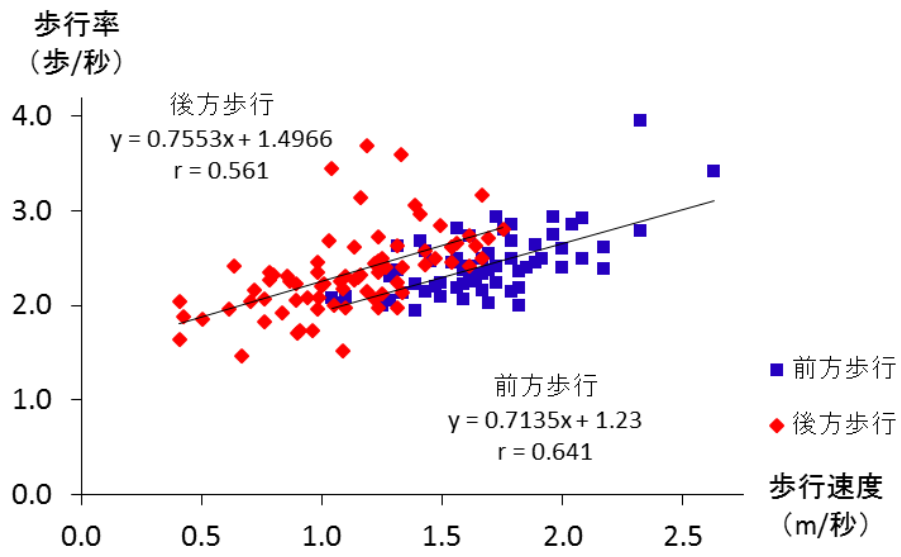


図 13. 歩行速度と歩行率の相関関係

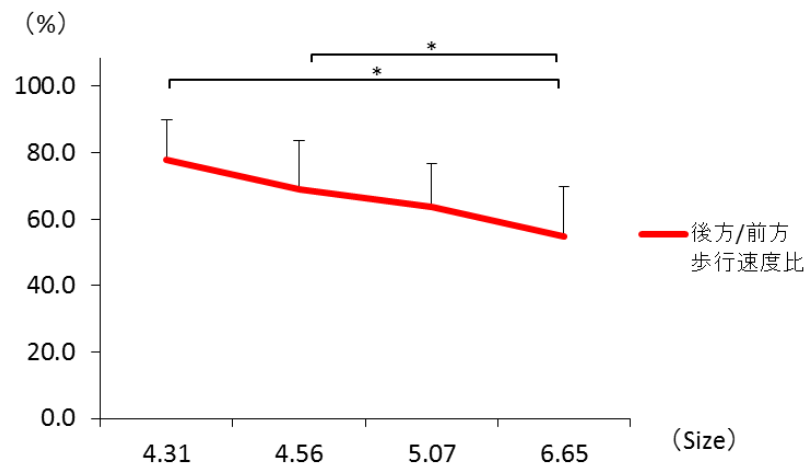
表 14. SWM による群分けにおける後方/前方歩行速度比と後方/前方歩幅比の結果

	mean ± SD (min-max) * : p値<0.05 ** : p値<0.01				
	Size4.31群	Size4.56群	Size5.07群	Size6.65群	p値
後方/前方歩速度比(%)**	78.0 ± 11.9 (49.6-90.6) ‡.†	69.0 ± 14.7 (37.4-105.0) ‡	63.9 ± 12.9 (40.1-90.8)	54.6 ± 15.2 (31.0-85.7)	<0.01
後方/前方歩幅比(%)	75.9 ± 8.1 (61.5-88.2)	69.5 ± 10.6 (47.7-83.3)	66.8 ± 11.1 (42.9-86.7)	63.5 ± 18.6 (40-100.0)	0.072

