The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	栄養摂取を介した咬合力と運動機能ならびにADLとの関連
Author(s)	岡田, 匡史
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34361
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

栄養摂取を介した咬合力と運動機能ならびにADLとの関連

大阪大学大学院歯学研究科
統合機能口腔科学専攻
顎口腔機能再建学講座

岡田　匡史

指導

大阪大学大学院歯学研究科
統合機能口腔科学
前田芳信教授

【諸言】

医療や福祉，公衆衛生の進歩などによって，日本の平均寿命は，飛躍的にのびている．厚生労働省によると，2010年の日本の平均寿命は，男性79.55歳，女性86.30歳であり，世界の中でもトップクラスである．また，出生率の低下に伴い，2012年時点で総人口に占める65歳以上の高齢者人口の割合（高齢化率）は24.1%となり，日本は超高齢社会をむかえている．

そのような中，咀嚼機能と運動機能との関連についての報告が，高齢者においていくつかなされている．Yamagaら(1)は，70歳と80歳の高齢者において，臼歯部の咬合支持の分類であるEichner分類が，下肢の伸展力や足踏みの回数と関連することを報告している．また，Moriyaら(2)は，65-74歳の高齢者において，自己評価した咀嚼能力が，握力と関連することを報告している．さらに，咀嚼機能と運動機能とが関連するメカニズムについて，

咀嚼機能が，栄養摂取を媒介して運動機能に関連する可能性があると議論されている(3)．しかし，栄養摂取を媒介する可能性については，考察されているものの，詳細は未だに不明である．

咀嚼機能と栄養摂取との関連については，歯数の減少に伴い，食物の好みが変わる(4, 5)，摂取可能食品が制限される(4, 6)，また栄養摂取が不足する(7, 8)，といわれている．さらに，咬合接触する歯の減少と肉類などの繊維質の食品摂取不足とが関連しているとの報告もある(9, 10)．また，歯の減少とタンパク質摂取の減少との関連についても報告されている(10)．65歳以上の自立した生活を送っている高齢者において，無歯顎者よりも有歯顎者の方が，タンパク質を多く摂取しており，さらに，歯数が多いほどタンパク質摂取が多いといわれている(11)．これらの報告から，口腔機能の中でも特に咀嚼機能が，肉類などの食品摂取やタンパク質などの栄養摂取に影響を

及ぼすことが考えられる．

栄養摂取と運動機能との関連については，タンパク質摂取不足と筋肉量や筋力の低下，すなわちサルコペニアとの関連についての報告がなされている(12)．サルコペニアとは，加齢によって生じる筋肉量の低下を意味する言葉として 1997 年に提唱されたものである(13)．サルコペニアの診断基準は，筋肉量，握力などの筋力，歩行の速さなどの身体機能の 3 つである．筋肉量の低下が認められ，さらに筋力もしくは身体機能の低下が認められれば，サルコペニアと診断される．2010 年には，加齢のみが原因のサルコペニアは，原発性サルコペニアと定義され，活動，栄養，疾患が原因のサルコペニアは，二次性サルコペニアと定義された(14)．栄養に関連したサルコペニアにおいて，タンパク質は重要な役割を担っていると考えられている(15)．タンパク質摂取が不足すると，筋肉内のタンパク質合成が抑制され，運動機能に影響が及ぶこと

が報告されている(16, 17).

運動機能とADLとの関連については，歩行の速さや立ち上がりなどの下肢の運動機能とADLとの関連についての報告がなされている(18-28).

これらの報告から，咀嚼機能の指標として最大咬合力の低下が，タンパク質の摂取不足を招き，その結果，運動機能が低下し，さらにはADLの低下につながるという仮説を立てた.

しかし，これまでの報告では，咀嚼機能，栄養摂取，運動機能，ADLについて，2因子間のみの検討が，断片的にしか行われてこなかった．また，運動機能やADLに対する，栄養摂取を媒介した咀嚼機能の重要性を示す科学的根拠は，乏しいのが現状である.

