

■ 原著

## 2 型糖尿病患者の振動覚低下と重心動揺の関係

The relationship between vibration perception disorder and body sway  
on type 2 diabetic patients

岩城大介<sup>1)</sup> 河江敏広<sup>1)</sup> 福原幸樹<sup>1)</sup> 中島勇樹<sup>1)</sup> 筆保健一<sup>1)</sup> 伊藤義広<sup>1)</sup> 米田真康<sup>2)</sup>  
木村浩彰<sup>3)</sup>

Daisuke Iwaki<sup>1)</sup> Toshihiro Kawae<sup>1)</sup> Koki Fukuhara<sup>1)</sup> Yuki Nakashima<sup>1)</sup> Kenichi Fudeyasu<sup>1)</sup>  
Yoshihiro Ito<sup>1)</sup> Masayasu Yoneda<sup>2)</sup> Hiroaki Kimura<sup>3)</sup>

1) 広島大学病院 診療支援部リハビリテーション部門

〒734-0037 広島市南区霞 1-2-3

TEL : 082-257-5566, FAX 番号 : 082-257-5594, e-mail : dai-iwaki@hiroshima-u.ac.jp

2) 広島大学病院 内分泌・糖尿病内科

3) 広島大学病院 リハビリテーション科

1) Division of Rehabilitation, Department of Clinical Support, Hiroshima University Hospital,  
1-2-3 Minami-ku Kasumi Hiroshima-shi Hiroshima, Japan TEL : +81-82-257-5566

2) Department of Endocrinology and Diabetic Medicine, Hiroshima University Hospital, Japan

3) Department of Rehabilitation, Hiroshima University Hospital, Japan

保健医療学雑誌 8 (1): 1-5, 2017. 受付日 2016 年 11 月 1 日 受理日 2016 年 12 月 11 日

JAHS 8 (1): 1-5, 2017. Submitted Nov. 1, 2016. Accepted Dec. 11, 2016.

**ABSTRACT:** The purpose of this study is to investigate the relationship between vibration perception and body sway by a gravicorder in patients with type 2 diabetes. 27 type 2 diabetic patients were measured static body sway parameters. The results of this study, significant negative correlations were observed between vibration perception and velocity of foot pressure with close eyes situation, however no correlations were observed with open eyes situation. This study suggests possibility that vibration perception relate velocity of foot pressure with close eyes situation.

**Key words:** type 2 diabetic patients vibration perception velocity of foot pressure

**要旨:** 本研究の目的は、下肢の振動覚低下と重心動揺の関連について、2 型糖尿病患者を対象に検討することである。入院中の 2 型糖尿病患者 27 名(男/女: 16/11 名, 年齢: 68.8 ± 7.4 歳)を対象とし、重心動揺計を用いて各種パラメータを検討した。結果、下肢振動覚と開眼時足圧中心速度には有意な相関を認めなかったが( $P = 0.339$ ,  $r = -0.191$ )、下肢振動覚と閉眼時足圧中心速度に有意な相関を認めた( $P = 0.024$ ,  $r = -0.434$ )。結論として、2 型糖尿病患者において下肢振動覚は閉眼時足圧中心速度との関連を認めることが示唆された。

**キーワード:** 2 型糖尿病, 振動覚, 足圧中心速度

## はじめに

超高齢社会となった我が国では、高齢糖尿病患者が増加している。2012年の国民健康・栄養調査では糖尿病が強く疑われる者や、糖尿病の可能性を否定できない者(予備群)が合わせて2,050万人と推計され<sup>1)</sup>、70歳以上の高齢者では男性で23.2%、女性で16.7%の割合で糖尿病が強く疑われている。また、非糖尿病の高齢者と比べて高齢糖尿病患者では1.5~3倍転倒リスクが高率であることが報告されており<sup>2,3)</sup>、高齢糖尿病患者が転倒することによる骨折リスクは健康高齢者より高く、その後のQOL(Quality of life)に与える影響は大きいといえる。