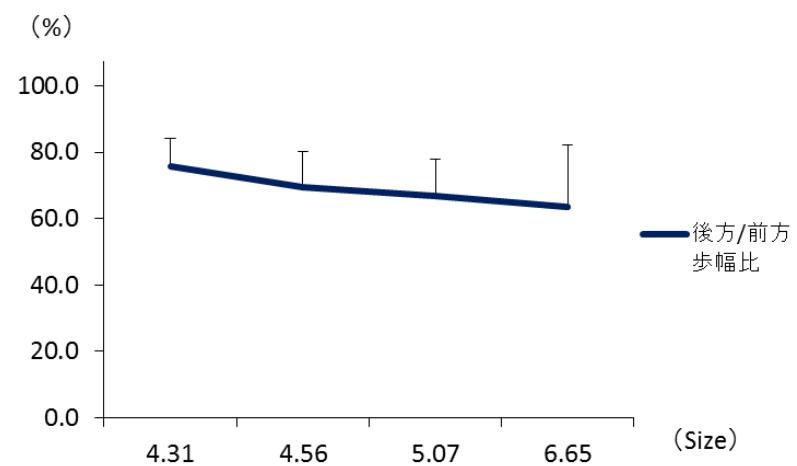
一元配置分散分析の下位検定として Bonferroni 法を行った (* : p 値<0.05, ** : p 値<0.01) .

後方/前方歩行速度比において, Size6.65 群は Size4.56・4.31 群と比較して低値, Size5.07 群は Size4.31 群と比較して低値を示した. 後方/前方歩幅比は群間差が認められなかった.

‡ : Size6.65 群, † : Size5.07 群と比較して有意差を認めた (p 値<0.05) .



左 a : 後方/前方歩行速度比



右 b : 後方/前方歩幅比

図 14. DP の重症化に伴う後方/前方歩行速度比と後方/前方歩幅比の変化 (* : p 値<0.05)

III-4-4.後方歩行速度の低下に対する考察

研究 1 では DP が足底触圧覚に及ぼす影響を検討した。本研究の対象者は、DP による足底触圧覚の障害が前足部のみ留まらず、後足部の踵まで障害されていたことが明らかになった。研究 2 では DP の関連する身体機能項目は後方歩行速度が抽出された。後方歩行の特徴は進行方向の視覚情報が直接得られないことである。そのため、足底からの感覚入力が必要であると考えられた。そこで、DM 患者における足底全体の触圧覚閾値の上昇を DP の重症化と定義して、研究 3 では後方歩行速度へ及ぼす影響を明らかにした。また、前方歩行速度の低下を考慮した後方/前方歩行速度比による検討を行った。

研究 3 において、SWM による足底全体の触圧覚閾値の上昇を DP の重症化として群分けした結果、対象者は Size4.31・4.56・5.07・6.65 群の 4 段階に分けられた。足底触圧覚の障害が軽度である Size4.31 群の平均年齢は 45 歳と若年であり、DP 有病率は 0% であるため DP による影響が少ないことが考えられる。そのため、身体機能が比較的に保たれていたと考えられる。一方、Size4.56・5.07・6.65 群の平均年齢は 58-61 歳であり、Size6.65 群の足底触圧覚閾値は高値であり、DP 有病率は 77%であった。足底触圧覚閾値の上昇に伴い、DP 有病率は増加したことから、足底触圧覚閾値の上昇は DP が重症化した状態であると考えられた。

DP によって前方歩行速度と前方歩幅が低下することは報告^{23,24)}されている。同様に本研究でも、DP によって前方歩行速度と前方歩幅が低下することが明らかになった。また、後方歩行においても DP の重症化に伴い歩行速度と歩幅が低下した。DM 患者は地域在住者よりも後方歩行速度と後方歩幅が低下しているため⁴⁷⁾、DM 患者の後方歩行能力はすでに低い状態である。健常成人では後方歩幅を調整することで後方歩行速度をコントロールしている³¹⁾。歩行速度は歩幅に歩行率を乗じて求める事ができるため、歩行速度の決定要因として歩幅と歩行率が重要な項目である⁴⁶⁾。よって、DP が重症化した Size6.65 群は後方への安定性を維持するために後方歩幅の低下に加えて、

