

2型糖尿病及び境界型における筋肉量と筋力の検討

¹⁾ 鳥取大学医学部保健学科成人・老人看護学講座 (主任 片岡英幸教授)

²⁾ 住吉内科眼科クリニック

³⁾ 鳥取大学医学部保健学科地域・精神看護学講座

芦立典子¹⁾, 池田 匡²⁾, 吉岡伸一³⁾

A study of muscle mass and muscle strength in subjects with Impaired Glucose Tolerance and Type 2 Diabetes Mellitus

Noriko ADACHI¹⁾, Tadasu IKEDA²⁾, Shin-ichi Yoshioka³⁾

¹⁾ *Department of Adult and Elderly Nursing, School of Health Science, Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan*

²⁾ *Sumiyoshi NaikaGanka Clinic, Yonago 683-0846, Japan*

³⁾ *Department of Nursing Care Environment and Mental Health, School of Health Science, Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan*

The purpose of this study was to investigate whether muscle mass and muscle strength was lower than normal not only in subjects with Type 2 diabetes mellitus (DM) but also in subjects with impaired glucose tolerance (IGT). We investigated 165 subjects (94 males, 71 females) between the ages of 55 and 75: 55 healthy subjects, 50 subjects with IGT and 60 subjects with Type 2 DM. The parameters examined were body weight, body mass index, body fat, muscle mass and muscle strength. We evaluated muscle mass of the upper and lower extremities using bioelectrical impedance analysis and muscle strength using an isometric dynamometer which measures hand-grip strength and an isokinetic dynamometer which measures knee extension. Both body mass index and body fat in subjects with IGT as well as Type 2 DM were significantly higher than those in healthy subjects. Muscle mass was significantly less in subjects with Type 2 DM than in healthy ones. Similarly, muscle mass was significantly less in subjects with IGT than in healthy ones. Muscle strength was significantly less in subjects with both IGT and Type 2 DM than in healthy subjects. Furthermore, the ratio of muscle strength to muscle mass was significantly less in subjects with IGT and Type 2 DM than in healthy subjects. In conclusion, we found that both muscle mass and muscle strength were decreased not only in subjects with Type 2 DM but also in subjects with IGT. Proper exercise is important in gaining muscle strength and mass for subjects both with IGT and Type 2 DM.

(Accepted on February 6, 2013)

Key words : type 2 diabetes, impaired glucose tolerance, muscle mass, muscle strength

はじめに

2型糖尿病の病態としてインスリン抵抗性があることはよく知られている。インスリンが作用を及ぼす臓器で、血糖調節に関わるものとして重要な臓器は肝臓、骨格筋、脂肪細胞であるが¹⁾、生体における糖利用の最大の場合は筋肉で、インスリン抵抗性による筋肉におけるブドウ糖取り込みの減少が主な原因の一つとなり、糖尿病の発症が促進されると考えられている。

2型糖尿病患者では、筋肉量や筋力が低下しているとの報告が多い。しかし、非糖尿病群と比較して筋力低下が著明であり筋力と筋肉量の比が低下しているとの報告²⁾や、筋肉量の減少はみられなかったという報告³⁾もあり、今のところ一定の見解が得られていない。また、糖尿病の前段階である境界型における研究はほとんどなく、糖尿病発症に至る初期段階での筋量や筋力についての検討も十分に行われていない。筋肉に生じた何らかの変化が耐糖能に影響するとすれば、境界型においてすでに筋肉量や筋力に変化が現われている可能性が考えられる。筋力トレーニングなどを取り入れることで糖尿病の発症や進展増悪を予防できるとともに加齢に伴う筋力低下による転倒や骨折のリスクを減少させ、その後の生活の質の維持・向上につながることを期待される。

本研究では、境界型の時期から筋肉量や筋力の変化が生じているのかを明らかにすることを目的として、2型糖尿病（以下、糖尿群とする）、非糖尿病（以下、健常群とする）、境界型（以下、境界群とする）の3群について筋肉量、筋力を測定した。その結果、境界型ですでに変化がみられていることを明らかにしたので報告する。

