

原著

一般住民における糖代謝と運動機能の関係について：臨床的非糖尿病患者における検討

森 隆志^{1,2)} 相馬 優樹^{1,6)} 沢田 かほり¹⁾
駒 目 瞳¹⁾ 徳田 糸代³⁾ 三澤 美菜⁴⁾
永田 和史⁵⁾ 熊谷 美香⁵⁾ 中路 重之¹⁾

抄録 糖尿病患者の運動機能低下について国内外で数多く報告されているが、臨床的非糖尿病患者における糖代謝と運動機能の関係については報告されていない。そこで本研究では、一般住民を対象に糖尿病領域の者を除き、運動機能と糖代謝関連項目との関連を、男女別に3つの年齢区分（若年群:20-49歳、中年群:50-64歳、高年群:65歳以上）で検討した。高年群では、男性にバランス能、女性にバランス能、歩行能力、ロコモ度と糖代謝との関連がみられた。中年群では、男性にバランス能、女性にバランス能、歩行能力と糖代謝との関連がみられた。若年群では、男性にのみバランス能と糖代謝との関連がみられた。一方、筋力、柔軟性と糖代謝の関連はいずれの年齢群においても有意な関係がみられなかった。以上より、臨床的糖尿病でなくとも、生活習慣の見直しや血糖値コントロールなど適切な介入を行うことで運動機能低下を抑え、転倒予防につながることを示唆された。

弘前医学 69:124-135, 2019

キーワード：糖代謝；運動機能；非糖尿病患者；転倒。

ORIGINAL ARTICLE

RELATIONSHIP BETWEEN GLUCOSE METABOLISM AND MOTOR FUNCTIONING IN GENERAL POPULATION: A STUDY IN NON-DIABETIC ADULTS.

Takashi Mori^{1,2)}, Yuki Soma^{1,6)}, Kaori Sawada¹⁾,
Hitomi Komame¹⁾, Itoyo Tokuda³⁾, Mina Misawa⁴⁾,
Kazufumi Nagata⁵⁾, Mika Kumagai⁵⁾, Shigeyuki Nakaji¹⁾

Abstract Many studies conducted in Japan and abroad have reported decreased motor function in diabetes patients, but the relationship between glucose metabolism and motor function in patients without clinical diabetes has not been reported. We investigated the association between motor function and glucose metabolism-related items in the general population, excluding diabetes patients. We divided the subjects by sex into three age groups (young-age group: 20-49 years, middle-age group: 50-64 years, old-age group: ≥ 65 years). In the old-age group, glucose metabolism was related with balance ability in males; a relationship between balance ability, walking ability, and degree of locomotive syndrome was observed in females. In the middle-age group, glucose metabolism was related with balance ability in males; balance ability was related with walking ability in females. In the young-age group, a relationship between glucose metabolism and balance ability was observed only in males. Conversely, a significant association between muscular strength, flexibility, and glucose metabolism was not observed in any of the age groups. Our results suggest that even for individuals without clinical diabetes, implementing appropriate interventions, such as reexamining lifestyle habits and controlling blood glucose levels, can minimize motor function decline, resulting in fall prevention.

Hirosaki Med. J. 69:124-135, 2019

Key words: Glucose metabolism; Motor function; Non-diabetic patients; Fall.

¹⁾ 弘前大学大学院医学研究科社会医学講座
²⁾ 雪印メグミルク株式会社
³⁾ 弘前大学大学院医学研究科オーラルヘルスケア学講座
⁴⁾ 弘前大学大学院医学研究科ウォーターヘルスサイエンス講座
⁵⁾ 弘前大学大学院医学研究科アクティブライフプロモーション学講座
⁶⁾ 岩手県立大学盛岡短期大学部
別刷請求先：中路重之
平成30年11月21日受付
平成30年12月12日受理

¹⁾ Department of Social Medicine, Hirosaki University Graduate School of Medicine, Hirosaki, Japan
²⁾ MEGMILK SNOWBRAND Co.,Ltd
³⁾ Department of Oral Health Care, Hirosaki University Graduate School of Medicine, Hirosaki, Japan
⁴⁾ Department of Water Health Science, Hirosaki University Graduate School of Medicine, Hirosaki, Japan
⁵⁾ Department of Active Life Promotion, Hirosaki University Graduate School of Medicine, Hirosaki, Japan
⁶⁾ Iwate Prefectural University, Morioka Junior College
Correspondence: S. Nakaji
Received for publication, November 21, 2018
Accepted for publication, December 12, 2018

諸 言

現代日本の超高齢社会において、高齢者の転倒は要介護となる主要な要因となっている¹⁾。高齢者の転倒は、外傷や骨折を引き起こすばかりでなく、転倒経験から転倒の恐怖感が生じ、日常の行動や生活活動範囲が狭小化し、高齢者を虚弱に至らせる可能性も指摘されている^{2,3)}。このように高齢者の転倒は、生命やその後の日常生活(ADL)、生活の質(QOL)に重大な影響をおよぼす因子となっており、保険・医療・福祉サービスの面からも大きな社会問題である。

転倒の危険因子は、身体的要因を主とする内的要因と生活環境要因を主とする外的要因とに大別できる。多く存在する内的要因の一つとして循環器系疾患(虚血性心疾患、脳血管疾患等)や神経系疾患(末梢性神経障害等)が指摘されている⁴⁾。

一方、生活習慣病である糖尿病では、運動機能の低下、易転倒性がみられることは良く知られている。米国の Third National Health and Nutrition Examination Survey では、高齢者を対象として調査し、糖尿病患者は運動機能が低く、転倒経験も高いと報告している⁵⁾。同じく米国の Study of Osteoporotic Fractures では、高齢女性を7.2年間追跡し、糖尿病治療を受けていないものと比較して非インシュリン治療者は転倒リスクが1.68倍、インスリンによる治療者は2.78倍と報告した⁶⁾。同じく米国の Women's Health and Aging Study では、65歳以上の住民を3年間追跡し、糖尿病女性は、糖尿病でない人と比較して、少なくとも一回の転倒は1.38倍、2回以上の転倒は1.69倍と報告している⁷⁾(表1)。

転倒の重要な因子と考えられる糖尿病性神経障害は、慢性合併症の中でも糖尿病患者に認められるもっとも多い合併症である。日本臨床内科医会が2000年に実施した糖尿病患者12,821例を対象とした調査では、36.7%が神経障害ありと診断されており、糖尿病患者で高頻度に見られる合併症である⁸⁾。糖尿病性神経障害においては、筋力低下⁹⁾、歩行能力低下¹⁰⁾、バランス障害¹¹⁾などを呈し、転倒リスクが高まることも報告されている¹²⁾(表1)。

