

〈研究報告〉

高齢男性 2 型糖尿病患者における骨格筋指数と栄養摂取量との関連性

Comparison of nutritional intake between low-level and maintenance group in skeletal muscle mass index in elderly type 2 diabetic male patients

亀山こころ

東京医療保健大学大学院 医療保健学研究科 医療保健学専攻 医療栄養学領域

Kokoro KAMEYAMA

1 Division of Nutrition Management, Yokohama Municipal Citizen's Hospital

要 旨：目的

高齢男性 2 型糖尿病患者の骨格筋指数 (SMI) と栄養摂取量の関連について明らかにすることとした。

方法

65～75歳の男性2型糖尿病患者38人について、SMI 7.0kg/m²未満を低レベル群、7.0kg/m²以上を維持群と区分し、エネルギーおよびタンパク質摂取量や血液生化学検査値を比較した。

結果

低レベル群は6人 (SMI 6.5±0.4 kg/m²)、維持群は32人 (SMI 7.6±0.4kg/m²) であり、目標体重 (BMI22kg/m²) 当たりのエネルギー摂取量やタンパク質の摂取量に有意な差は認められなかった。両群とも血糖コントロールは不良であり、HbA1cに有意差は認められなかった (順に、8.0±1.4%、8.4±1.8%)。

結論

SMIと栄養摂取量との関係は明らかにならなかった。SMI低値の原因として過去のエネルギーやタンパク質摂取量の不足と血糖コントロール不良が影響した可能性がある。

Abstract : OBJECTIVE: We investigated the body composition, energy and various nutrient intakes of elderly type 2 diabetic male patients, and compared the energy and protein intakes of the low-skeletal muscle index (SMI) group (low-level group) and the maintenance group.

METHODS: Body composition measurements and dietary surveys were conducted on male type 2 diabetic patients aged 65 to 75. For the dietary survey, we used the Excel Eiyokun Ver.9 and Food Intake Frequency Survey New FFQg Ver.6 (Kenpakusha). In addition, the energy intake and protein were calculated using the past dietary survey results. Statistical analysis was performed using blood biochemical test values. Energy intake and protein intake were analyzed by 1 kg of current body weight, 1 kg of target body weight (BMI=22). Patients with SMI<7.0 were categorized as the low-level group, SMI≥7.0 were categorized as the maintenance group. Age, BMI, body weight, body fat percentage, body fat mass, energy intake, and protein intake were compared between those two groups. For the analysis, a test (t-test) between two groups assuming homoscedasticity was performed, and the statistical software was analyzed using Microsoft® Excel® 2016 and JMP Pro 14.2Win, and the significance level was set to less than 5%.

RESULTS: HbA1c was high in both groups, with 8.0 ± 1.3% in the low-level group

and $8.4 \pm 1.8\%$ in the maintenance group ($p=0.622$). Energy intake per kg of current body weight was 32.6 ± 4.8 kcal in the low-level group, 28.3 ± 5.4 kcal in the maintenance group ($p=0.073$). The protein intake per kg of current body weight was 1.6 ± 0.5 g in the low-level group, 1.2 ± 0.3 g in the maintenance group ($p=0.023$).

CONCLUSION: The nutritional factors related to the limb skeletal muscle index (SMI) were not clarified in this study. The cause of the decrease in skeletal muscle index may relate to the decrease in energy and protein intake, and past poor glycemic control in the long term.

キーワード : 高齢者、2型糖尿病、四肢骨格筋指数 (SMI)、サルコペニア、エネルギー

Keywords :

はじめに

高齢糖尿病患者では糖尿病でない高齢者と比較して骨格筋量の減少や筋力の低下が認められ^{1),2)}、骨格筋量の低下に加え筋力が低下した状態のサルコペニアでは、QOLの低下、転倒や骨折のリスクの上昇、癌における生存率の低下や手術死亡のリスクの上昇が報告されている³⁾⁻⁸⁾。骨格筋量の低下が代謝異常によるものか、エネルギーやタンパク質の摂取不足なのかは一概にはいえないものの、厳しい食事制限が一因となる可能性が考えられる。