【目的】

そこで，本研究の目的は，高齢者において最大咬合力が，タンパク質摂取を媒介して運動機能さらにはADLに関連するか，同一の対象者に対して包括的に検討することとした．そのため，まず分析Ⅰにおいて，対象者の概要について示し，分析Ⅱにおいて，ADLと関連する運動機能について検討した．次に分析Ⅲにおいて，ADLとの関連が認められた下肢の運動機能に対して，最大咬合力ならびにタンパク質摂取が，関連するか検討した．最後に分析Ⅳにおいて，最大咬合力が，タンパク質摂取を媒介して下肢の運動機能さらにはADLに影響するというモデルを製作し，統計学的に検討した．

【方法】

現在，我々は，70 歳，80 歳，90 歳と 100 歳以上の高齢者を対象に，健康長寿の関連要因を探索する SONIC（Septuagenarian, Octogenarian, Nonagenarian Investigation with Centenarian） Study を行っている．SONIC Study では，大阪大学大学院歯学研究科，大阪大学大学院医学系研究科，大阪大学大学院人間科学研究科，東京都健康長寿医療センター研究所，慶應義塾大学医学部，東京大学大学院医学系研究科が共同で，健康長寿の関連要因を探索する，学際的研究を行っている．

1. 対象者

本研究の対象者について，まず兵庫県伊丹市，朝来市，東京都板橋区，西多摩郡の一部地域の住民基本台帳から対象年齢の者全てを抽出し，69-71 歳（70 歳群）4267 名（男性 2071 名，女性 2196 名）と 79-81 歳（80 歳群）5378 名（男性 2241 名，女性 3137 名）に調査参加

への依頼状を送付した．そして，その中から研究参加の同意が得られた70歳群1000名（男性477名，女性523名）と80歳群973名（男性457名，女性516名）を調査の対象とした．そのうち，本研究の調査項目全てを終了することができ，栄養調査においても除外されなかった70歳群736名（男性350名，女性386名）と80歳群717名（男性347名，女性370名）を分析の対象とした（図1）．

70歳群の調査は，2010年度に行われ，80歳群の調査は，2011年度に行われた．調査については，各地域の会場を借りて，会場調査を行った．

本研究は，70歳群，80歳群を対象とした横断研究である．

なお本研究は，大阪大学大学院歯学研究科倫理審査委員会の承認を得て実施している（承認番号：H22-E9）．

2.評価項目（咀嚼機能）

咀嚼機能の評価については，最大咬合力をデンタルプレスケール（50H，Rタイプ，ジーシー社）を用いて測定した．これを対象者に咬頭嵌合位にて，3秒間努力し得る最大の力で噛みしめてもらい，オクルーザーFPD-707（ジーシー社）を用いて最大咬合力を算出した．その際，義歯使用者は，義歯を装着した状態で最大咬合力を測定した．最大咬合力の測定は，大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科に所属している歯科医師が行った．

残存歯や義歯による咬合支持がなく，最大咬合力の測定ができなかった者など（44名）は，分析の対象から除外した．

3.評価項目（運動機能）

運動機能評価については，筋力の指標として握力を測定し，下肢の運動機能としてステッピング，立ち上がり，歩行の速さを測定した．

握力の測定では，利き手を尋ね，椅子座位で2回測定し，平均値（kgf）を算出した．握力は，簡便でかつ安全に測定することが可能である．握力は，下肢の筋力，膝の伸展力，ふくらはぎの筋断面積と関連することが報告されており(29)，また，サルコペニアの診断基準の一つとなっていることから(14)，全身の筋力の指標として考えることができる．

ステッピングの測定では，椅子座位で両足を中央に揃えた状態から，可能な限り速く両足を左右同時に開き，再び元の位置に戻す，という動作を行うよう対象者に指示した(30)．この一連の動作を1回と数え，20秒間で何回反復できるかを測定し，ステッピングの速さ（回/s）を算出した．ステッピングは素早く両足を左右同時に開閉することから，敏捷性や下肢の筋力の指標として考えることができる．

立ち上がりでは，椅子から立ち上がったり座ったりするのを，可能な限り速く5回行う

よう対象者に指示した．これを何秒でできるかを測定し，立ち上がりの速さ（回/s）を算出した．立ち上がりは，下肢の筋力と高い相関を認め(31)，またADL低下の予測因子であると報告されている(18-20)．

歩行の速さでは，普段通りに2.44mを2回歩いてもらい，歩行の速さ（m/s）の平均値を算出した．歩行の速さはサルコペニアや虚弱の診断基準の一つであり(14, 32)，ADL低下の予測因子であると報告されている(18-28)．運動機能の測定は，大阪大学大学院人間科学研究科ならびに東京都健康長寿医療センター研究所の研究者が行った．

虚弱などで運動機能の検査ができなかった者（94名）は，分析の対象から除外した．

下肢の運動機能には，筋力，敏捷性，歩行能力など様々な要素が含まれている．そのため，下肢の運動機能を総合的に評価するのは困難である．そこで本研究では，立ち上がり，ステッピング，歩行の速さについて因子分析