糖尿病性神経障害の発症機序は、いまだ詳細に

解明されていないが、その概略としては、高血糖が原因となって生じる代謝異常やそれに伴う血管障害(血流低下)、神経再生障害に大別されるが、基本的に多因子の関与が推測される。代謝異常としてはポリオール代謝異常が最も重要な成因仮説と考えられており、高血糖により神経細胞の軸索障害が生じ、プロテインキナーゼC活性上昇、活性酵素種の増加による酸化ストレス、蛋白糖化亢進が引き起こされる。また、神経周囲の血管障害による神経血流低下、高血糖に起因する神経再生障害、神経栄養因子の産生低下によって、神経機能異常、神経変性を引き起こし、糖尿病性神経障害が発症する^{13,14)}。

社会的課題である要介護の主要な要因となる転倒、骨折は、これまでの先行研究において糖尿病との関係について検討されてきた。その結果、糖尿病患者において、慢性合併症の中でも最も多く認められる糖尿病性神経障害は、筋力低下や身体バランスを阻害することは明らかにされている。しかし、これまで糖尿病診断領域以前のものを対象として糖代謝関連項目と運動機能や転倒リスクとの関連について研究したものは、筆者らの知る限りその報告を見ない。

そこで、本研究は糖尿病診断領域以前における糖代謝関連項目と運動機能、易転倒性との関連を検討することを目的として実施した。両者の関連性が明らかになることにより、日常生活における血糖値管理の側面より、転倒予防にアプローチすることが出来ると考えた。

対象及び方法

1. 対象

対象者は、2015年度岩木健康増進プロジェクトにおけるプロジェクト健診参加者の1,113名であった。本プロジェクトは、青森県弘前市岩木地区の一般成人を対象とし生活習慣病予防と健康の維持・増進、寿命の延長を目指して企画されたものである。健診参加者から、20歳未満の者、悪性腫瘍、脳卒中、心疾患の既往歴のある者、整形外科的手術歴(上肢除く)、膝関節疾患、股関節疾患または手術歴のある者、糖尿病治療薬を服用している者、HbA1cが6.5%以上かつ空腹時血糖が

表1 糖尿病と転倒に関する先行研究

論文名	著者	年	研究デザイン	対象者				結果
				人数	性別	年齢	国	
Diabetes and physical disability among older US adults ⁵⁾	GREGG, Edward W., et al	2000	コホート横断	6,588	男女	60歳以上	US	糖尿病患者は健常者より運動能力が低く, 転倒経験が多い
Older women with diabetes have a higher risk of falls: a prospective study ⁶⁾	SCHWARTZ, Ann V., et al	2002	前向きコホート	9,246	女性	67歳以上	US	糖尿病患者は転倒リスクが高い
Risk factors for falls in older disabled women with diabetes: the women's health and aging study ⁷⁾	VOLPATO, Stefano, et al	2005	前向きコホート	1,002	女性	65歳以上	US	糖尿病患者は転倒経験が多い
Muscle strength in type 2 diabetes ⁹⁾	ANDERSEN, Henning, et al	2004	36名 II型糖尿病 36名 コントロール (非糖尿病)	72	男女	70歳未満	UK	糖尿病患者内において神経障害患者は, 筋力が低い
Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls ¹⁰⁾	MUELLER, Michael J., et al	1994	10名 I型糖尿病5名, II型糖尿病5名 10名 コントロール (非糖尿病)	20	男女	35-75歳	US	糖尿病患者は, 歩行スピードが遅い
Contributory factors to unsteadiness during walking up and down stairs in patients with diabetic peripheral neuropathy ¹¹⁾	HANDESAKER, Joseph C., et al	2014	21名 糖尿病神経障害 21名 糖尿病 21名 コントロール (非糖尿病)	63		57.5 ±12.7歳	UK	神経障害患者は, 健常コントロールと比較して, 階段を上るときにおいて, 足首と膝の力のピークが遅くバランスが悪い
Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. Diabetes care ¹²⁾	MORRISON, Steven, et al	2010	16名 II型糖尿病 21名 コントロール	37		50-75歳	US	糖尿病患者の中でも神経障害のレベルが高いと転倒リスクが高い
糖尿病患者の転倒要因としての身体バランスに影響する因子の解析 ²⁰⁾	森田真也; 田淵優希子; 笠山宗正	2010	糖尿病多発性神経障害あり26名 糖尿病で多発性神経障害なし28名	54	男女	40-80歳	日本	糖尿病患者において多発性神経障害があるものは, 重心動揺軌跡長, 重心動揺面積が大きく, バランスが悪い
糖尿病多発神経障害が2ステップ値におよぼす影響 ²¹⁾	二宮秀樹; 木村和樹; 久保晃	2016	糖尿病多発性神経障害あり43名 糖尿病で多発性神経障害なし61名	104	男女	65.2 ±11.4歳	日本	糖尿病患者において多発性神経障害があるものは2ステップ値が有意に低い
Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study ²²⁾	PARK, Seok Won, et al	2006	コホート横断	2,618	男女	65歳以上	US	男性において, 糖尿病患者は非糖尿病患者より握力, 脚伸展力が有意に低い
糖尿病患者の運動障害に対する臨床研究と理学療法介入 ²³⁾	野村卓生	2013	糖尿病患者98名 非糖尿病患者93名	192		40-79歳	日本	膝関節伸展の筋力筋量比は非糖尿病患者と比較して糖尿病患者が低い

126 mg/dL以上の者, 解析項目に欠損値のある者を除外した. 最終的に男性245名, 女性387名, 合計632名を解析対象者とした.

対象者には, 研究の趣旨, 研究協力の中断の保証, 匿名性の確保およびデータの管理方法について文書および口答にて本人に説明した. その上で, 本人に研究協力の承諾を文書で得た. 岩木健康増進プロジェクト・プロジェクト健診は, 弘前大学大学院医学研究科倫理委員会の承認を得て(2014-377,2016-028)実施された.

2. 測定項目

(1) アンケート調査

対象者には自記式アンケート用紙を送付し, 性, 年齢, 病歴(悪性腫瘍, 脳卒中, 心疾患, 整形外

科的手術歴, 関節炎), 服薬状況(糖尿病治療薬), 現在の生活習慣(喫煙, 飲酒, 週一回以上運動の有無)について調査し, 調査当日に本人に内容について確認した.

(2) 身体組成測定

身長, 体重を測定し, BMIを算出した. 全身筋肉量(kg)の測定はTanita MC-190 body composition analyzer(タニタ株式会社, 東京)を用い, 生体電気インピーダンス法により測定した. 本機器は5 kHz・50 kHz・250 kHz・500 kHzの多周波数を用いており, 同方法を用いた従来の他機器より高精度に体組成を測定するのに有効である. 同測定法は, インピーダンス値とDXA法による体組成値の強い相関関係も報告されている¹⁵⁾.