高齢糖尿病患者が転倒する原因として、加齢による筋力低下などに加えて、糖尿病合併症である末梢神経障害による足底感覚の低下やバランス機能の低下が影響を与えていると考えられている<sup>4,5)</sup>。

バランス機能を客観的に表す指標として片脚立位時間や評価表によるバランススコア、Functional reach test、重心動揺計による評価等が用いられる。この中でも重心動揺計による評価は特殊なデバイスを必要とする反面、その信頼性は高いと考えられる。施設入所中の高齢者を対象として重心動揺計を用いた先行研究では前後左右方向への動揺距離や動揺速度が転倒と関連するとされている<sup>6)</sup>。

糖尿病患者における合併症の一つとして糖尿病神経障害があり、糖尿病患者のうち60%に合併しているとも言われている<sup>7)</sup>。本邦では糖尿病性神経障害を考える会の提案する簡易診断基準を用いることが一般的であり、「自覚症状・アキレス腱反射の低下・振動覚低下」のうち2つ以上を有していることで診断される。診断基準の一つである振動覚は固有感覚の一つであり、高齢者の身体バランスには前庭系や視覚系よりも固有感覚が重要であるとの報告もある<sup>8)</sup>。また、高齢者を対象とした研究では振動覚の低下は転倒リスクを予測できるとされており<sup>9)</sup>、高齢糖尿病患者の転倒経験者では振動覚閾値が高いことが知られている<sup>4)</sup>。このため、高齢糖尿病患者でもこの振動覚を用いた転倒リスクの把握が有用であると考えられる。

しかし、いずれも転倒リスクに関連するとされ

ている振動覚の低下とバランス機能の低下の関連性については明らかにされていない。本研究の目的は2型糖尿病患者における振動覚と静止立位時の重心動揺との関連を明らかにすることである。

## 対象と方法

当院に入院した運動療法可能な2型糖尿病患者27名(男/女:16/11名、年齢:68.8 ± 7.4歳、BMI:24.5 ± 3.6 kg/m<sup>2</sup>、HbA1c:9.37 ± 1.50%)を対象とした。除外基準は、重篤な心疾患、増殖性網膜症、下肢の整形外科疾患、中枢神経疾患を有している者とした。

振動覚の測定は十分な安静臥床の後C128音叉を用いて脛骨内果の振動感知時間を左右2回ずつ測定し、左右の平均値を算出した。重心動揺の測定は床反力計1基(AMTI社、USA)を用い、1000Hzにて測定した。対象者は床反力計上に裸足で立位となり、左右上肢を体側へ沿わせ、踵とつま先を揃えた膝伸展位で立ち、3m前方の壁を直視し、開眼・閉眼時の静止立位30秒間のデータを算出した。

対象者を糖尿病神経障害の簡易診断基準を用いて、「自覚症状・アキレス腱反射の低下・振動覚低下」のうち2つ以上を有している群を「神経障害あり群」、1つ以下の群を「神経障害なし群」とした。自覚症状は対象に痛み・しびれ・感覚鈍麻の有無を聴取し、アキレス腱反射は対象をベッド端に膝立ちにし足関節より遠位を宙に浮かせた状態でバビンスキ型打診器にてアキレス腱を打診した。統計学的解析として2群間の比較には対応のないt検定、カイ二乗検定、相関関係の把握にはPearsonの積率相関係数を用い、有意水準は5%とした。

本研究は広島大学病院疫学研究倫理審査委員会の承認を得て行った(承認番号;第疫-534号)。また対象者に研究内容を説明ののち、同意を得てから測定を行った。

## 結果

神経障害あり群は10名、神経障害なし群は17名であった。神経障害あり群では糖尿病罹病期間が有意に長く(P=0.03)、振動感知時間が10秒未

満の割合が多かった( $P = 0.04$ ) (Table 1.).