これまで糖尿病療養指導においては、肥満の予防や改善が重視され、減量の目標に標準体重であるbody mass index (以下、BMI) $22\text{kg}/\text{m}^2$ が使われてきた⁹⁾。標準体重とは、職域検診で最も異常所見の少ないBMIが $22\text{kg}/\text{m}^2$ であるとした研究に基づき使われてきた指標¹⁰⁾だが、近年体重と総死亡率に関する研究が我が国も含めたアジアで行われ、それによると総死亡率が低くなるBMIには幅があることが示されている。特に高齢者は肥満の影響を受けにくく、サルコペニアやフレイル予防の観点から指標となるBMIについては個別に判断する必要があり、「糖尿病診療ガイドライン2019年版」¹¹⁾ および「日本人の食事摂取基準 (2020年版)」¹²⁾ では大きく改訂が行われた。

「糖尿病診療ガイドライン2019年版」の食事療法によると「高齢者のフレイル予防では、身体活動レベルより大きい係数を設定できる」、「目標体重と現体重との間に大きな乖離がある場合は、エネルギー係数(中略)を参考に柔軟に係数を設定する」、「原則として、年齢を考慮に入れた目標体重を用いる」との記載¹¹⁾があるものの、個別の目標体重設定の判断は現場

に委ねられるところが大きい。2型糖尿病患者ではサルコペニアの有病率は高く¹³⁾⁻¹⁵⁾、高齢2型糖尿病患者の身体を管理するためにはBMIだけを評価するのではなく骨格筋指数 (skeletal muscle mass index : 以下SMI) と体脂肪率のバランスを評価することが重要¹⁶⁾であるともいわれている。このような背景から目標体重の設定ではBMIのみならず体組成も含めた栄養状態の把握が重要である。しかし、高齢2型糖尿病患者におけるそれらの参考となる「エネルギーおよびタンパク質摂取量」と「骨格筋量」の両者の関係性に焦点を当てて調査した研究は十分に行われていないのが現状である。

本研究では、骨格筋量の少ない患者にエネルギーやタンパク質摂取量の不足があるのではないかとの仮説から、高齢2型糖尿病患者(男性)の体組成の実態把握を行い、併せて食事調査によりエネルギーとタンパク質の摂取状況を把握し、その結果から骨格筋量が少ない患者と維持している患者の栄養摂取状況を比較し、SMIとエネルギーおよびタンパク質摂取量の関連性について考察することを目的とした。

方法

1. 対象

対象は65歳から75歳の男性2型糖尿病患者である。本研究では二つの調査により得られたデータを解析した。第一の調査は、2020年4月21日以降、9月15日までに研究協力施設に初めて受診した患者のうち文書による同意を得られた人を対象とした調査である。第二の調査は、2015年1月1日から2020年6月30日までに研究協力施設に初めて受診した患者のうち食事記録を

提出した患者を対象とした調査である。いずれにおいても下肢切断や運動器疾患、中枢神経疾患を有しており立位の保持が困難のため体組成測定ができない患者、体組成計を使用できないペースメーカーを使用している患者、認知機能の低下がある患者、精神疾患の既往がある患者や現在有している患者、同意取得時に研究責任者が参加不可能と判断した患者を除外した。第一の調査では6人（対象者①）、第二の調査では32人（対象者②）が対象となった。なお、対象者①および②には、これまで未治療だった患者の他、治療を中断していた患者、他施設に通院していたが血糖コントロール改善を目的として研究協力施設を紹介された患者が含まれている。

研究情報については院内に掲示し、オプトアウトにより同意を得た。

2. 体組成測定

使用機器はInbodyJ10（（株）インボディ・ジャパン社製）を用いた。体組成の分析方法は生体電気インピーダンス分析法（BIA法）で、測定項目は体重、全身筋肉量、四肢骨格筋量、体脂肪量、体脂肪率とした。対象者は食前または食後の状態で来院し、診察前の待ち時間を利用して体組成測定を実施した。着衣はできるだけ軽装とし、着衣の重量は事前に機器の設定で一律1 kgを差し引いた。対象者が正しい測定姿勢であることを確認し、声をかけ測定を始めた。測定中は会話をしないで対象者が落ち着いた状態を維持した。皮膚の乾燥により測定できない場合は手掌と足底が触れる電極部分を専用シートで湿潤させ、再度測定を実施した。