(3) 血液検査

採血は早朝空腹時に肘正中静脈より行った。血液検査項目は、血清中の血糖、HbA1c、C-ペプチド、インスリンを酵素法により測定し、血清血糖とインスリン値より HOMA-IR (インスリン値×血清血糖÷405) を算出した。

(4) 運動機能測定

運動機能検査項目は、ファンクショナルリーチ、重心動揺 (総軌跡長, 面積), TUG (Timed Up and Go), 2ステップテスト, 立ち上がりテストとした。具体的な測定方法は以下に示す。

①ファンクショナルリーチ：壁の横で両下肢を肩幅程度に開いた安定した立位姿勢で、壁側の upper arm の肘を伸ばしたまま肩関節を90°屈曲した開始姿勢をとり、壁側の upper arm をその高さを保ったまま最大限前方に伸ばした後に元の姿勢に戻る動作を行った¹⁶⁾。開いて伸ばした指の先端の開始位置から、前方に伸ばした指の先端の到達位置までの水平移動距離 (cm) を小数点第1位まで測定した。

測定を2回行い大きい方の値を記録とした。

②重心動揺検査：重心動揺計グラビコーダ GP-31 (アニマ社, 東京) を用い、30秒間の開眼閉脚立位保持時の重心動揺を測定した。サンプリング周波数は20 Hz とし、外周面積 (COP (Center of pressure: 足圧中心) 軌跡に囲まれる面積), 総軌跡長 (COP の移動距離の総和) を算出した。測定は1回とした。

③TUG：椅子に座った状態から立ち上がり、3 m 前方のコーンまで最大努力下の速度で歩き、コーンを回って方向転換後再び元の椅子に座るまでの時間をストップウォッチにて100分の1秒単位で測定した。最大速度下での2試行のうち、時間が短い値を採用した¹⁷⁾。

④2ステップテスト：可能な限り大股で2歩前進し、開始位の両足のつま先から終了位のつま先までの距離を測定した。2回の測定の最大値を採用し、測定値を身長で除した2ステップ値を採用した。¹⁸⁾

⑤立ち上がりテスト：片脚または両脚で10・20・30・40 cm の高さの台から立ち上がれるかを測定した。最も難易度の高いもの (片脚10 cm) を8点、最も難易度の低いもの (両脚40 cm ができない) を0点として立ち上がり値とした¹⁸⁾。

(5) 筋力・柔軟性

筋力、柔軟性は、握力、長座体前屈での評価とした。握力、長座体前屈の測定は新体力テスト (文部科学省) の測定方法に準じて行った¹⁹⁾。

3. 統計解析

統計解析は、男女別に3つの年齢階級 (若年群: 20-49歳, 中年群50-64歳, 高年群: 65歳以上) で年代に区分して実施した。

男女別に3群間における差を一元配置分散分析, および各群間の差を多重比較法にて検討した。

糖代謝関連項目と運動機能検査項目及び筋力・柔軟性項目との相関関係を重回帰分析により評価検討した。その際、年齢, BMI, 喫煙, 飲酒, 運動習慣の有無により調整した。

統計解析は、SPSS Ver22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA.) を用い、 $P < 0.05$ を有意差ありと判断した。

結 果

1. 対象者の特徴

男性において、身長は3群間差を有意に認め、若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で、いずれも年齢の若い群が有意に高値であった (いずれも $P < 0.001$)。体重は3群間差を有意に認め、若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で、いずれも年齢の若い群が有意に高値であった (各々 $P < 0.001$, $P = 0.005$, $P = 0.026$, $P > 0.001$)。BMI においては3群間差を認められなかった。全身筋肉量は、3群間差を有意に認め、若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で、いずれも年齢の若い群が有意に高値であった (いずれも $P < 0.001$)。生活習慣では、喫煙率は3群間差を有意に認め、若年群は高年群より有意に高値であった (各々 $P = 0.010$, $P = 0.014$)。飲酒率は3群間差を有意に認め、若年群が中年群よりも有意に低かった (各々 $P = 0.043$, $P = 0.036$)。運動習慣ありの率は3群間差を有意に認め、中年群が高年群より有意に低かった (各々 $P < 0.014$, $P = 0.011$)。糖代謝関連項目では、HbA1c は3群間差を有意に認め、若年群が中年群, 高年群より有意に低値であった (いずれも $P < 0.001$)。Cペプチドは3群間を有意に認め、若年群が高年群より有意に低値であった (各々

表2 対象者の特徴(男性)

	若年群	中年群	高年群	グループ	P 値		
	20歳~49歳以上 ① (n = 135)	50歳~64歳 ② (n = 61)	65歳以上 ③ (n = 49)		① : ②	② : ③	① : ③
年齢(歳)	36.9 ± 7.5	57.1 ± 4.5	70.3 ± 5.3	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *
身長(cm)	172.6 ± 5.4	167.7 ± 5.2	162.9 ± 5.8	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *
体重(kg)	70.4 ± 11.1	65.5 ± 8.1	60.5 ± 8.4	<0.001 *	0.005 *	0.026 *	<0.001 *
BMI(kg/m ²)	23.6 ± 3.4	23.3 ± 2.5	22.8 ± 2.9	0.277	0.751	0.706	0.255
全身筋肉量(kg)	53.6 ± 5.4	50.5 ± 4.6	46.0 ± 4.5	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *
現在喫煙あり名,(%)	51 (37.8)	15 (24.6)	8 (16.3)	0.010 *	0.145	0.609	0.014 *
現在飲酒あり名,(%)	82 (60.7)	48 (78.7)	34 (69.4)	0.043 *	0.036 *	0.554	0.509
現在運動あり名,(%)	41 (30.4)	13 (21.3)	23 (46.9)	0.014 *	0.408	0.011 *	0.079
HbA1c(%)	5.5 ± 0.3	5.7 ± 0.3	5.8 ± 0.4	<0.001 *	<0.001 *	0.674	<0.001 *
C-ペプチド(ng/mL)	1.1 ± 0.4	1.0 ± 0.3	0.9 ± 0.4	0.045 *	0.626	0.326	0.035 *
インスリン(μU/mL)	4.7 ± 2.4	3.9 ± 1.9	3.5 ± 1.9	0.001 *	0.044 *	0.577	0.002 *
HOMA-IR	0.9 ± 0.5	0.8 ± 0.4	0.8 ± 0.4	0.109	0.413	0.761	0.118
握力	44.1 ± 7.2	40.9 ± 6.1	36.2 ± 5.4	<0.001 *	0.006 *	0.001 *	<0.001 *
長座体前屈	45.1 ± 9.1	42.3 ± 10.4	39.4 ± 10.0	0.001 *	0.135	0.272	0.001 *
ファンクショナルリーチ(cm)	34.7 ± 4.7	31.8 ± 5.4	29.2 ± 5.1	<0.001 *	0.001 *	0.019 *	<0.001 *
重心動揺(総軌跡長)(cm)	83.8 ± 22.0	96.2 ± 24.5	124.5 ± 34.7	<0.001 *	0.005 *	<0.001 *	<0.001 *
重心動揺(外周面積)(cm)	3.5 ± 1.5	3.6 ± 1.5	4.7 ± 1.9	<0.001 *	0.914	0.001 *	<0.001 *
TUG(秒)	4.5 ± 0.7	4.5 ± 0.6	5.4 ± 0.9	<0.001 *	0.999	<0.001 *	<0.001 *
2ステップ値	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.5 ± 0.2	<0.001 *	0.732	<0.001 *	<0.001 *
立ち上がり値	6.7 ± 1.4	5.6 ± 1.3	4.6 ± 1.1	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *

数値：平均値±標準偏差, 人数, % * : P<0.05

P=0.045, P=0.035). インスリンは3群間を有意に認め, 若年群が中年群, 高年群よりも有意に低値であった(各々 P=0.001, P=0.044, P=0.002). HOMA-IR は群間差を認めなかった. 運動機能では, 握力は3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間でいずれも年齢の若い群が有意に高値であった(各々 P<0.001, P=0.006, P=0.001, P<0.001). 長座体前屈は, 3群間差を有意に認め, 若年群が高年群よりも有意に高値であった(いずれも P=0.001). ファンクショナルリーチは3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間でいずれも年齢の若い群が有意に高値であった(各々 P<0.001, P=0.001, P=0.019, P<0.001). 重心動揺(総軌跡長)は, 3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間でいずれも年齢の高い群が有意に高値であった(各々 P<0.001, P=0.005, P<0.001, P<0.001). 重心動揺(外周面積)は, 3群間差を有意に認め, 高年群が若年群, 中年群よりも有意に高値であった(各々 P<0.001, P<0.001, P=0.001). TUGは, 3群間差を有意に認め, 高年群が若年群, 中年群より

有意に高値であった(いずれも P<0.001). 2ステップ値は, 3群間差を有意に認め, 高年群が若年群, 中年群よりも有意に低値であった(いずれも P<0.001). 立ち上がり値は, 3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間でいずれも年齢の高い群が有意に低値であった(いずれも P<0.001)(表2).

女性では, 身長は3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間でいずれも年齢の若い群が有意に高値であった(いずれも P<0.001). 体重は, 3群間差を有意に認め, 若年群は高年群よりも有意に高値であった(各々 P=0.024, P=0.017). BMI は3群間差を認めなかった. 全身筋肉量は, 3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で, いずれも年齢の若い群が有意に高値であった(各々 P<0.001, P=0.084, P<0.001, P<0.001). 生活習慣では, 喫煙率は3群間差を認めなかった. 飲酒率は3群間差を有意に認め, 高年群が若年群, 中年群よりも有意に低かった(各々 P<0.001, P=0.001, P=0.001). 運動習慣ありの率は, 3群間差を有意に認め, 若年群が中年群, 高

表3 対象者の特徴(女性)

	若年群	中年群	高年群	グループ	P 値		
	20歳~49歳以上 ① (n = 162)	50歳~64歳 ② (n = 139)	65歳以上 ③ (n = 86)		① : ②	② : ③	① : ③
年齢(歳)	37.3 ± 7.6	58.0 ± 4.3	69.8 ± 4.4	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *
身長(cm)	159.5 ± 5.4	155.7 ± 4.8	151.8 ± 5.1	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *
体重(kg)	54.8 ± 9.7	53.9 ± 7.4	51.7 ± 7.1	0.024 *	0.600	0.153	0.017 *
BMI(kg/m ²)	21.6 ± 3.9	22.2 ± 3.0	22.4 ± 2.8	0.090	0.192	0.908	0.130
全身筋肉量(kg)	36.6 ± 3.2	35.8 ± 2.7	34.1 ± 2.5	<0.001 *	0.084 *	<0.001 *	<0.001 *
現在喫煙あり名,(%)	18 (11.1)	8 (5.8)	3 (3.5)	0.059	0.183	0.804	0.076
現在飲酒あり名,(%)	56 (34.6)	49 (35.3)	11 (12.8)	<0.001 *	0.991	0.001 *	0.001 *
現在運動あり名,(%)	31 (19.1)	51 (36.7)	40 (46.5)	<0.001 *	0.003 *	0.255	<0.001 *
HbA1c(%)	5.5 ± 0.3	5.7 ± 0.3	5.8 ± 0.3	<0.001 *	<0.001 *	0.038 *	<0.001 *
C-ペプチド(ng/mL)	0.9 ± 0.3	1.0 ± 0.4	1.0 ± 0.3	0.155	0.214	0.995	0.268
インスリン(μU/mL)	4.4 ± 2.2	4.6 ± 2.4	4.6 ± 2.2	0.550	0.625	0.994	0.636
HOMA-IR	0.8 ± 0.4	1.0 ± 0.6	1.0 ± 0.5	0.010 *	0.025 *	0.976	0.036 *
握力	25.5 ± 4.3	24.9 ± 3.9	22.5 ± 3.3	<0.001 *	0.383	<0.001 *	<0.001 *
長座体前屈	45.4 ± 8.6	45.3 ± 8.5	44.4 ± 8.4	0.644	0.999	0.692	0.656
ファンクショナルリーチ(cm)	32.7 ± 5.5	31.2 ± 4.6	29.0 ± 4.5	<0.001 *	0.023 *	0.004 *	<0.001 *
重心動揺(総軌跡長)(cm)	73.7 ± 21.4	82.5 ± 18.8	96.5 ± 30.1	<0.001 *	0.002 *	<0.001 *	<0.001 *
重心動揺(外周面積)(cm)	3.3 ± 1.9	3.0 ± 1.3	3.5 ± 1.9	0.166	0.468	0.151	0.644
TUG(秒)	4.9 ± 0.7	4.9 ± 0.5	5.7 ± 1.0	<0.001 *	0.891	<0.001 *	<0.001 *
2ステップ値	1.6 ± 0.1	1.6 ± 0.1	1.5 ± 0.2	<0.001 *	0.991	<0.001 *	<0.001 *
立ち上がり値	5.6 ± 1.4	5.0 ± 1.2	4.4 ± 0.7	<0.001 *	<0.001 *	0.001 *	<0.001 *