神経障害の有無では重心動揺パラメータに有意な差は認めなかった(Table 2.).

振動覚と足圧中心速度について、振動覚と開眼時足圧中心速度に有意な相関は認めなかったが( $P = 0.339$ ,  $r = -0.191$ ), 振動覚と閉眼時足圧中心

速度では有意な負の相関を認めた ( $P = 0.024$ ,  $r = -0.434$ ) (Table 3.). 矩形面積, 左右方向動揺距離, 前後方向動揺距離では開眼・閉眼条件ともに振動感知時間と有意な相関を認めなかった(Table 3.).

Table.1 Characteristics of subjects

	Total (n = 27)	DPN + (n = 10)	DPN - (n = 17)	P value
Male, n (%)	16 (59%)	5 (50%)	11 (65%)	0.65
Age(years)	68.8 ± 7.4	69.1 ± 7.2	68.6 ± 7.7	0.43
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	24.5 ± 3.6	25.0 ± 4.7	24.3 ± 3.0	0.32
SBP(mmHg)	125.7 ± 19.7	123.5 ± 20.0	127.0 ± 20.1	0.33
DBP(mmHg)	72.9 ± 13.2	69.3 ± 13.0	75.0 ± 13.3	0.15
HR(bpm)	75.3 ± 13.1	76.8 ± 14.4	74.4 ± 12.6	0.33
FPG(mg/dL)	192.3 ± 118.5	186.5 ± 71.7	196.0 ± 142.4	0.42
HbA1c(%)	9.0 ± 1.5	9.2 ± 1.0	8.8 ± 1.4	0.24
Diabetes duration(years)	15.5 ± 12.6	21.3 ± 13.7	11.8 ± 10.7	<b>0.03*</b>
Positive rate of vibration perception, n (%)	11(41%)	7(70%)	4(24%)	<b>0.04*</b>

\* :  $P < 0.05$ (DPN+ vs DPN-)

Mean ± SD or n(%)

DPN(diabetes polyneuropathy)

BMI(body mass index)

SBP(systolic blood pressure)

DBP(diastolic blood pressure)

HR(heart rate)

FPG(fasting plasma glucose)

HbA1c(glycated haemoglobin)

Table.2 Difference of gravicorder parameters

	Total (n = 27)	DPN + (n = 10)	DPN - (n = 17)	P value
Open-Velocity(cm/s)	3.1 ± 0.9	3.2 ± 1.3	3.0 ± 0.7	0.34
Close-Velocity(cm/s)	4.1 ± 1.6	4.5 ± 2.2	3.8 ± 1.1	0.14
Open-Sway area(cm <sup>2</sup> )	8.1 ± 5.3	9.0 ± 7.6	7.5 ± 3.7	0.25
Close-Sway area(cm <sup>2</sup> )	11.9 ± 9.5	13.5 ± 13.7	11.0 ± 6.6	0.26
Open-ML sway(cm)	3.3 ± 1.2	3.4 ± 1.7	3.3 ± 0.9	0.38
Close-ML sway(cm)	4.1 ± 1.4	4.0 ± 2.0	4.1 ± 1.0	0.43
Open-AP sway(cm)	3.7 ± 1.5	3.7 ± 1.7	3.6 ± 1.5	0.45
Close-AP sway(cm)	4.5 ± 1.8	4.4 ± 2.2	4.5 ± 1.7	0.43

Mean ± SD

ML: medial and lateral

AP: anterior and posterior

Table.3 Correlation between vibration perception and gravicorder parameters

	Open-Velocity(cm/s)	Close-Velocity(cm/s)	Open-Sway area(cm <sup>2</sup> )	Close-Sway area(cm <sup>2</sup> )	Open-ML sway(cm)	Close-ML sway(cm)	Open-AP sway(cm)	Close-AP sway(cm)	
Vibration perception	$r$	-0.191	<b>-0.434</b>	-0.065	-0.202	0.021	-0.149	0.026	-0.127
	$p$	0.339	<b>0.024</b>	0.747	0.313	0.916	0.457	0.896	0.529