後方歩行率を低下させることで後方歩行速度を制御したと考えられた。前方歩行と後方歩行の速度に影響する要因の相違点は、歩行率であることが考えられた。DPによって足底触圧覚が障害されるため足底内の重心移動がスムーズにできず、時間当たりの歩数を示す歩行率が低下したことが考えられた。また、DPの重症化に伴い前方歩行速度も低下するが、前方歩幅のみを低下させるため前方歩行速度の低下は少なかったと考えられた。そこで、DPの重症化に伴う前方歩行速度の低下を考慮するため、前方歩行速度を基準とした後方/前方歩行速度による検討を行った。

III-4-5.後方/前方歩行速度比の低下に対する考察

研究2より、DPとの関連因子として後方歩行速度が抽出されたが、DPの重症化に伴い前方歩行速度も低下していた。また、後方歩行速度は前方歩行速度と有意な相関関係 ($r=0.680$) が認められた。そのため、前方歩行速度の低下に伴い後方歩行速度が低下していた可能性が考えられた。そこで、前方歩行速度の低下による影響を考慮するため、同一被験者において前方歩行速度を基準とした後方歩行速度の比率による検討を行った。比率を用いた下記の評価指標を参考にして、視覚による影響についても検討した。比率を用いた静的立位の評価指標には、視覚依存度を示すロンベルク率や時間ロンベルク率がある。ロンベルク率（閉眼/開眼立位）は重心動揺計から得られたパラメータから算出することができる。同様に、静的立位の難易度を高くさせた OLS による時間ロンベルク率（閉眼/開眼 OLS 時間）⁴⁸⁾ がある。時間ロンベルク率は、高価な重心動揺計を用いらずに簡便かつ短時間で視覚依存の比率を定量化することができる。また、動的立位バランスである Functional Reach Test の評価においては、開眼よりも閉眼での条件の方が Berg balance scale を用いたバランス指標と高い相関関係がある⁴⁹⁾ ため、視覚情報が得られない方がよりバランス指標に影響することが報告されている。本研究の後方/前方歩行速度比は前方歩行速度低下の考慮に加えて、歩行に着目した視覚情報の影響についても検討した指標であることが考えられた。

後方/前方歩行速度比を用いて DP の重症化による影響を検討した。SWM を用いた足底触圧覚閾値による群分けの結果、Size4.31・4.56 群の後方/前方歩行速度比の平均が 69-78% に対して、Size6.65 群の後方/前方歩行速度比の平均が 54% であった。DP が重症化した Size6.65 群は後方/前方速度比が低値を示すことが明らかとなった。つまり、進行方向の視覚情報が直接得られない後方歩行は、前方歩行よりも著明に歩行速度が低下することが示唆された。DP の重症化に伴い足底触圧覚が障害されるため視覚による歩行戦略が強くなることが考えられた。

DP の重症化に伴い後方/前方歩幅比は低下しなかった。その要因として後方歩幅だけでなく前方歩幅も低下するためと考えられた。さらに、DP の重症化により前方歩行率は低下させないで、後方歩行率を低下させていた。そのため、DP の重症化に伴う歩行率の変化の差が歩行速度に影響していたことが考えられた。また、後方/前方速度比は同一対象者の歩行速度の比率であるため、対象者それぞれの歩行速度に合わせて検討することが可能である。

III-4-6. 研究 3 の結語

SWM を用いた足底触圧覚より DP の重症化と前方および後方歩行との関係を検討した。DP の重症化として SWM を用いた足底触圧覚閾値により Size4.31 群、Size4.56 群、Size5.07 群、Size6.65 群の 4 段階に群分けを行った。DP の重症化に伴い前方および後方歩行における各歩行評価項目に低下を認めた。前方歩行速度の低下を考慮するため、新たな評価指標の後方/前方歩行速度比において Size4.31・4.56 群の平均が 69-78% に対して、Size6.65 群の平均が 54% であった。DP の重症化により後方歩行速度が低下したことにより後方/前方歩行速度比が低値を示した。後方歩行速度を低下させるために、後方歩幅と後方歩行率を低下させることが示唆された。