3. 食事調査

対象者①に対しては食物摂取頻度調査法を採用し、使用ソフトウェアはエクセル栄養君Ver. 9 食物摂取頻度調査 新FFQg Ver. 6（建帛社）を使用した。記入方法は管理栄養士が調査票表紙の記入例を用いて研究協力者に記入方法を説明し、調査票本文を印刷した用紙に本人が記入した。記入に問題がある場合は管理栄養士がサポートした。対象者が記入するのは、氏名、性別、生年月日、身長、体重、年齢等の個人情報、7つの身体活動区分の各活動時間、食事に関する項目である。食物摂取頻度と食事調査項目は30の食品グループと10種類の調理法から構成され、1週間を単位に食物摂取量（少し、普通、たっぷり）と摂取頻度について該当する番号または個数を記入する。栄養価計算のソフトウェアはエクセル栄養君Ver. 9（建帛社）を用いて、調査票に記載された内容を入力し、エネルギー

摂取量およびエネルギー産生栄養素比率、ビタミンおよびミネラル摂取量について算出した。また、算出したエネルギーおよび栄養素のうち、エネルギーとタンパク質量を分析に使用した。

対象者②に対しては食事記録法を採用し、使用調査票は過去に提出された3日間の食事記録を使用した。食事記録は、初診時に管理栄養士が記録用紙を渡して患者に説明を行い、次回受診日までの3日間について摂取した料理名、食品名、目安量（可能なら重量）を本人または家族が記載し提出されたものである。記載が不明確な場合は、提出時に管理栄養士が口頭で確認した。栄養価計算ソフトウェアは、エクセル栄養君Ver. 9（建帛社）を使用し、1日ずつのエネルギーおよび栄養素の算出を行った後3日間の平均値を求め、エネルギーおよびタンパク質量を分析に使用した。

4. その他の情報の調査

電子カルテより脈拍、血液、HbA1c（NGSP値）、尿素窒素、クレアチニンについて収集した。

5. 統計解析方法

年齢、身長、体重、BMI、全身筋肉量、四肢骨格筋量、SMI、体脂肪量、体脂肪率、除脂肪体重について、低レベル群と維持群の平均値および標準偏差を算出した。除脂肪体重は体重（kg）から体脂肪量（kg）を引いた値とした。骨格筋量は身長による影響を受けるので、本研究においては測定結果の骨格筋量（kg）を身長（m）の二乗で除した値を骨格筋指数（SMI）とし、四肢骨格筋量の指標とした。

SMIはサルコペニアの診断に使用されているアジアサルコペニアワーキンググループが提案した男性のカットオフ値 $7.0\text{kg}/\text{m}^2$ ¹⁷⁾を用い、SMI $7.0\text{kg}/\text{m}^2$ 未満を低レベル群、SMI $7.0\text{kg}/\text{m}^2$ 以上を維持群とした。

対象①と②を合計した総計38人を2群に分け、年齢、身長、体重、BMI、全身筋肉量、四肢骨格筋量、SMI、体脂肪量、体脂肪率、除脂肪体重、エネルギーおよびタンパク質摂取量について2群間の平均値の比較を行った。

エネルギーおよびタンパク質摂取量は現在の体重（以下、現体重）1 kg当たりと目標体重1 kg当たりの摂取量を算出した後、解析に用いた。目標体重は糖尿病診療ガイドライン2019年版の食事療法に記載されている高齢者の目標体重であるBMI $22 \sim 25\text{kg}/\text{m}^2$ の下限値を使用した。

統計分析は等分散を仮定した2群間の検定（t検定）を行った。また統計ソフトウェアはMicrosoft® Excel® 2016MSO（16.0.13426.20270）32ビットを用い

て解析を行い、有意水準は5%未満とした。SMIと年齢についての相関関係の分析には統計解析ソフトウェアJMP Pro14.2Winを使用した。

6. 倫理的配慮

本研究は、東京医療保健大学ヒトに関する研究倫理委員会の承認を得た後実施した(承認番号:院31-76c)。

結果

低レベル群は6人(15.6%)、維持群32人(88.9%)だった。

1. 基本属性

表1に年齢、身長、体組成測定結果、骨格筋指数、体脂肪率、除脂肪体重を示した。体重、BMI、全身筋肉量、四肢骨格筋量、除脂肪体重が低レベル群で低く有意な差が認められた ($p < 0.05$)。体脂肪率は2群間