ML : medial and lateral

AP : anterior and posterior

SD : standard deviation

## 考察

2型糖尿病患者を対象とし振動覚と重心動揺の関連について調査した結果、振動感知時間と開眼時足圧中心速度に有意な相関は認めなかったが、振動感知時間と閉眼時足圧中心速度では有意な負の相関を認めた。

糖尿病患者では末梢神経障害、筋力低下、足部の変形や潰瘍、前庭系機能の低下、認知機能の低下、低血糖等の多くの問題により転倒リスクが増加している<sup>10,11)</sup>。さらに末梢神経障害は固有感覚を低下させ、下肢の表在感覚を低下させることによってバランス機能を障害することが知られている<sup>12,13)</sup>。また、神経障害の重症度とバランス機能の低下は相関すると言われている。Timarら<sup>14)</sup>とGhanavatiら<sup>15)</sup>は神経障害の重症度とバランススケールのスコアが相関すると報告しており、Palmaら<sup>16)</sup>とBoucherら<sup>17)</sup>は神経障害の重症度と静止立位時の足圧中心速度、前後左右方向振幅は相関することを報告している。さらに、健常高齢者、末梢神経障害を有する高齢者、糖尿病患者、末梢神経障害を有する糖尿病患者の4群間で重心動揺検査を行った研究では、糖尿病の有無では足圧中心速度と矩形面積と前後左右方向振幅に差が認められなかったが、末梢神経障害の有無では差があったとの報告がある<sup>18)</sup>。これらのことから、高齢糖尿病患者の重心動揺を評価するに当たって末梢神経障害の有無が大きく影響してくることが推察される。一方で、本研究では末梢神経障害の有無と重心動揺パラメータの間に有意な関係性を認められなかった。これにはいくつかの理由が考えられる。まず一つに先行研究と本研究では神経障害の診断基準が異なっており、本研究の対象では実際には神経障害のない対象まで神経障害あり群として包含してしまった可能性がある。また、本研究の対象は教育入院中の患者であり血糖コントロールが不良で罹病期間の長い症例が多いため、神経障害の有無に関わらず身体機能が低下していた可能性も考えられる。

本研究では下肢の振動覚は閉眼時でのみ足圧中心速度と有意な関連を認めた。静止立位時のバランスは視覚、前庭感覚、体性感覚により身体位置の把握・調整を行っていると考えられている。そのため、閉眼状態となることは視覚情報を遮断し前庭感覚、体性感覚による姿勢制御が中心とな

ることを意味する。先行研究によると立位保持時の姿勢制御に最も重要な感覚は体性感覚であり、硬い床面の上では姿勢制御に必要な情報の60～75%を占めていると考えられている<sup>8,19,20)</sup>。従って本研究の結果は、振動覚の障害された糖尿病患者では、視覚情報が遮断された環境においてより大きなバランス機能低下をきたすことを示唆していると考えられる。以上のことにより、2型糖尿病患者において、振動覚は閉眼時足圧中心速度と関連する要素の一つである可能性が示唆された。

本研究の限界として2つ挙げられる。Yasudaら<sup>21)</sup>は神経伝導速度の成績をもとに簡易診断基準の有用性を評価しており、この報告によると簡易診断基準の感度は69%、特異度は74%であり、日常診療での糖尿病神経障害を診断する方法としては最適であると考えられている。しかし、診断の正確性を保つためには神経伝導速度の検査は必須であり、本研究の簡易診断基準による評価では誤分類が生じている可能性は否定できない。二つ目は本研究では対象が入院中の糖尿病患者27名のため、HbA1c値が著明に高値であり、限定された集団であるという点である。また、神経障害が進行すると振動覚だけではなく、触圧覚、アキレス腱反射も低下してくるため、閉眼時足圧中心速度の延長には振動覚以外の要素も関連している可能性はあるが、今回は症例数が少なくそこまで検討することができなかった。そのため、今後さらに症例数を増やして検討していきたい。