対象および方法

対象者は、A県内に在住し、住民検診を受けた一般住民および医療機関で2型糖尿病と診断され治療中の者で、研究の趣旨を説明し、同意の得られた方を対象とした。なお、対象者は筋肉量や筋力に直接、影響を与える筋・骨関節疾患や脳血管疾患など明らかな運動機能障害がなく、日常生活を営んでいる者を選択したが、高血圧、白内障、前立腺肥大症、歯周病、骨粗鬆症などを合併している者が対象者の中に含まれていた。

対象者が老人検診あるいは医療機関で受けた採

血結果から糖尿病治療ガイド⁴⁾を基準に、①早朝空腹時血糖126 mg/dl以上、②75 gOGTTで負荷後2時間値200 mg/dl以上、③随時血糖値200 mg/dl以上、④HbA1c (JDS値) 6.1%以上のうち、①から④のいずれかが確認された場合、①から③のいずれかと④が確認された場合、および糖尿病として治療中の者を糖尿群、早朝空腹時血糖値110 mg/dl未満および負荷後2時間値が140 mg/dl未満のものを健常群、早朝空腹時血糖値110 mg/dl以上126 mg/dl未満あるいは、負荷後2時間値が140 mg/dl以上200 mg/dl未満のものを境界群として3群に分けた。

肥満対象者の身長 (cm) を身長計にて測定した後、タニタBC118体組成計 (Tanita Co., Tokyo) を用いて体重 (kg)、脂肪量 (kg)、筋肉量 (kg)、体脂肪率 (%), Body Mass Index (BMI) (kg/m²) を測定した。左右上肢筋力 (kg) の測定には握力計を用いて測定した。下肢筋力 (kg) は、アニマ社製徒手筋力測定器 μ TAS MT-1 (Anima Co., Tokyo) を用いて加藤と山崎⁵⁾の方法を参考に、等尺性膝伸張筋力測定方法に準じて右下肢にて測定した。下肢筋力の測定は2回行い、1回目は要領を得てもらうための練習として行い、本番として行った2回目の結果を採用した。また、各部位毎の筋力/筋肉量を求め、検討した。

測定値は平均 \pm 標準偏差で表した。平均値の比較は分散分析 (analysis of variance; ANOVA) を用い、3群間で有意差がみられた場合には、TukeyのHSD法を用いた多重比較を行なった。解析にはPASW ver.18 (IBM) を使用し、有意確率は5%未満とした。なお、本研究は、鳥取大学医学部倫理審査委員会の承諾 (番号1706) を得て実施した。

結 果

1. 対象者の属性

対象者は、55~75歳の165名 (男性94名, 65.7 \pm 5.0歳; 女性71名, 64.9 \pm 4.7歳) であった。対象者の属性を表1に示す。健常群は55名 (男性30名, 女性25名)、境界群は50名 (男性30名, 女性20名)、糖尿群は60名 (男性34名, 女性26名) であった。BMI、体脂肪率は男性、女性ともに3群間で有意差がみられ、健常群と比較して境界群、糖尿群では有意に高値を示した。年齢については、男性、女性ともに3群間に有意な差がみられなかった。

表1 対象者の属性

		健常群 (n = 55)	境界群 (n = 50)	糖尿群 (n = 60)	P値 ¹⁾
年齢 (歳)	男性	66.0 ± 5.4	65.2 ± 4.9	66.0 ± 4.9	0.736
	女性	66.0 ± 4.8	64.3 ± 4.7	64.2 ± 4.5	0.374
BMI (kg/m ²)	男性	23.7 ± 2.08	25.8 ± 1.22	27.8 ± 1.03	b c < 0.001
	女性	22.6 ± 2.04	23.4 ± 2.19	24.9 ± 1.77	a b 0.004
体脂肪率 (%)	男性	26.5 ± 1.34	29.2 ± 1.00	30.2 ± 1.01	b c < 0.001
	女性	28.1 ± 1.36	29.5 ± 1.39	30.5 ± 2.52	b < 0.001

1) ANOVA. TukeyのHSD法にて同じ記号の添字をもつ群間同士は有意差あり.