で有意な差は、認められなかった。

表2には、SMI低レベル群と維持群におけるBMIの分布を示した。BMI 22kg/m²以上で低レベル群に含まれるのは30人中2人(7%)、BMI 22kg/m²未満で維持群に含まれるのは8人中4人(50%)であり、BMIが22kg/m²以上でもSMIが低下している者やBMIが22kg/m²未満でもSMIを維持している者がいた。

2. 脈拍、血圧、血液生化学検査

表3に脈拍、収縮期血圧、拡張期血圧、HbA1c、尿素窒素、クレアチニンを示した。結果は、いずれも2群間で有意な差は認められなかった。

3. エネルギーおよびタンパク質摂取量

エネルギーおよびタンパク質について現体重1kg当たりの摂取量を表4に示し、目標体重(BMI 22kg/m²)1kg当たりの摂取量を表5に示した。

エネルギーについては現体重1kg当たりの摂取量

表1 骨格筋指数低レベル群と維持群における基本属性

	低レベル群 [*] (n=6)	維持群 ^{**} (n=32)	p値
年齢(歳)	70.3±3.3	69.8±3.0	0.700
身長(cm)	165.7±4.0	165.7±6.0	0.985
体重(kg)	57.0±7.1	66.4±7.0	0.005*
BMI(kg/m ²)	20.7±2.1	24.2±2.1	0.001*
全身筋肉量(kg)	23.4±1.9	26.9±2.1	0.001*
四肢骨格筋量(kg)	17.8±1.8	20.8±2.0	0.001*
骨格筋指数(kg/m ²)	6.5±0.4	7.6±0.4	-
体脂肪量(kg)	14.1±4.9	17.4±4.6	0.118
体脂肪率(%)	24.2±5.6	25.9±4.6	0.430
除脂肪体重(kg)	43.0±3.3	48.9±3.6	0.001*

^{*}低レベル群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)未満 ^{**}維持群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)以上

数値:平均値±標準偏差

p値:低レベル群と維持群の平均値についてのt検定(*有意水準 $p < 0.05$)

BMI:body mass index:体重(kg)/身長(m)²

骨格筋指数(skeletal muscle mass index):四肢骨格筋量(kg)/身長(m)²

表2 骨格筋指数低レベル群と維持群におけるBMIの分布

	低レベル群 [*]		維持群 ^{**}		計	
	人	(%)	人	(%)	人	(%)
BMI22(kg/m ²)未満	4	(50%)	4	(50%)	8	(100%)
BMI22(kg/m ²)以上	2	(7%)	28	(93%)	30	(100%)
計	6	(16%)	32	(84%)	38	(100%)

^{*}低レベル群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)未満 ^{**}維持群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)以上

表3 骨格筋指数低レベル群と維持群における脈拍、血圧、血液生化学検査値

	低レベル群 ^{**} (n=6)	維持群 ^{***} (n=32)	p値
脈拍(回)	74.8±8.7	78.3±17.3	0.642
収縮期血圧(mmHg)	138.8±12.7	136.8±20.6	0.816
拡張期血圧(mmHg)	76.3±14.5	79.2±18.3	0.718
HbA1c(%)	8.0±1.3	8.4±1.8	0.622
尿素窒素(mg/dL)	17.1±2.1	18.3±5.0	0.550
クレアチニン(mg/dL)	0.8±0.1	0.9±0.3	0.304

^{**}低レベル群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)未満 ^{***}維持群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)以上

数値:平均値±標準偏差

p 値:低レベル群と維持群の平均値についての t 検定(*有意水準 p<0.05)

HbA1c:NGSP 値

表4 骨格筋指数低レベル群と維持群における現体重1 kg当たりのエネルギー及びタンパク質摂取量

	低レベル群 ^{**} (n=6)	維持群 ^{***} (n=32)	p値
エネルギー(kcal)	32.6±4.8	28.3±5.4	0.073
タンパク質(g)	1.6±0.5	1.2±0.3	0.023*

^{**}低レベル群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)未満 ^{***}維持群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)以上

数値:平均値±標準偏差

p 値:低レベル群と維持群の平均値についての t 検定(*有意水準 p<0.05)