## 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/bunya/kenkou/eiyou/h24-houkoku.html> (閲覧日 2016年10月26日)
- 2) 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* 60: 1157-62, 2005.
- 3) Volpato S, Leveille SG, Blaum C, et al.:  
Risk Factors for Falls in Older Disabled Women With Diabetes: The Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol*

- Sci Med Sci 60: 1539-45, 2005.
- 4) Macgilchrist C, Paul L, Ellis BM, et al.: Lower-limb risk factors for falls in people with diabetes mellitus. *Diabet Med* 27: 162-8, 2010.
  - 5) 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* 85: 245-52, 2004.
  - 6) Boulgarides LK, McGinty SM, Willett JA, et al.: Use of clinical and impairment-based tests to predict falls by community-dwelling older adults. *Phys Ther* 83: 328-39, 2003.
  - 7) Dyck PJ, Kratz KM, Karnes JL, et al.: The prevalence by staged severity of various types of diabetic neuropathy, retinopathy, and nephropathy in a population-based cohort: the Rochester Diabetic Neuropathy Study. *Neurology* 43: 817-24, 1993.
  - 8) Lord SR, Ward JA: Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community dwelling women. *Age Ageing* 23: 452-60, 1994.
  - 9) 吉川義之, 松本大輔, 松田一浩・他: 糖尿病性神経障害における振動覚検査のカットオフ値と検査精度. *糖尿病* 55: S-179, 2012.
  - 10) Crews RT, Yalla SV, Fleischer AE, et al.: A growing troubling triad: diabetes, aging, and falls. *J Aging Res* 2013: 342650, 2013.
  - 11) Mayne D, Stout NR, Aspray TJ: Diabetes, falls and fractures. *Age Ageing* 39: 522-5, 2010.
  - 12) Lafond D, Corriveau H, Prince F: Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care* 27: 173-8, 2004.
  - 13) Akbari M, Jafari H, Moshashaee A, et al.: Do diabetic neuropathy patients benefit from balance training? *J Rehabil Res Dev* 49: 333, 2012.
  - 14) Timar B, Timar R, Gaita L, et al.: The Impact of Diabetic Neuropathy on Balance and on the Risk of Falls in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Cross-Sectional Study. *PLoS One* 11: e0154654, 2016.
  - 15) Ghanavati T, Shaterzadeh Yazdi MJ, Goharpey S, et al.: Functional balance in elderly with diabetic neuropathy. *Diabetes Res Clin Pract* 96: 24-8, 2012.
  - 16) Palma FH, Antigual DU, Martinez SF, et al.: Static balance in patients presenting diabetes mellitus type 2 with and without diabetic polyneuropathy. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 57: 722-6, 2013.
  - 17) Boucher P, Teasdale N, Courtemanche R, et al.: Postural stability in diabetic polyneuropathy. *Diabetes Care* 18: 638-45, 1995.
  - 18) de Mettelinge TR, Calders P, Palmans T, et al.: Vibration perception threshold in relation to postural control and fall risk assessment in elderly. *Disabil Rehabil* 35: 1712-7, 2013.
  - 19) Peterka RJ, Benolken MS: Role of somatosensory and vestibular cues in attenuating visually induced human postural sway. *Exp Brain Res* 105: 101-10, 1995.
  - 20) Simoneau GG, Ulbrecht JS, Derr JA, et al.: Role of somatosensory input in the control of human posture. *Gait Posture* 3: 115-22, 1995.
  - 21) Yasuda H, Sanada M, Kitada K, et al.: Rationale and usefulness of newly devised abbreviated diagnostic criteria and staging for diabetic polyneuropathy. *Diabetes Res Clin Pract* 77 Suppl 1: S178-83, 2007.