BMI:body mass index.

表2 筋肉量の部位別比較

		健常群 (n = 55)	境界群 (n = 50)	糖尿群 (n = 60)	P値 ¹⁾
右上肢 (kg)	男性	3.04 ± 0.11	2.93 ± 0.10	2.83 ± 0.08	b c < 0.001
	女性	1.84 ± 0.17	1.77 ± 0.16	1.66 ± 0.09	b c < 0.001
左上肢 (kg)	男性	2.93 ± 0.13	2.90 ± 0.14	2.83 ± 0.09	a 0.012
	女性	1.82 ± 0.18	1.73 ± 0.16	1.62 ± 0.14	a < 0.001
右下肢 (kg)	男性	8.36 ± 0.25	8.02 ± 0.12	7.67 ± 0.20	b c < 0.001
	女性	5.36 ± 0.47	5.02 ± 0.22	4.83 ± 0.23	b c < 0.001
左下肢 (kg)	男性	8.16 ± 0.27	7.65 ± 0.22	7.29 ± 0.22	b c < 0.001
	女性	5.36 ± 0.47	4.66 ± 0.39	4.44 ± 0.35	b < 0.001

1) ANOVA. TukeyのHSD法にて同じ記号の添字をもつ群間同士は有意差あり.

2. 筋肉量の部位別比較

表2に男性, 女性それぞれ左右の上下肢の筋肉量を3群間で比較した結果を示す. 男性においては, 右上肢は健常群 3.04 ± 0.11 kg, 境界群 2.93 ± 0.10 kg, 糖尿群 2.83 ± 0.08 kgであり, 糖尿群が最も低値であった. 左上肢は, 健常群 2.93 ± 0.13 kg, 境界群 2.90 ± 0.14 kg, 糖尿群 2.83 ± 0.09 kgであり, 健常群に比して糖尿群が有意に低値であった. 右下肢および左下肢は, ともに糖尿群が最も低値であった.

女性においては, 右上肢は健常群 1.84 ± 0.17 kg, 境界群 1.77 ± 0.16 kg, 糖尿群 1.66 ± 0.09 kgであり, 糖尿群が最も低値であった. 左上肢は, 健常群 1.82 ± 0.18 kg, 境界群 1.73 ± 0.16 kg, 糖尿群 1.62 ± 0.14 kgであり, 健常群と比較して糖尿群が有意に低値を示した. 右下肢は, 糖尿群が最も低値で, 左下肢は, 健常群に比して境界群と糖尿群ともに有意に低値であった.

3. 筋力の部位別比較

表3に男性, 女性それぞれの握力と右下肢筋力を測定した結果を示す. 男性においては, 右握力は健常群 45.20 ± 3.01 kg, 境界群 40.81 ± 3.13 kg, 糖尿群 38.23 ± 2.32 kgであり, 糖尿群が最も低値であった. 左握力は, 健常群に比して境界群と糖尿群ともに有意に低値で, 右下肢筋力は, 糖尿群が最も低値であった.

女性においては, 右握力は健常群 29.19 ± 1.65 kg, 境界群 25.79 ± 0.96 kg, 糖尿群 20.88 ± 2.62 kgであり, 健常群に比して境界群と糖尿群ともに有意に低値であった. 左握力は, 糖尿群が最も低値で, 右下肢筋力は, 健常群に比して境界群と糖尿群ともに有意に低値であった.

4. 筋力/筋肉量の部位別比較

表4に男性, 女性の左右の上半肢, 下半肢の筋力と筋肉量の比を3群間で比較した結果を示す. 男性においては, 右上肢は健常群 14.90 ± 1.06 , 境

表3 筋力の部位別比較

		健常群 (n = 55)		境界群 (n = 50)		糖尿群 (n = 60)		P値 ¹⁾
右握力 (kg)	男性	45.20 ± 3.01	a b	40.81 ± 3.13	a c	38.23 ± 2.32	b c	< 0.001
	女性	29.19 ± 1.65	a b	25.79 ± 0.96	a	20.88 ± 2.62	b	< 0.001
左握力 (kg)	男性	43.18 ± 3.23	a b	39.02 ± 2.87	a	37.51 ± 1.96	b	< 0.001
	女性	27.87 ± 1.88	a b	24.58 ± 0.84	a c	19.77 ± 2.69	b c	< 0.001
右下肢筋力 (kg)	男性	46.25 ± 2.48	a b	42.50 ± 1.19	a c	39.97 ± 1.06	b c	< 0.001
	女性	34.31 ± 4.40	a b	28.22 ± 3.69	a	26.34 ± 3.58	b	< 0.001