(表4)及び目標体重1 kg当たりの摂取量(表5)のどちらも2群間に有意な差は認められなかった。タンパク質については、現体重1 kg当たりのタンパク質摂取量(表4)では低レベル群の方が多く(p=0.023)、目標体重1 kg当たりの摂取量(表5)では有意な差が認められなかった。

考察

糖尿病患者は健常者に比べサルコペニアになるリスクが高いため¹³⁾⁻¹⁵⁾、その予防には骨格筋量の減少を防止する適切な食事管理が重要である。昨今、糖尿病患者の体組成についての研究が様々な分野で盛んに行われている一方で、体組成と栄養摂取状況を同時に行った研究は少ないのが現状である。本研究では、対象者は研究協力施設を初めて受診した患者に限定し、高齢2型糖尿病患者(男性)における体組成の実態把握と食事調査を行い、エネルギーとタンパク質の摂取状況について分析を行った。

表4、表5に示したエネルギー摂取量については、低レベル群と維持群で有意な差は認められなかった。ヨーロッパ臨床栄養・代謝学会(European Society for Clinical Nutrition and Metabolism、以下ESPEN)における高齢者の摂取エネルギーの推奨値は身体活

動レベル1.2~1.8に基づき24~36kcal/現体重kg/日、低体重(BMI 21kg/m²以下)の高齢者の場合32~38kcal/現体重kg/日が最低必要摂取量とされている¹⁸⁾。これらの報告と本研究結果を比較すると、表4で示した維持群のエネルギー摂取量は28.3±5.4kcal/現体重kg/日であり、高齢者の摂取エネルギーの推奨値の範囲に含まれていた。低レベル群のエネルギー摂取量は32.6±4.8kcal/現体重kg/日であり、低体重の高齢者の最低摂取必要量の下限付近だが、摂取量のばらつきにより最低摂取必要量を下回っていた対象者が含まれていた可能性がある。また、現在の摂取エネルギーが最低摂取必要量の範囲内であっても、過去の食事制限による摂取エネルギー不足、内服の中断によるインスリン作用不足状態や血糖コントロール不良による異化亢進状態などの長期的な影響によりSMIが低レベルに至った可能性が考えられる。

タンパク質摂取量については、現体重1 kg当たりのタンパク質摂取量(表4)が低レベル群で多く(p=0.023)、目標体重1 kg当たりのタンパク質摂取量(表5)では有意な差が認められなかった。糖尿病診療ガイドライン2019年版には推奨するタンパク質の摂取量は明示されておらず、骨格筋量の低下が見られる患者においては摂取量が不足しているのではないかと懸念が本研究の背景にある。ESPENガイドラ

インによると、高齢者の骨格筋の量と機能を維持するためには少なくとも1.0～1.2g/現体重kg/日のタンパク質の摂取が必要である。さらに、低栄養または低栄養のリスクがある高齢者では1.2～1.5g/現体重kg/日のタンパク質摂取を奨励するとされている¹⁹⁾。本研究では、維持群のタンパク質摂取量は1.2±0.3g/現体重kg/日であり、高齢者の骨格筋の量と機能を維持するために必要とされる量と同等だった。また、低レベル群のタンパク質摂取量は1.6±0.5g/現体重kg/日であり、低栄養または低栄養のリスクがある高齢者に推奨される量と同等だった。それにも関わらず低レベル群のSMIが低いのは、筋肉量を十分に保つためのエネルギーやタンパク質摂取量が不十分だった結果であるが、その理由としてはエネルギー摂取量の不足と同様、過去の食事制限による体重減少、薬物用法の中断や血糖コントロール不良の期間の他、同化閾値の変化の存在が考えられる。

Dominiqueらは、多くの研究はアミノ酸とインスリンが食後のタンパク質合成の促進に重要であることや、タンパク同化に対する抵抗性の一因として「同化閾値」の変化について述べており、特に高齢者ではエネルギーやタンパク質が通常の摂取量でもサルコペニアになるのは、タンパク合成が開始される血中アミノ酸濃度の閾値が高くなるのが理由であり、栄養的な戦略としては、タンパク質やロイシンなどアミノ酸の同化因子の摂取量を増やすことがその一つであるとしている¹⁹⁾。