数値：平均値±標準偏差，人数，% *：P<0.05

年群より有意に低かった(各々 P<0.001, P=0.003, P<0.001). 糖代謝関連項目では, HbA1c が3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で, いずれも年齢の若い群が有意に低値であった(各々 P<0.001, P<0.001, P=0.038, P<0.001). Cペプチド, インスリンは3群間差を認めなかった. HOMA-IR は, 3群間差を有意に認め, 若年群が中年群, 高年群より有意に低値であった(P=0.010, P=0.025, P=0.036). 運動能力では, 握力は, 3群間差を有意に認め, 高年群が若年群, 中年群より有意に低値であった(いずれも P<0.001). 長座体前屈は3群間差を認めなかった. ファンクショナルリーチは, 3群間差を認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で, いずれも年齢の若い群が有意に高値であった(各々 P<0.001, P=0.023, P<0.004, P<0.001). 重心動揺(総軌跡長)は3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で, いずれも年齢の若い群が有意に低値であった(各々 P<0.001, P=0.002, P<0.001, P<0.001). 重心動揺(外周面積)は, 3群間差を認めなかった. TUG は, 3群間差を有意に認め,

高年群が若年群, 中年群より有意に高値であった(いずれも P<0.001). 2ステップ値は, 3群間差を有意に認め, 高年群が若年群, 中年群より有意に低値であった(いずれも P<0.001). 立ち上がり値は, 3群間差を有意に認め, 若年群と中年群, 中年群と高年群, 若年群と高年群間で, いずれも年齢の高い群が有意に低値であった(各々 P<0.001, P<0.001, P=0.001, P<0.001)(表3).

2. 糖代謝関連項目と運動機能の関係

糖代謝関連項目と運動機能検査項目との関連を表4, 5に示した.

男性において若年群では, 重心動揺(面積)とHbA1cとの間にのみ有意な正の相関関係がみられた(P=0.006). 中年群では, 重心動揺(総軌跡長)とC-ペプチドとの間にのみ有意な正の相関関係がみられた(P=0.031). 高年群では, ファンクショナルリーチとインスリン・HOMA-IRとの間に有意な負の相関関係がみられた(各々 P=0.040, P=0.046)(表4).

女性において中年群で重心動揺(総軌跡長)・TUGとHbA1c間に有意な正の相関関係がみられ(各々 P=0.049, P=0.043), 重心動揺(面積)とC-

表4 糖代謝関連項目と運動機能の関係(男性)

		標準化偏回帰係数(β 値)									
		血糖値関連項目				インスリン抵抗性関連項目					
		HbA1c		C-ペプチド		インスリン		HOMA-IR			
		β 値	P	β 値	P	β 値	P	β 値	P	β 値	P
若年群 (n = 135) 20歳~49歳以上	バランス	ファンクショナルリーチ	0.091	0.338	0.153	0.148	0.140	0.202	0.137	0.209	
		重心動揺(総軌跡長)	0.058	0.538	0.180	0.085	0.150	0.166	0.180	0.094	
		重心動揺(面積)	0.256	0.006 *	-0.029	0.781	-0.053	0.627	0.018	0.867	
	歩行	TUG	0.106	0.255	-0.104	0.318	-0.102	0.345	-0.050	0.644	
	ロコモ度	2ステップ値	-0.092	0.336	-0.018	0.866	-0.061	0.578	-0.057	0.600	
	テスト	立ち上がり値	0.005	0.953	-0.053	0.600	0.026	0.799	0.039	0.710	
中年群 (n = 61) 50歳~64歳	バランス	ファンクショナルリーチ	-0.197	0.150	-0.104	0.492	-0.250	0.103	-0.285	0.059	
		重心動揺(総軌跡長)	-0.023	0.868	0.320	0.031 *	0.161	0.299	0.190	0.213	
		重心動揺(面積)	-0.115	0.398	0.045	0.764	0.019	0.900	0.014	0.928	
	歩行	TUG	0.131	0.353	-0.035	0.823	0.111	0.486	0.144	0.358	
	ロコモ度	2ステップ値	-0.194	0.129	-0.244	0.082	-0.099	0.496	-0.098	0.496	
	テスト	立ち上がり値	-0.111	0.412	-0.132	0.377	-0.256	0.090	-0.236	0.114	
高年群 (n = 49) 65歳以上	バランス	ファンクショナルリーチ	-0.050	0.720	-0.325	0.072	-0.319	0.040 *	-0.307	0.046 *	
		重心動揺(総軌跡長)	0.005	0.972	0.120	0.517	0.146	0.364	0.143	0.365	
		重心動揺(面積)	0.104	0.433	-0.006	0.973	-0.050	0.742	-0.033	0.824	
	歩行	TUG	0.038	0.774	0.009	0.958	-0.016	0.913	-0.041	0.780	
	ロコモ度	2ステップ値	0.032	0.824	-0.023	0.902	-0.075	0.642	-0.042	0.792	
	テスト	立ち上がり値	-0.124	0.428	-0.034	0.871	0.020	0.912	0.022	0.899	
補正項目: 年齢, BMI, 喫煙, 飲酒, 運動習慣						*: $P < 0.05$					

表5 糖代謝関連項目と運動機能の関係(女性)