DP の重症化に伴い視覚による歩行戦略が強くなるため、後方歩行速度が低下するため後方/前方歩行速度比の低下することが明らかとなった。さらに、後方/前方歩行速度

比は同一対象者の歩行速度の比率であるため、対象者それぞれの前方歩行速度を考慮して検討することが可能である。そのため、DM 療養指導における新たな評価指標である。

Ⅲ-5.研究 1～3 の考察

研究 1 では DP が足底触圧覚閾値に及ぼす影響について検討した。その結果、本研究の DP 有り群は DP 無し群と比較して前足部の触圧覚閾値の上昇に加えて、踵部の閾値が上昇していた。DP は四肢の遠位から障害するが、本研究の対象者は足底全体まで触圧覚が障害されていた。研究 2 より、DP 有り群は DP 無し群と比較してすべての身体機能が低下していた。また、DP との関連因子として後方歩行速度が抽出された。後方歩行速度は唯一すべての身体機能項目と相関関係を認めた。DP によって下肢筋力の低下や動的バランスが障害され、複合した身体機能の要素が含まれる指標であることが考えられた。後方歩行の特徴として、進行方向の視覚情報が得られない歩行であるため、歩行の安定性を担うとされている足底触圧覚の役割が重要になることが考えられた。しかし、研究 1 より DP によって足底触圧覚は障害される。触圧覚の障害によって不整地での歩行が不規則になるため、安定性を保つために前方歩行速度が低下する⁵⁰⁾と報告されている。足底触圧覚は歩行をリズムカルに規則正しくするために重要な役割を担っている。また、足底触圧覚の障害は平衡機能を保つために、視覚によるバランス戦略が強くなる⁵¹⁾。また、DP による影響は足底触圧覚閾値の上昇だけでなく、他の器官にも及ぼしていることも考えられた。高血糖症状が長期間続くと前庭機能が低下する⁵²⁾と報告がある。前庭機能の障害により平衡機能が低下していたことも考えられた。また、後方歩行は大腿直筋の筋活動が高く立脚初期の荷重応答期における体幹の安定化の役割³⁰⁾があるが、下肢筋力は DP によって低下する²¹⁾とされている。研究 2 でも述べたように DP 有り群は下肢筋力の指標でもある CS-30 の回数が低下しており、後方歩行速度と CS-30 は有意な相関関係を示した。下肢筋力の低下が後方歩行

速度に影響したと考えられた。

研究 3 より，前方歩行は進行方向の視覚情報により歩行の安定性が高まり，前方歩行速度を維持させていたことが考えられた。一方，後方歩行は進行方向の視覚情報が直接得られないため，足底からのフィードバックが重要になる。しかし，DP による前足部の触圧覚の障害が足底接地のタイミングの判断を困難にさせたと考えられた。また，DP によって踵部の触圧覚が障害されるため，後方への重心移動がスムーズにできなくなったと考えられた。さらに，DM 患者の足圧は前方に集中⁵³⁾しやすいため，DP の重症化に伴い後方への重心移動の課題が困難になると考えられた。そのため，後方歩行の安定性を高めるために，後方歩行速度が低下したと考えられた。

DP による前方歩行速度の低下の影響を考慮するため，同一被験者において前方歩行速度を基準とした後方/前方歩行速度比による検討を行った。DP の重症化に伴い後方/前方歩行速度比は低値を示した。つまり，DP の重症化に伴い前方歩行速度よりも後方歩行速度が低下しやすいことが考えられた。DP の重症化に伴い前方歩行速度も低下していたが，前方歩幅を低下させるに留まり，前方歩行率は低下しなかった。一方，後方歩行は後方歩幅に加えて，後方歩行率を低下させることで後方歩行速度を低下させていた。DP の重症化に伴い足底触圧覚が障害されるため，進行方向の視覚情報が直接得られない後方歩行の課題が困難になることが示唆された。後方/前方歩行速度比は同一対象者の歩行速度の比率であるため，対象者それぞれの前方歩行速度を考慮して検討することが可能である。そのため，DM 療養指導における新たな評価指標である。