糖尿病治療においてはインスリン抵抗性の存在や、同化を促進する薬剤（インスリンやインスリン抵抗性改善薬など）の影響も考える必要がある。Dominiqueらは、筋肉の消耗に、グルココルチコイド、サイトカイン、酸化ストレスなどの異化を促進する因子の有害性についても示している¹⁹⁾。血糖コントロール不良はサルコペニアのリスクとされる¹¹⁾が、本研究の対象者の平均HbA1cについては低レベル群で血糖コントロール不良を予測したが、低レベル群8.0±1.3%、維持群8.4±1.8%といずれも高くインスリン作用不足

の状態では有意な差は認められなかった。患者背景として、歯周病など炎症の有無や進行した動脈硬化、異所性脂肪による筋肉や肝臓のインスリン抵抗性などの存在も筋肉の消耗に影響すると思われるが、本研究ではそれらの情報収集は一部のみに限られ、十分ではなかったため解析には至らなかった。

インスリン抵抗性に関連するのは、肝からの糖新生と骨格筋の糖取り込みが中心だが、後者ではこれを担うグルコース輸送担体（GLUT4: glucose transporter4）の発現が加齢に伴って低下することが報告されている²⁰⁾。骨格筋は生体内における最大の糖取り込み臓器であり、サルコペニアの進行した糖尿病では、特に骨格筋主体のインスリン抵抗性を呈し、食後の高血糖をきたすものと考えられている²¹⁾。インスリン抵抗性改善薬の内服によって骨格筋量の減少幅が少なかったという報告がある²²⁾。本研究では、薬物療法について2群間の比較を行うことができなかったが、解析を行う場合、過去の薬物療法の状況や服薬コンプライアンスに関する情報も必要と思われる。

本研究の限界として横断研究であるため一時点の比較であり、過去におけるエネルギーやタンパク質摂取量の不足や、血糖コントロールが不十分だった期間の影響については考慮できず、今後継続的な検討が必要である。また、単一施設の研究であったため解析対象が少なく偏りがあった可能性があり、本研究結果を一般化して解釈することは難しい。

対象者については研究の計画段階では対象者①のみで分析を行う予定だったが、研究協力者数の不足により分析が困難となることが予想されたため、対象を拡大し、過去に体組成測定を行い、食事記録を提出したことのある対象者②についても調査を行うこととした。研究協力施設では食事記録を提出する人とならない人がおり、選択バイアスとなった可能性がある。今後も継続して対象者①で計画した食物摂取頻度調査による栄養素摂取状況調査を行い、対象者を増やした状態で改めて分析を行うことで、更なる有用な情報が得られる可能性がある。

表5 骨格筋指数低レベル群と維持群における目標体重1 kg当たりのエネルギー及びタンパク質摂取量

	低レベル群 [*] (n=6)	維持群 ^{**} (n=32)	p値
エネルギー(kcal)	30.8±5.6	30.9±5.5	0.973
タンパク質(g)	1.5±0.4	1.3±0.3	0.391

^{*}低レベル群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)未満 ^{**}維持群:骨格筋指数 7.0(kg/m²)以上

数値:平均値±標準偏差

p 値:低レベル群と維持群の平均値についての t 検定(*有意水準 p<0.05)

目標体重: BMI22(kg/m²)の時の体重

結論

高齢男性2型糖尿病患者において、エネルギーおよびタンパク質摂取量をSMI低レベル群と維持群と比較したが、その関係性については明らかにならなかった。低レベル群の対象者において、エネルギーやタンパク質摂取量の不足や過去の血糖コントロール不良の影響が背景にあり、このことが筋肉量の減少につながった可能性が考えられる。