		標準化偏回帰係数(β 値)									
		血糖値関連項目				インスリン抵抗性関連項目					
		HbA1c		C-ペプチド		インスリン		HOMA-IR			
		β 値	P	β 値	P	β 値	P	β 値	P	β 値	P
若年群 (n = 162) 20歳~49歳以上	バランス	ファンクショナルリーチ	0.099	0.233	0.023	0.836	-0.010	0.926	0.037	0.731	
		重心動揺(総軌跡長)	-0.124	0.119	0.030	0.781	0.060	0.575	0.065	0.531	
		重心動揺(面積)	-0.080	0.327	-0.071	0.514	-0.062	0.571	-0.033	0.751	
	歩行	TUG	-0.078	0.320	0.016	0.877	0.115	0.278	0.084	0.405	
	ロコモ度	2ステップ値	0.032	0.682	-0.026	0.801	-0.073	0.488	-0.040	0.688	
	テスト	立ち上がり値	0.086	0.272	-0.069	0.511	-0.031	0.764	-0.044	0.660	
中年群 (n = 139) 50歳~64歳	バランス	ファンクショナルリーチ	0.000	0.997	-0.058	0.527	-0.032	0.728	-0.027	0.766	
		重心動揺(総軌跡長)	0.181	0.049 *	0.148	0.111	0.160	0.089	0.147	0.115	
		重心動揺(面積)	0.081	0.379	0.197	0.031 *	0.209	0.024 *	0.196	0.033 *	
	歩行	TUG	0.183	0.043 *	0.004	0.963	0.040	0.669	0.053	0.563	
	ロコモ度	2ステップ値	-0.095	0.273	-0.035	0.693	-0.036	0.684	-0.038	0.661	
	テスト	立ち上がり値	0.096	0.304	-0.043	0.643	-0.059	0.532	-0.040	0.669	
高年群 (n = 86) 65歳以上	バランス	ファンクショナルリーチ	0.048	0.648	-0.039	0.736	-0.001	0.990	0.004	0.974	
		重心動揺(総軌跡長)	0.187	0.098	0.321	0.009 *	0.208	0.085	0.258	0.031 *	
		重心動揺(面積)	0.071	0.530	0.220	0.073	0.146	0.221	0.172	0.148	
	歩行	TUG	0.216	0.025 *	0.046	0.672	0.066	0.528	0.108	0.297	
	ロコモ度	2ステップ値	-0.166	0.098	-0.082	0.459	-0.051	0.634	-0.092	0.387	
	テスト	立ち上がり値	-0.207	0.049 *	-0.154	0.186	-0.061	0.593	-0.076	0.501	
補正項目: 年齢, BMI, 喫煙, 飲酒, 運動習慣						*: $P < 0.05$					

ペプチド・インスリン・HOMA-IR との間に有意な正の相関関係がみられた (各々 $P=0.031$, $P=0.024$, $P=0.033$). 高年群では重心動揺(総軌跡長)とC-ペプチド・HOMA-IRとの間に有意な正の相関関係がみられた (各々 $P=0.009$, $P=0.031$). また, TUGとHbA1cとの間に正の相関関係がみられ ($P=0.025$), 立ち上がり値とHbA1cとの間に負

の相関関係がみられた ($P=0.049$) (表5).

3. 糖代謝関連項目と筋力, 柔軟性の関連

糖代謝関連項目と筋力, 柔軟性との関連を表6, 7に示した.

若年群, 中年群, 高年群ともに, いずれの項目間にも有意な相関はみられなかった.

表6 糖代謝関連指標と筋力・柔軟性の関係(男性)

			標準化偏回帰係数(β値)							
			血糖値関連項目		インスリン抵抗性関連項目					
			HbA1c		C-ペプチド		インスリン		HOMA-IR	
			β値	P	β値	P	β値	P	β値	P
若年群(n = 135)	筋力	握力	-0.043	0.622	-0.117	0.230	0.016	0.876	0.034	0.736
20歳~49歳以上	柔軟性	長座体前屈	0.066	0.497	0.165	0.124	-0.004	0.973	0.049	0.660
中年群(n = 61)	筋力	握力	-0.133	0.329	-0.174	0.247	-0.073	0.639	-0.042	0.785
50歳~64歳	柔軟性	長座体前屈	-0.107	0.445	-0.056	0.720	-0.183	0.244	-0.211	0.175
高年群(n = 49)	筋力	握力	-0.038	0.762	0.233	0.153	0.205	0.147	0.218	0.117
65歳以上	柔軟性	長座体前屈	-0.146	0.320	-0.246	0.201	-0.213	0.200	-0.205	0.213

補正項目：年齢, BMI, 喫煙, 飲酒, 運動習慣 * : P<0.05

表7 糖代謝関連指標と筋力・柔軟性の関係(女性)

			標準化偏回帰係数(β値)							
			血糖値関連項目		インスリン抵抗性関連項目					
			HbA1c		C-ペプチド		インスリン		HOMA-IR	
			β値	P	β値	P	β値	P	β値	P
若年群(n = 162)	筋力	握力	-0.001	0.990	0.079	0.467	0.026	0.813	0.037	0.722
20歳~49歳以上	柔軟性	長座体前屈	-0.047	0.549	0.134	0.203	-0.007	0.944	-0.006	0.949
中年群(n = 139)	筋力	握力	-0.020	0.833	-0.014	0.882	-0.039	0.679	-0.018	0.849
50歳~64歳	柔軟性	長座体前屈	-0.009	0.922	-0.007	0.939	0.063	0.492	0.066	0.467
高年群(n = 86)	筋力	握力	0.002	0.987	-0.142	0.254	-0.089	0.462	-0.077	0.523
65歳以上	柔軟性	長座体前屈	0.072	0.526	-0.033	0.793	-0.030	0.802	0.020	0.868

補正項目：年齢, BMI, 喫煙, 飲酒, 運動習慣 * : P<0.05

考 察

本研究は、臨床的に糖尿病と診断されない者(非糖尿病患者)でのバランス能力、歩行能力、ロコモティブシンドローム指標、筋力の状況を検討した初めての研究である。

本研究の結果から、男性では高年群においてファンクショナルリーチとインスリン・HOMA-IRの間に負の相関関係がみられ、中年群では重心動揺(総軌跡長)とC-ペプチドの間に正の相関関係がみられた。若年群でも重心動揺(面積)とHbA1cの間に正の相関関係がみられた。女性では高年群において重心動揺(総軌跡長)とC-ペプチド・HOMA-IRの間に正の相関関係が、TUGとHbA1cの間に正の相関関係がみられ、立ち上がり値とHbA1cの間に負の相関関係がみられた。中年群では重心動揺(総軌跡長)・TUGとHbA1c間に正の相関関係、重心動揺(面積)とC-ペプチド・インスリン・HOMA-IRの間に正の相関関係がみられたが、若年群では有意な相関関係は認められなかった。

以上を総括すると、高年群では、糖代謝関連項

目とバランス・歩行能力・ロコモティブシンドローム指標との間で有意な関連がみられた。中年群においては、バランス、歩行能力との有意な関連はみられたが、ロコモティブシンドローム指標との関連はみられず、若年群においては男性でのみバランスのみ有意な関連がみられた。また、特に女性において中年・高年齢になると糖代謝関連項目と関連する項目(バランス・歩行能力・ロコモティブシンドローム指標)が増加するという傾向が顕著にみられた。

糖代謝関連項目とバランス能力の関係については、糖尿病患者において神経障害による身体バランスが不良になると森田らが報告²⁰⁾している。ロコモティブシンドローム指標との関係は、糖尿病患者においてDPN(糖尿病性多発神経障害)の有無により2ステップ値に有意な差があると二宮らが報告²¹⁾している。また、Parksらによる男性糖尿病患者では握力、膝伸展筋力が男性非糖尿病患者と比較して有意に低値であるとの報告²²⁾や、野村らの糖尿病患者が膝関節伸展の筋力筋量比が有意に低値であったとする報告²³⁾などがある(表1. 文献²⁰⁻²³⁾。これらにより糖尿病患者においては