IV.本研究の有効性と限界点

我が国において、5人に1人がDM予備軍といわれる時代にありながらも、運動療法による診療報酬を算定することができない。そのため、DM患者に対して個別で十分な評価が行えないのが現状である。本研究で着目した後方歩行速度は短時間で簡便に評価することができる。後方歩行は進行歩行の視覚情報が直接得られないため、足底触圧覚の感覚入力が必要である。しかし、今まで足底触圧覚の障害を呈するDM患者の評価に用いられなかった。DPの関連因子は後方歩行速度であり、カットオフ値が1.12m/秒であった。DPの重症化に伴い視覚による歩行戦略が強くなり、後方歩行速度が低下するため後方/前方歩行速度比に影響することが示唆された。これまで前方歩行速度では、天井効果のためDPによる影響を捉えにくい、後方歩行を併用すること簡便に短時間でDPを有しているDM患者を抽出することが可能となる。DM療養指導において、新たな評価指標として後方歩行速度および後方/前方歩行速度比を用いることができる。

本研究の限界点は、簡便に短時間で評価できることが本研究の目的としたため、DPの評価はDPの簡易診断基準案を採用しており、神経伝導速度の評価は行っていない。今後は神経伝導速度を採用した評価も必要であると考えられた。その他の評価として、DEXA法、生体電気インピーダンス法などによる体組成や筋肉量の評価も行っていない。眼科に未受診のDM患者が多く網膜症の影響については言及することはできない。また、DPとの関連因子として、転倒との関連がある後方歩行速度³²⁾が抽出された。しかし、転倒歴については聴取していなかった。DPによる後方歩行速度への影響加えて、転倒についても検討すべきであった。

本研究は、DM患者のDPが身体機能に及ぼす影響を明らかにすることに留まっているが、結果を踏まえて運動指導を提案することが重要である。DM患者における特有の障害を、後方歩行速度により評価することが可能であった。今後、後方歩行の介入効果についても検討していきたい。

V.本研究の結語

- ・研究 1 では，DP 有り群は DP 無し群と比較して母趾，母趾球，小趾球，踵の足底触圧覚の閾値が高値を示すことが明らかになった．そのため，DP は足底触圧覚に障害を及ぼすことが明らかになった．
- ・研究 2 では DM 患者において DP と関連する身体機能項目を検討した．DP により身体機能の低下を認めた．DP との関連因子として後方歩行速度が抽出され，カットオフ値は 1.12m/秒であった．後方歩行は進行方向の視覚情報が直接得られないため足底触圧覚が重要になることが考えられた．しかし，DP によって足底触圧覚は障害されるため，DP によって後方歩行速度が低下したことが考えられた．
- ・研究 3 では DP の重症化に伴い後方/前方歩行速度比は低値を示した．DP の重症化に伴い視覚による歩行戦略が強くなったと考えられた．後方への安定性を得るために後方歩行速度を低下させていた．後方歩行速度を低下させるために，後方歩幅と後方歩行率を低下させることが示唆された．
- ・後方/前方歩行速度比は同一対象者の歩行速度の比率であるため，前方歩行速度の低下を考慮して検討することが可能である．そのため，DM 療養指導において短時間でも可能な新たな評価指標である．

VI.謝辞

本研究は、DM 患者様を対象とした臨床研究であります。教育入院は2泊3日と短期間の場合もあり、検査や教育プログラムの多忙な入院期間の患者様にも協力をして頂きました。本研究にご参加頂いた患者様には心より深く御礼申し上げます。誠にありがとうございました。

研究指導を頂いた、久保晃先生と石坂正大先生には大変お世話になりました。研究のみならず、臨床指導においても、熱心にご指導を頂きました。また、内分泌内科の主治医、看護部、職場の上司のご協力もあり、臨床においてDM患者様の評価をさせて頂きました。また、本論文の作成にあたり国際医療福祉大学大学院の諸先生方に多くのご指導を頂きました。この場を借りて、本研究の謝辞とさせて頂きたいと思いません。誠にありがとうございました。