1) ANOVA. TukeyのHSD法にて同じ記号の添字をもつ群間同士は有意差あり。

表4 筋力/筋肉量の部位別比較

		健常群 (n = 55)		境界群 (n = 50)		糖尿群 (n = 60)		P値 ¹⁾
右握力／	男性	14.90 ± 1.06	a b	13.93 ± 1.00	a	13.50 ± 0.81	b	< 0.001
右上肢筋肉量	女性	15.98 ± 1.19	a b	14.66 ± 1.23	a c	12.63 ± 1.70	b c	< 0.001
左握力／	男性	14.77 ± 1.17	a b	13.46 ± 1.10	a	13.28 ± 0.71	b	< 0.001
左上肢筋肉量	女性	15.41 ± 1.47	a b	14.32 ± 1.40	a c	12.24 ± 1.87	b c	< 0.001
右下肢筋力／	男性	5.54 ± 0.34	a b	5.09 ± 0.24	a	5.17 ± 0.24	b	< 0.001
右下肢筋肉量	女性	6.40 ± 0.70	a b	5.62 ± 0.70	a	5.47 ± 0.80	b	< 0.001

1) ANOVA. TukeyのHSD法にて同じ記号の添字をもつ群間同士は有意差あり。

界群13.93 ± 1.00, 糖尿群13.50 ± 0.81であり, 糖尿群が最も低値であった。左上肢は, 健常群に比して境界群と糖尿群ともに有意に低値で, 右下肢では, 境界群と糖尿群ともに健常群に比して有意に低値であった。

女性においては, 右上肢は健常群15.98 ± 1.19, 境界群14.66 ± 1.23, 糖尿群12.63 ± 1.70であり, 糖尿群が最も低値であった。左上肢では, 糖尿群が最も低値で, 右下肢は, 健常群に比して境界群と糖尿群ともに有意に低値であった。

考 察

2型糖尿病患者の筋肉量や筋力は, 健常群と比較して減少していることが多くの研究者により報告されている。しかしながら, 筋肉量や筋力の減少が, 耐糖能の低下を引き起こすのか, あるいは耐糖能が悪化した結果, 筋肉量や筋力が減少してくるのかはまだ明らかではない。そこで, 今回, 糖尿群だけでなく, 境界群についても検討した結果, 上下肢の筋肉量は, 性差や部位差はあるものの, 糖尿群だけでなく境界群でも有意に減少

していることが明らかになった。また, 筋力についても同様に, 上下肢ともに境界群の段階で低下していることが明らかになった。なお, 今回, 下肢筋力測定に用いたアニマ社製徒手筋力測定器μTAS MT-1 (Anima Co., Tokyo) は, 信頼性⁶⁷⁾, 再現性⁹⁾の高い測定が固定用ベルトの併用により可能であることが報告されている。そこで, 上肢筋力は握力計を用いて, 下肢筋力は徒手筋力測定器と固定用ベルトを使用して, 等尺性膝伸展筋力を測定した。筋肉の変化により耐糖能低下が惹起されるのか, あるいは耐糖能低下により筋肉の変化が生じてくるのかについては今回の研究では明らかにすることができなかった。しかし, 境界型においてもすでに筋力と筋量の低下がみられていたという事実は新知見であり, 今後, 境界型における筋力や筋量に関して食習慣や運動習慣などを含めた詳細な検討が必要であることを考えさせる結果であった。