利益相反

論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

引用文献

- 1) Park S, Goodpaster B, Lee J, et al. Excessive loss of skeletal muscle mass in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2009;32(11):1993-1997. DOI: 10.2337/dc09-0264
- 2) Park S, Goodpaster B, Strotmeyer E, et al. Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2007;30(6) 1507-1512. <https://doi.org/10.2337/dc06-2537>
- 3) Beaudart C, Reginster JY, Petermans J, et al. Quality of life and physical components linked to sarcopenia. The SarcoPhAge study. *Exp Gerontol* 2015; 69: 103-110. DOI:10.1016/j.exger.2015.05.003
- 4) Spira D, Buchmann N, Nikolov J, et al. Association of low lean mass with frailty and physical performance: a comparison between two operational definitions of sarcopenia-data from the Berlin Aging Study II (BASE-II). *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2015;70:779-784. DOI: 10.1093/gerona/glu246
- 5) Du Y, Karvellas CJ, Baracos V, et al. Acute Care and Emergency Surgery (ACES) Group. Sarcopenia is a predictor of outcomes in very elderly patients undergoing emergency surgery. *Surgery* 2014;156:521-527.
- 6) Harimoto N, Shirabe K, Yamashita Y-I, et al. Sarcopenia as a predictor of prognosis in patients following hepatectomy for hepatocellular carcinoma. *Br J Surg* 2013; 100: 1523-1530. DOI: 10.1002/bjs.9258
- 7) Iritani S, Imai K, Takai K, et al. Skeletal muscle depletion is an independent prognostic factor for hepatocellular carcinoma. *J Gastroenterol* 2015; 50: 323-332. DOI: 10.1007/s00535-014-0964-9
- 8) Valero V 3rd, Amini N, Spolverato G, et al. Sarcopenia adversely impacts postoperative complications following resection or transplantation in patients with primary liver tumors. *J Gastrointest Surg* 2015; 19: 272-281. DOI: 10.1007/s11605-014-2680-4
- 9) 糖尿病診療ガイドライン2016. 於: 日本糖尿病学会編・著. 東京: 南光堂 2016;40
- 10) Tokunaga K, Matsuzawa Y, Kotani K, Keno Y, Kobatake T, Fujioka S, Tarui S. Ideal body weight estimated from the body mass index with the lowest morbidity. *Int j Obes* 1991;15:1-5.
- 11) 糖尿病診療ガイドライン2019. 於: 日本糖尿病学会編・著. 東京: 南光堂 2019
- 12) 伊藤貞嘉, 佐々木敏 監修. 日本人の食事摂取基準2020年版. 東京: 第一出版 2019
- 13) Anbalagan VP, Venkataraman V, Pradeepa R, Deepa M, Anjana RM, Mohan V. The prevalence of presarcopenia in Asian Indian individuals with and without type 2 diabetes. *Diabetes Technol Ther.* 2013;15(9):768-775. DOI : 10.1089 / dia.2013.0068
- 14) Landi F, Onder G, Bernabei R, Patients with Type 2 Diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. *Journal of the American Medical Directors Association* 2013;14(8):540-541
- 15) Srikanthan P, Hevener AL, Karlamangla AS. Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III. *PLoS One.* 2010; 5(5): e10805. DOI: 10.1371/journal.pone.0010805
- 16) Fukuoka Y, Narita T, Fujita H. Importance of physical evaluation using skeletal muscle mass index and body fat percentage to prevent sarcopenia in elderly Japanese diabetes patients. *J Diabetes Investig* 2019; 10:322-330
- 17) サルコペニア診療ガイドライン2017年版. 於: サルコペニア診療ガイドライン作成委員会編. 東京: ライフサイエンス出版2017;34
- 18) European Society for Clinical Nutrition and Metabolism(ESPEN). ESPEN guideline on clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clinical Nutrition* 2019; 38: 10-47
- 19) Dardevet D, Rémond D, Peyron MA, Papet I, Savary-Auzeloux I, Mosoni L. Muscle wasting and

- resistance of muscle anabolism: The “Anabolic Threshold Concept” for Adapted Nutritional Strategies during Sarcopenia. *The Scientific World Journal* Volume 2012, Article ID 269531, 6 pages. DOI: 10.1100/2012/269531
- 20) Houmard JA, Weidner MD, Dolan PL, et al. Skeletal muscle GLUT4 protein concentration and aging in humans. *Diabetes* 1995 May;44(5):555-560. <https://doi.org/10.2337/diab.44.5.555>
- 21) 笹子敬洋, 植木浩二郎. 糖尿病とサルコペニア. *医学のあゆみ*. 東京: 医歯薬出版 2019;271 (3):238
- 22) Lee CG, Boyko EJ, Barrett-Connor E, et al. Insulin sensitizers may attenuate lean mass loss in older men with diabetes. *Diabetes Care* 2011;34:2381-2386 DOI: 10.2337/dc11-1032