Ⅶ.引用文献

- 1) 厚生労働省.平成 24 年国民健康・栄養調査.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000032074.html> 2016.9.1
- 2) 厚生労働省.平成 20 年（2008）患者調査の概要.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/08/index.html> 2016.9.1
- 3) 厚生労働省.平成 25 年簡易生命表の概況.
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life13/dl/life13-14.pdf> 2016.9.1
- 4) 日本糖尿病療養指導士認定機構編.糖尿病療養指導ガイドブック 2015.東京:メデイカルレビュー社,2015:336-39
- 5) 厚生労働省.平成 19 年国民健康・栄養調査結果の概要.
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/12/h1225-5a.html> 2016.9.1
- 6) 松岡健平,掘田饒,八木橋操六.糖尿病患者実態調査-東北 3 万例アンケート,糖尿病性神経障害-ポリオール代謝と最近の進歩-.東京:現代医療社,2001:293-300
- 7) 荒木厚,千葉優子.糖尿病患者における転倒 糖尿病合併症、身体能力低下、血糖コントロールとの関連.医学のあゆみ 2011,239:457-461
- 8) Sato Y, Kondo K, Watanabe H, et al. Present situation of exercise therapy for patients with diabetes mellitus in Japan: a nationwide survey. Diabetology International 2012;3:86-91
- 9) 日本糖尿病学会編.科学的根拠に基づく糖尿病診療ガイドライン 2013.東京:南江堂,2013:21-30
- 10) DeFronzo RA. Lilly lecture 1987. The triumvirate: beta-cell, muscle, liver. A collusion responsible for NIDDM. Diabetes 1988;37:667-687
- 11) 糖尿病診断基準に関する調査検討委員会.糖尿病の分類と診断基準に関する委員会報告.糖尿病 2010,53:450-467
- 12) Galuppo M, Giacoppo S, Bramanti P, et al. Use of Natural Compounds in the Management

- of Diabetic Peripheral Neuropathy. *Molecules* 2014;19:2877-2895
- 13) Feng YI, Schlösser FJ, Sumpio BE: The Semmes Weinstein monofilament examination as a screening tool for diabetic peripheral neuropathy. *J Vasc Surg* 2009;50:675-682
 - 14) Kamei N, Yamane K, Nakanishi S, et al. Effectiveness of Semmes-Weinstein monofilament examination for diabetic peripheral neuropathy screening. *J Diabetes Complications* 2005;19:47-53
 - 15) Nather A, Bee CS, Huak CY, et al. Epidemiology of diabetic foot problems and predictive factors for limb loss. *J Diabetes Complications* 2008;22:77-82
 - 16) Boulton AJ, Armstrong DG, Albert SF, et al. Comprehensive foot examination and risk assessment. A report of the Task Force of the Foot Care Interest Group of the American Diabetes Association, with endorsement by the American Association of Clinical Endocrinologists. *Phys Ther* 2008;88:1436-1443
 - 17) 木村和樹,久保晃,石坂正大ら.女性糖尿病患者は足底触圧覚の閾値が高くなる-地域在住高齢者との比較-.*体力科学* 2016,65:163-167
 - 18) Meirte J, Moortgat P, Truijen S, et al. Interrater and intrarater reliability of the Semmes Weinstein aesthesiometer to assess touch pressure threshold in burn scars. *Burns* 2015;41:1261-1267
 - 19) Tesfaye S, Boulton AJ, Dyck PJ, et al. Diabetic neuropathies: update on definitions, diagnostic criteria, estimation of severity, and treatments. *Diabetes Care* 2010;33:2285-2293
 - 20) 糖尿病性神経障害を考える会.糖尿病性多発神経障害の簡易診断基準の改定について.*末梢神経* 2003,14:225-227
 - 21) 野村卓生,池田幸雄,末廣正ら.2型糖尿病患者における片脚立位バランスと膝伸展筋力の関係.*糖尿病* 2006,49:227-231
 - 22) McPoil, T G, Yamada W, Smith W, et al. The distribution of plantar pressures in American