を行い因子得点を算出し，下肢の運動機能を総合的に評価することとした．得られた因子得点を下肢の運動機能（因子得点）とし，以後の分析で使用した．

因子得点の算出には，分析用ソフトウェア SPSS Version20.0（IBM Japan，東京）を用いた．

4.評価項目（栄養摂取）

栄養摂取評価については，簡易型自記式食事歴法質問票（BDHQ：brief-type self-administered diet history questionnaire）を用いた(33, 34)．BDHQは，過去1か月間の各食品の摂取頻度，摂取量，普段の食行動，調理方法を回答する質問票であり，専用の栄養計算プログラムにより15種類の食品群や96種類の栄養素の摂取重量を算出することができる．対象者には，自宅でBDHQに答えるよう指示し，調査会場にて東京大学大学院医学系研究科の研究者（管理栄養士）または大

阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科に所属している歯科医師が，BDHQ の回答内容を確認した．

極端に摂取エネルギー量が少ない者や多い者（1 日当たり 600kcal 未満もしくは 4000kcal 以上の者 17 名），医師や栄養士に食事指導を最近受けた者（181 名），この 1 年の間に意図的に食事内容を変更した者（184 名）は，分析の対象から除外した．

BDHQ から算出したタンパク質摂取量よりも，総摂取エネルギー量に対するタンパク質の摂取エネルギー量の割合（%エネルギー，以後タンパク質摂取割合とする）の方が，実際のタンパク質摂取量をランク付けする能力が高いと報告されている(33)．そのため，タンパク質摂取割合を算出し，以後の分析に使用した．

5．評価項目（ADL）

ADL の評価については，東京都健康長寿医

療センター研究所による活動能力指標を用いた．この指標は，Koyanoらが開発した自記式の高齢者用生活機能評価尺度で(35)，手段的自立（5項目），知的能動性（4項目），および社会的役割（4項目）の3因子13項目からなる（表1）．全ての項目について，その可否を「はい」「いいえ」で回答し，それぞれ1点と0点を与える．可能得点範囲は0点から13点であり，高得点になるほどADLが高い状態を示す．この得点をADLの指標として分析に用いた．東京都健康長寿医療センター研究所による活動能力指標は，高次のADLを評価することが可能であり，在宅高齢者の活動能力を評価するのに適していると考えられている(35)．

ADLの評価は，大阪大学大学院人間科学研究科ならびに東京都健康長寿医療センター研究所の研究者が行った．

【分析Ⅰ　対象者の概要についての検討】

対象者の概要について検討するために，まず各調査項目におけるヒストグラムを作成し，それぞれの分布について調べた．次に各調査項目において，70 歳群と 80 歳群とを比較した．一般的に男性の方が筋力が高いため，女性よりも最大咬合力や運動機能は高いと考えられる．また，栄養摂取については，男女で食物の嗜好の差があると考えられる．さらに，平均寿命や健康寿命は女性の方が男性よりも長いことが報告されている．これらのことから，最大咬合力，運動機能，タンパク質摂取割合，ADL について，男女別に 70 歳群と 80 歳群の比較を行った．

1．分析方法Ⅰ

まず，最大咬合力，握力，ステッピング，立ち上がり，歩行の速さ，下肢の運動機能（因子得点），タンパク質摂取割合，ADL についてヒストグラムを作成した．次に，男女別に 70

歳群と 80 歳群の平均値，中央値，25 パーセンタイル，75 パーセンタイルを調べ，また年齢差が認められるか Mann-Whitney の U 検定を用いて検討した．

分析には，分析用ソフトウェア SPSS Version20.0（IBM Japan，東京）を用いた．有意水準は 5%とした．

2.分析結果 I

最大咬合力，握力，ステッピング，立ち上がり，歩行の速さ，下肢の運動機能（因子得点），タンパク質摂取割合，ADL について，男女別に 70 歳群と 80 歳群のヒストグラム（図 2-9），平均値，中央値，25 パーセンタイル，75 パーセンタイルを示す（表 2）．

1)最大咬合力

男女共に最大咬合力は，70 歳群の方が 80 歳群よりも高く，有意差が認められた（$p<0.001$）．

2)握力

男性の握力は，70歳群の方が80歳群よりも高く，有意差が認められた（$p<0.001$）．一方で，女性の握力は，70歳群と80歳群との間に有意差が認められなかった（$p=0.073$）．

3)ステッピング

男女共にステッピングは，70歳群の方が80歳群よりも速く，有意差が認められた（$p<0.001$）．

4)立ち上がり

男女共に立ち上がりは，70歳群の方が80歳群よりも速く，有意差が認められた（$p<0.001$）．

5)歩行の速さ

男女共に歩行の速さは，70歳群の方が80歳群よりも速く，有意差が認められた（$p<0.001$）．

6)下肢の運動機能（因子得点）

男女共に下肢の運動機能（因子得点）は，70歳群の方が80歳群よりも高く，有意差が認められた（$p<0.001$）.