2型糖尿病患者の筋肉量や筋力低下の原因としては末梢神経障害の果たす役割が重要と考えられている。末梢神経障害を伴う患者の下肢を

magnetic resonance imaging法で調査した結果、筋肉の萎縮がみられたとの成績⁸⁾や、末梢神経障害を有する糖尿病患者においても筋肉量は非糖尿病患者と大きく変わらないが筋力の低下がみられたとの成績⁹⁾が報告されている。また末梢神経障害を伴った1型糖尿病患者では、下肢筋力の低下が著しかったとの成績¹⁰⁾や、筋力の低下には末梢神経障害の重症度が強く影響していたという成績¹¹⁾が報告されている。今回の対象者について末梢神経障害に関する詳細な検討を行っていないため、この点については今後の研究が必要であろう。ところで末梢神経障害は主として糖尿病が発症してから出現してくる合併症であるため、境界型にみられた筋力低下の主な原因は末梢神経障害以外にあることが考えられる。また、今回の対象者の年齢が55歳～75歳と比較的高齢であったことを考えれば、高齢者の筋力低下や筋量減少に関連すると報告されている性ステロイド¹²⁾やサルコペニア¹³⁾なども考慮に入れた今後の検討が必要と考えられる。

2型糖尿病において筋力が低下しているという今回の結果は、これまでの成績とほぼ一致した成績であったが、筋肉量に関しては一定した見解が得られていない。2型糖尿病患者の方が非糖尿病患者より筋肉量が多いとの報告¹⁴⁾もみられるが、筋肉量は健常者と全く差がみられなかったという成績¹⁵⁾もみられる。本研究では、糖尿群の男性では左・右上肢および左・右下肢のいずれにおいても筋肉量の有意な低下が認められ、また糖尿群の女性でも右上肢、左・右下肢で有意な筋肉量の低下が認められた。これまでの筋肉量の減少に関する結果の違いについては、対象者の年齢や人種差、糖尿病の重症度、併存する合併症、糖尿病のコントロール状態、あるいは筋肉量測定方法の違いなどによることも考えられ、今後、より多数例での詳細な検討が必要と思われる。

Parkら²⁾は、2型糖尿病の患者は非糖尿病患者に比べて、筋力低下は著しかったが、筋肉量は増加していたとの成績を示したうえで、筋肉と筋量の比、すなわち筋肉の質が低下していたと報告している。平松ら³⁾も2型糖尿病患者における筋力と筋肉量の比、すなわち筋肉の質を検討したところ、筋肉量はやや増加傾向にあったにも関わらず、上肢の筋力の低下、特に女子における上肢筋力の低下および筋肉の質の低下が著名であったと報告し

ている。本研究における筋力と筋肉量の比（筋肉の質）では、男性においては、両上肢、右下肢のいずれの部位も境界群と糖尿群との間には有意差がみられなかったものの、健常群に比して境界群および糖尿群で有意な低下が認められた。一方、女性においては、両上肢については、3群間でそれぞれに有意差がみられ、右下肢については、境界群と糖尿群との間には有意差がみられなかったものの、健常群に比して境界群と糖尿群で有意な低下が認められた。これらのことから、筋力と筋肉量の比（筋肉の質）は、特に女性において筋力あるいは筋肉量単独での比較検討よりも、境界群と糖尿群における筋肉の差異を早期からより鋭敏にとらえる指標となりうる可能性が示唆された。

我が国を含め世界中で増加の一途にある糖尿病の発症を予防する上で、食事や運動がきわめて重要な役割を果たしているのはよく知られている。今回の成績から境界型の段階ですでに筋力の低下がみられ、それが糖尿病の発症に関連している可能性が示唆された。現在の高齢社会においては筋力低下に伴う転倒や骨折のリスクが高く、それに伴う生活の質の低下も大きな問題である。このような点から筋力増加を期待しての筋力増強トレーニングの有効性が、特に高齢者に対して強く期待されている。筋力トレーニングなどによる筋力増強に伴い、インスリン抵抗性が改善し、糖尿病の発症リスクが低下してくることはよく知られた事実である^{16,17)}。今後、糖尿病の発症予防も含めた、高齢者に適した効果的な筋力トレーニングの開発が望まれる。