- Indians with diabetes mellitus. *J Am Podiatr Med Assoc* 2001;91:280-287
- 23) 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
- 24) Roman de Mettelinge T, Delbaere K, Calders P, et al.: The impact of peripheral neuropathy and cognitive decrements on gait in older adults with type 2 diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil* 2013;94:1074-1079
- 25) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al.: Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Re-report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010;39:412-423
- 26) Chen LK, Liu LK, Woo J, et al. Sarcopenia in Asia: Consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2014;15:95-101
- 27) 石黒友康.糖尿病は運動器の障害である.理学療法学 2013,40:297-301
- 28) 美和香葉子,大杉紘徳,重森健太ら.高齢者の後方歩行の特徴およびバランス能力との関連性.理学療法科学 2007,22:205-208
- 29) Thorstensson A. How is the normal locomotor program modified to produce backward walking?. *Exp Brain Res* 1986;61:664-668
- 30) 本間秀文,鈴木博人,鈴木誠ら.後方歩行の筋活動に関する研究.理学療法科学 2013,28:323-328
- 31) 大杉紘徳,美和香葉子,重森健太.健常成人の後方歩行の特徴.理学療法科学 2007,22:199-203
- 32) Fritz NE, Worstell AM, Kloos AD, et al. Backward walking measures are sensitive to age-related changes in mobility and balance. *Gait Posture* 2013;37:593-597
- 33) 野村卓生.糖尿病治療における理学療法 戦略と実践.東京:文光堂,2015:127-134
- 34) Bohannon RW, Larkin PA, Cook AC, et al. Decrease in timed balance test scores with

- aging. Phys Ther 1984;64:1067-1070
- 35) 島田裕之,古名丈人,大淵修一ら.高齢者を対象とした地域保健活動における Timed Up & Go Test の有用性.理学療法学 2006,33:105-111
 - 36) 木村和樹,久保晃,石坂正大ら.足底触圧覚の部位別比較と加齢による変化.理学療法科学 2015,30:615-618
 - 37) 築由一郎,市岡滋.糖尿病のフットケア. MEDICAL REHABILITATION 2011,133:39-49
 - 38) 新城孝道.足の変形・足病変に対する免荷・保護.プラクティス 2004,21:415-418
 - 39) 河野茂夫.糖尿病足壊疽の最新治療.臨床整形外科 2014,49:23-30
 - 40) 佐藤譲,馬場正之,八木橋操六ら.糖尿病神経障害の発生頻度と臨床診断におけるアキレス腱反射の意義 - 東北地方 15,000 人の実態調査 - .糖尿病 2007,50:799-806
 - 41) Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, et al. Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. Diabetes Care 2007;30:1507-1512
 - 42) Andersen H, Gjerstad MD, Jakobsen J. Atrophy of foot muscles: a measure of diabetic neuropathy. Diabetes Care 2004;27:2382-2385
 - 43) Andersen H, Poulsen PL, Mogensen CE, et al. Isokinetic muscle strength in long-term IDDM patients in relation to diabetic complications. Diabetes 1996; 45:440-445
 - 44) 平木幸治,堀田千春,若宮亜希子ら.糖尿病および糖尿病神経障害の合併が保存期慢性腎病男性患者の運動機能に与える影響.理学療法学 2016,43:56-63
 - 45) 日本腎臓学会.CKD 診療ガイド 2012.東京:東京医学社,2012:1-11
 - 46) 藤澤宏幸,吉田忠義,小野部純ら.若年健常者における後ろ歩きの速度制御に関する研究.理学療法学 2010,37:17-21
 - 47) 木村和樹,久保晃,石坂正大.糖尿病多発神経障害が前方および後方歩行に及ぼす影響.理学療法学 2017,44:印刷中
 - 48) 佐藤健一,小林量作,計良圭一ら.健常若年者における利き足の左右差が片足立ちに