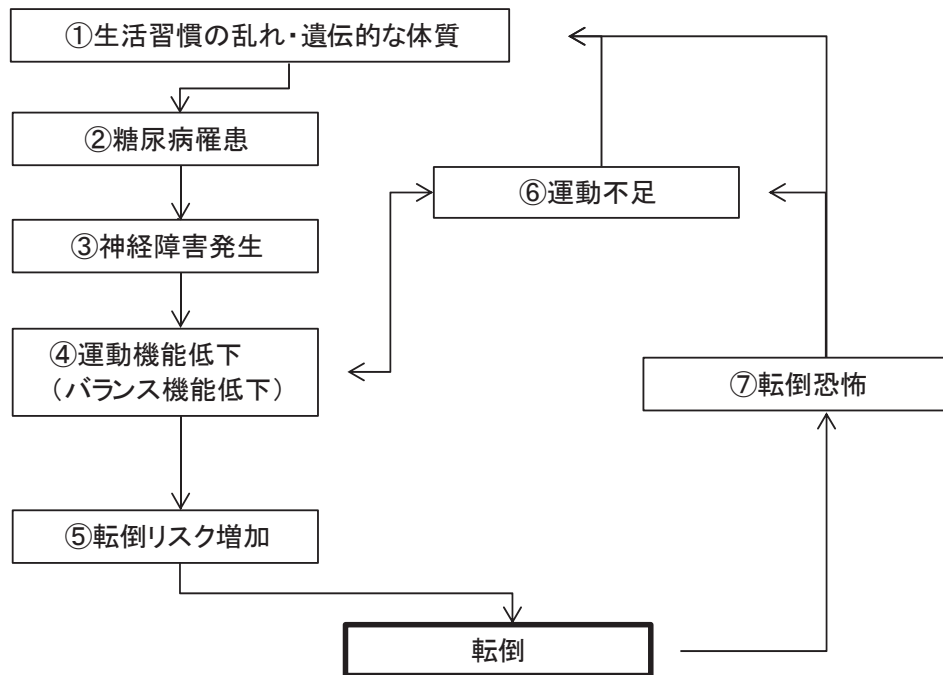


図1. 糖尿病患者の転倒までの流れ

バランス能力低下, ロコモティブシンドローム指標の低下, 筋力低下が起これと考えられる。

今回の検討結果で, 糖代謝関連項目とバランス能力, ロコモティブシンドローム指標については糖尿病患者での先行研究と同様に関連がみられたが, 筋力との関連はみられなかった。このことから臨床的に糖尿病と診断されない者(非糖尿病患者)においても, 糖代謝(耐糖能)の悪化が明確な筋力低下をきたす前に, バランス能力や歩行機能と関連がある可能性があることを示唆した。特に女性では男性以上に高齢者において歩行機能やロコモ機能を低下させていた。また, 筋力低下の影響がみられないことから, 糖代謝関連項目の悪化が筋力低下よりも先に歩行能力やバランス能力を低下させる可能性が示唆された。

図1は糖尿病患者の転倒までの流れを示したが, 今回の研究結果により, 臨床的な非糖尿病の対象者の中でも同様な流れが存在することが推測された。つまり, 図1の流れの中で, 生活習慣・遺伝的な体質→糖尿病罹患→神経障害発生→運動機能低下(バランス機能を含む)→転倒リスク増

加→転倒の流れである。一方, 今回の対象者はほぼすべてが糖尿病による明らかな自覚症状はないと考えられ, 「転倒恐怖」が介在する^{24, 25)}可能性はないものと考えられた。

本研究は横断研究であるためその因果関係まで考察することはできない。すなわち, 運動不足や肥満による耐糖能悪化→運動機能低下, 運動不足や肥満による運動機能低下→耐糖能悪化, 及び耐糖能悪化と運動機能低下に共通のバックグラウンドがあり, それを統計学的に調整できなかった, の3つの可能性である。これらの可能性に優劣をつけることはできないが各々以下のように考察できる。

運動不足や肥満による耐糖能悪化の場合は, 糖尿病患者と同じ機序で運動機能低下が生じたと推察できる。その経路は筋力低下よりも, より中枢的な原因に起因すると考えられる。このような報告は過去に存在せず, 新たな知見である。運動機能低下による耐糖能悪化の場合は, 中年群, 高年群では十分に考えられるが, 若年群で説明することは難しい。耐糖能悪化と運動機能低下の両者それぞれに影響を及ぼす場合は, 共通の因子として,

肥満、喫煙・飲酒・運動習慣などが考えられる。そのこともあり、これらを調整項目として用いたが、そこに統計学的限界が存在したことも否定できず、また、他の交絡因子の存在を把握しきれなかった可能性が残る。

運動不足や肥満による耐糖能悪化の場合は、耐糖能悪化のさらなる改善が求められ、運動機能低下による耐糖能悪化の場合は運動機能低下を予防することが求められる。いずれの場合ももっとも大切なものは生活習慣の改善、すなわち運動の励行や肥満予防（食事指導²⁶⁾など）である。今回の結果で臨床的に糖尿病と診断されない場合でも、耐糖能悪化が転倒につながっている（関連している）ことを示したことは、より早期からの転倒予防に関する生活習慣の改善の重要性が示唆されたことになる。

一方、女性が男性より、糖代謝と運動機能の関係が顕著にみられたことは、女性の筋力が男性より劣り、そのため運動不足や肥満による耐糖能悪化の機序の影響を受けやすかったためと考えられた。また、一方、男性において高年群・中年群のみでなく、若年群でも糖代謝と運動機能の間に関連がみられたことについては、特に運動機能低下による耐糖能悪化の機序が大きく関与し、この年代における運動不足などの悪い生活習慣が、耐糖能悪化や転倒予防のどちらにも関与していた可能性が考えられる。以上より、「耐糖能悪化→転倒」予防のための生活習慣の改善は年代を問わず重要であり、特に女性において筋肉増強を伴った運動励行は重要であると示唆された。

本研究は横断研究であること、対象者に糖負荷試験を行っていないため、糖尿病領域の者が混じっている可能性があるという研究限界があるものの、糖尿病領域以前の者に対する糖代謝関連項目と運動機能（バランス機能や歩行能力）についての数少ない研究であり、男女や各年齢階級における特徴も明らかとなり、今後の転倒予防対策を考える上で重要な知見をもたらしたものと考えられる。