結 語

健常群55名、境界型50名、2型糖尿病60名を対象に上下肢の筋肉量や筋力を計測した。その結果、男性、女性ともに、2型糖尿病だけでなく、境界型においても、上下肢の筋肉量や筋力が低下していることが示唆された。境界型の段階で筋肉量や筋力の低下が生じる機序を今後明らかにすることで、糖尿病発症の予防に向けた効果的な対策が可能になることが期待される。

稿を終えるにあたり、懇切なるご指導とご校閲を賜りました鳥取大学医学部保健学科成人・老人看護学講座 片岡英幸教授、鳥取大学医学部保健学科基礎看護学講座 萩野浩教授に深甚なる謝意を捧げます。

また、本研究にあたり、ご協力いただきました皆様に深謝いたします。

文 献

- 1) 池田匡. 糖尿病. 池田匡, 井山壽美子監修. 代謝・内分泌疾患. Nursing Selection 4, 東京, 学研. 2002. p. 56-88.
- 2) Park SW, Goodpaster BH, Strotmeyer ES, de Rekeneire N, Harris TB, Schwartz AV, Tylavsky FA, Newman AB. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes* 2006; **55**: 1813-1818.
- 3) 平松喜美子, 森本美智子, 谷村千華, 大庭桂子, 野口佳美, 西村直子, 前田恵利, 山下典子, 岩田桂子, 池田匡. 2型糖尿病患者における上下肢筋肉量と筋力. *米子医学雑誌* 2009; **60**: 97-103.
- 4) 日本糖尿病学会. 糖尿病治療ガイド. 東京, 文光堂, 2010. p. 18.
- 5) 加藤宗規, 山崎裕司. ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性足底屈, 背屈筋力の測定一固定用ベルトの使用が再現性に与える影響一. *理学療法 進歩と展望* 2006; **20**: 56-60.
- 6) 神谷晃央, 名越央樹, 竹井仁. ハンドルダイナモメーターを使用した体幹固定筋力を反映する股関節周囲筋力測定の信頼性. *理学療法科学* 2010; **25**: 193-197.
- 7) 松村将司, 竹井仁, 市川和奈, 小川大輔, 宇佐英幸, 畠昌史. 固定用ベルトを用いたハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性筋力測定の検者内・間の信頼性一膝関節屈曲・足関節背屈・底屈・外がえし・内がえしに対して一. *日保学誌* 2012; **15**: 41-47.
- 8) Andersen H, Gadeberg PC, Brock B, Jakobsen J. Muscular atrophy in diabetic neuropathy: a stereological magnetic resonance imaging study. *Diabetologia* 1997; **40**: 1062-1069.
- 9) Andersen H, Gjerstad MD, Jakobsen J. Atrophy of foot muscles: a measure of diabetic neuropathy. *Diabetes care* 2004; **27**: 2382-2385.
- 10) Andersen H. Motor function in diabetic neuropathy. *Acta Neurol Scand* 1999; **100**: 211-220.
- 11) Andreassen CS, Jakobsen J, Andersen H. Muscle weakness: a progressive late complication in diabetic distal symmetric polyneuropathy. *Diabetes* 2006; **55**: 806-812.
- 12) 小川純人, 秋下雅弘. 病因, 病態と転倒性ステロイドと転倒. *Geriatric Medicine* 2009; **47**: 721-724.
- 13) 大荷満生. Sarcopenia (筋肉減少症). *栄養評価と治療* 2008; **25**: 157-160.
- 14) Baltadjiev AG, Baltadjiev GA. Assessment of body composition of male patients with type 2 diabetes by bioelectrical impedance analysis. *Folia Med* 2011; **53**: 52-57.
- 15) Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JF, Dela F. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes* 2004; **53**: 294-305.
- 16) Ivy JL. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Sports Med* 1997; **24**: 321-36.
- 17) Andersen H. Motor dysfunction in diabetes. *Diabetes Metab Res Rev* 2012; **28** (Suppl 1): 89-92.