- 与える影響.理学療法ジャーナル 2011,45:897-901
- 49) 大田尾浩,村田伸,八谷瑞紀ら.Functional reach test は閉眼の方がバランス能力をより反映するー脳卒中患者における検討ー.ヘルスプロモーション理学療法研究 2013,3:5-9
- 50) Menz HB, Lord SR, St George R, et al. Walking stability and sensorimotor function in older people with diabetic peripheral neuropathy. Arch Phys Med Rehabil 2004;85:245-252
- 51) 細田昌孝,松田雅弘,磯崎弘司ら.足底感覚と平衡機能.理学療法 2005,23:1246-1253
- 52) Agrawal Y, Carey JP, Della Santina CC, et al. Diabetes, vestibular dysfunction, and falls: analyses from the National Health and Nutrition Examination Survey. Otol Neurotol 2010,3:1445-1450
- 53) 河辺信秀. 糖尿病患者のフットケアにおける理学療法(士)の関わり.理学療法 2005,22:398-410

VIII.本研究に関する研究実績および報告

原著論文

1. 健常成人における歩行時間から分析した左右差の検討.理学療法科
2015,30:359-362
2. 足底触圧覚の部位別比較と加齢による変化.理学療法科学 2015,30:615-618
3. 女性糖尿病患者は足底触圧覚の閾値が高くなる.体力科学 2016,65:163-167
4. 糖尿病患者における足底触圧覚と 2 ステップ値の関係.国際医療福祉大学学会誌
2016,21:48-53
5. 糖尿病多発神経障害に影響される身体機能・構造項目.糖尿病 2016,59:791-797
6. 糖尿病多発神経障害が前方および後方歩行に及ぼす影響.理学療法学 受理

特集・解説

7. 日常生活活動における 5 つの提案.糖尿病ケア 2016,13:50-55

学会発表

8. Influence of diabetes-associated impaired plantar sensation on walking ability. WCPT
Congress 2015 (2015.5. Singapore)
9. Ability of Forward and Backward Walking among Community Dwelling Older Adults.
Korea , China and Japan Joint Congress of Physical Therapy Science (2015.2.tochigi)
10. 糖尿病多発神経障害に関与する要因とは.第 51 回日本理学療法学会大会 (2016.5.北
海道)
11. 糖尿病多発神経障害の有無と 2 ステップテストの関係—加齢による影響を踏まえ
て—.第 34 回関東甲信越ブロック理学療法士会 (2015.10.山梨)
12. 糖尿病多発神経障害の簡易診断基準からみた前方および後方歩行時間の影響.第 78
回理学療法科学学会学会大会 (2015.9.福岡)

13. 糖尿病多発神経障害に影響される身体機能の項目.第5回国際医療福祉大学学会学術大会 (2015.8.栃木)
14. 糖尿病患者における足底触圧覚と2ステップテストの関係.第76回理学療法科学学会学術大会 (2015.6.大阪)
15. 糖尿病患者における足底表在感覚閾値が10m前方・後方歩行能力に及ぼす影響.第50回日本理学療法学会学術大会 (2015.6.東京)
16. 糖尿病患者における足底感覚と上下肢の筋力との関係.第74回理学療法科学学会学術大会 (2015.1.神奈川)
17. 糖尿病患者における加齢的变化がeGFRに与える影響.第74回理学療法科学学会学術大会 (2015.1.神奈川)
18. 糖尿病教育入院患者における足底感覚の部位別比較.第1回日本呼吸.心血管.糖尿病理学療法学会 (2014.12.東京)
19. 糖尿病患者における足底表在感覚閾値が片脚立位保持時間に及ぼす影響.第73回理学療法科学学会学術大会 (2014.10.栃木)
20. 糖尿病患者における足底感覚が10m後方歩行能力に及ぼす影響.第72回理学療法科学学会学術大会 (2014.9.福岡)
21. 糖尿病患者における調理実習導入とその意義～後期高齢者主婦の一症例～.第4回国際医療福祉大学学術大会 (2014.8.栃木)
22. 糖尿病患者と地域高齢者における前後歩行能力の関係.第71回理学療法科学学会学術大会 (2014.6.大阪)
23. 糖尿病教育入院患者と非糖尿病成人各年代における足底感覚の相違.第70回理学療法科学学会学術大会 (2014.6.山梨)