ま と め

糖尿病患者の運動機能低下については国内外で数多く報告されているが、血糖正常域（臨床的非糖尿病患者）における糖代謝と運動機能の関係については報告されていない。そこで本研究では、一般住民を対象に糖尿病領域のものを除いた運動機能と糖代謝関連項目との関連を、男女別に3つの年齢階級別に検討した。その結果、男性では高年群においてファンクショナルリーチとインスリン・HOMA-IRの間に負の相関関係がみられ、中年群では重心動揺（総軌跡長）とC-ペプチドの間に正の相関関係がみられた。また、若年群でも重心動揺（面積）とHbA1cの間に正の相関関係がみられた。女性では、高年群において重心動揺（総軌跡長）とC-ペプチド・HOMA-IRの間に正の相関関係が、TUGとHbA1cの間に正の相関関係がみられた。一方、立ち上がり値とHbA1cの間に負の相関関係がみられ、中年群では重心動揺（総軌跡長）・TUGとHbA1c間に正の相関関係、重心動揺（面積）とC-ペプチド・インスリン・HOMA-IRの間に正の相関関係がみられた。若年群においては有意な相関関係はみられなかった。

以上を総括すると、高年群及び中年群では、男女ともに運動機能の低下と耐糖能の悪化が関連し、特に女性は中年群ではバランス能に加えて歩行能力、高年群ではロコモ度にも関連がみられた。また、若年群においては男性にのみバランス能との関連がみられた。

以上より、臨床的糖尿病でなくとも、生活習慣の見直しや血糖値コントロールなど適切な介入を行うことで運動機能低下を抑え、転倒予防につながることを示唆された。

利 益 相 反

著者森隆志は、雪印メグミルク株式会社に所属している。

謝 辞

今回の研究にあたっては、岩木健康増進プロ

ジェクトに協力頂きました住民の方々, 関係者の方々, および弘前大学大学院医学研究科社会医学講座の先生方に深く感謝いたします.

引用文献

- 1) 厚生労働省ホームページ:平成28年国民生活基礎調査の概要. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/index.html>.(2018年8月18日アクセス可能)
- 2) 金 憲経, 吉田英世, 鈴木隆雄, 石崎達郎, 細井孝之, 山本精三, 折茂肇, 他. 高齢者の転倒関連恐怖感と身体機能. 日本老年医学会雑誌. 2001;38:805-11.
- 3) Lachman ME, Howland J, Tennstedt S, Jette A, Assmann S, Peterson EW. Fear of falling and activity restriction: the survey of activities and fear of falling in the elderly (SAFE). *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 1998;53:43-50.
- 4) 鈴木隆雄. 転倒の疫学. 日本老年医学会雑誌. 2003;40:85-94.
- 5) Gregg EW, Beckles GL, Williamson DF, Leveille SG, Langlois JA, Engelgau MM, Narayan KM. Diabetes and physical disability among older US adults. *Diabetes care*. 2000;23:1272-7.
- 6) Schwartz AV, Hillier TA, Sellmeyer DE, Resnick HE, Gregg E, Ensrud KE, Schreiner PJ, et al. Older women with diabetes have a higher risk of falls: a prospective study. *Diabetes care*. 2002;25:1749-54.
- 7) Volpato S, Leveille SG, Blaum C, Fried LP, Guralnik JM. Risk factors for falls in older disabled women with diabetes: the women's health and aging study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60:1539-45.
- 8) 日本臨床内科医会調査研究グループ: 糖尿病性神経障害に関する調査研究(第2報) 糖尿病性神経障害. 日本臨床内科医会会誌. 2001;16:353-81.
- 9) Andersen H, Nielsen S, Mogensen CE, Jakobsen J. Muscle strength in type 2 diabetes. *Diabetes*. 2004;53:1543-8.
- 10) Mueller MJ, Minor SD, Sahrman SA, Schaaf JA, Strube MJ. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls. *Phys Ther*. 1994;74:299-308.
- 11) Handsaker JC, Brown SJ, Bowling FL, Cooper G, Maganaris CN, Boulton AJ, Reeves ND. Contributory factors to unsteadiness during walking up and down stairs in patients with diabetic peripheral neuropathy. *Diabetes Care*. 2014;37:3047-53.
- 12) Morrison S, Colberg SR, Mariano M, Parson HK, Vinik AI. Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes care*. 2010;33:748-50.
- 13) 安田 斎. 糖尿病性ニューロパチーの病態と治療. 臨床神経学. 2009;49:149-57.
- 14) 上野博司, 深澤圭太, 原田秋穂, 細川豊史. 糖尿病性神経障害に対する低反応レベルレーザー照射治療(Low reactive Level Laser Therapy: LLLT)の効果. 日本レーザー医学会誌. 2014;34:406-12.
- 15) Pietrobelli A, Morini P, Battistini N, Chiumello G, Nuñez C, Heymsfield SB. Appendicular skeletal muscle mass: prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis. *Eur J Clin Nutr*. 1998;52:507-11.
- 16) Weiner DK, Duncan PW, Chandler J, Studenski SA. Functional reach: a marker of physical frailty. *J Am Geriatr Soc*. 1992;40:203-7.
- 17) Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39:142-8.
- 18) ロコモチャレンジ! 推進協議会: 日本整形外科学会ロコモパンフレット 2015. https://locomo-joa.jp/check/pdf/locomo_pf2015.pdf (2018年8月18日アクセス可能)
- 19) 文部科学省. 新体力テスト実施要項. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/sports/detail/_icsFiles/afieldfile/2010/07/30/1295079_03.pdf (2018年8月18日アクセス可能)
- 20) 森田真也, 田淵優希子, 笠山宗正, 喜多彬光, 廣田将史, 小倉敬子, 麦田盛穂, 他. 糖尿病患者の転倒要因としての身体バランスに影響する因子の解析. *Osteoporosis Japan*. 2010;18:435-8.
- 21) 二宮秀樹, 木村和樹, 久保 晃. 糖尿病多発神経障害が2ステップ値におよぼす影響. 理学療法科学. 2016;31:77-9.
- 22) Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, De

- Rekeneire N, Harris TB, Schwartz AV, Tylavsky FA, et al. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes*. 2006; 55:1813-8.
- 23) 野村卓生. 糖尿病患者の運動障害に対する臨床研究と理学療法介入. *理学療法学*. 2013;40 Suppl:174.
- 24) Murphy J, Isaacs B. The post-fall syndrome. A study of 36 elderly patients. *Gerontology*. 1982;28: 265-70.
- 25) Tinetti ME, Mendes de Leon CF, Doucette JT, Baker DI. Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol*. 1994;49:M140-7.
- 26) 日本糖尿病学会編著. 糖尿病治療ガイド 2016-2017. 東京:文光堂; 2016.p41-7.