7)タンパク質摂取割合

男性のタンパク質摂取割合は，80歳群の方が70歳群よりも高く，有意差が認められた（$p<0.001$）. 女性のタンパク質摂取割合は70歳群の方が80歳群よりも高く，有意差が認められた（$p=0.006$）.

8)ADL

男女共にADLは，70歳群の方が80歳群よりも高く，有意差が認められた（男性：$p=0.008$，女性：$p<0.001$）.

【分析Ⅱ　ADLと運動機能との関連についての検討】

ADLに対して，握力や下肢の運動機能（因子得点）などの運動機能が関連するか検討した．

1.分析方法Ⅱ

まず，2変量間の分析としてSpearmanの順位相関係数の検定を行ったのちに，多変量解析としてADLを従属変数としたロジスティック回帰分析を行った．分析Ⅰで得られたヒストグラムより，ADLが13点満点の者が最も多い結果となったため，分析Ⅱでは，ADLが12点以下を0，13点満点を1とした．独立変数は，ADLと有意な相関関係が認められた下肢の運動機能（因子得点）と，年齢，性別とし，強制投入法を用いた．独立変数のうち，下肢の運動機能（因子得点）は，平均値未満を0，平均値以上を1とし，年齢は70歳群を0，80歳群を1，性別は男性を0，女性を1とし，名義

変数として扱った．

分析には，分析用ソフトウェア SPSS Version20.0（IBM Japan，東京）を用いた．有意水準は 5%とした．

2．分析結果Ⅱ

握力と ADL の間には，有意な相関関係は認められなかったが（p=0.78），下肢の運動機能（因子得点）と ADL の間には，有意な弱い正の相関関係が認められた（Spearman の順位相関係数：rs=0.24，p<0.001）．

続いて ADL を従属変数としたロジスティック回帰分析を行った結果，全ての変数は有意な独立変数であった．すなわち，年齢（オッズ比：OR=0.62，p<0.001），性別（OR=1.63，p<0.001）による影響を調整した上でも，下肢の運動機能（因子得点）（OR=1.88，p<0.001）は，ADL と有意に関連していた（表 3）．

【分析Ⅲ　下肢の運動機能（因子得点）と最大咬合力やタンパク質摂取割合との関連についての検討】

分析Ⅱの結果よりADLと関連の認められた下肢の運動機能（因子得点）に対し，最大咬合力やタンパク質摂取割合が，関連するか検討した．

1．分析方法Ⅲ

最大咬合力ならびにタンパク質摂取割合が，下肢の運動機能（因子得点）と関連するか，まず2変量間の分析としてSpearmanの順位相関係数の検定を行った後に，多変量解析として下肢の運動機能（因子得点）を従属変数とした重回帰分析を行った．独立変数は，下肢の運動機能（因子得点）と有意な相関関係が認められた最大咬合力ならびにタンパク質摂取割合と，握力，年齢，性別とし，強制投入法を用いた．独立変数のうち，最大咬合力，タンパク質摂取割合，握力は，連続変数とし

て扱った．年齢は 70 歳群を 0，80 歳群を 1，性別は男性を 0，女性を 1 とし，名義変数として扱った．

分析には，分析用ソフトウェア SPSS Version20.0（IBM Japan，東京）を用いた．有意水準は 5%とした．

2．分析結果Ⅲ

まず相関関係について，下肢の運動機能（因子得点）と最大咬合力（rs=0.24，p<0.001），ならびに下肢の運動機能（因子得点）とタンパク質摂取割合（rs=0.11，p<0.001）との間に有意な弱い正の相関関係が認められた．

続いて下肢の運動機能（因子得点）を従属変数とした重回帰分析を行った結果，全ての変数は有意な独立変数であった．すなわち，握力（標準化偏回帰係数：β=0.20，p<0.001），年齢（β=-0.13，p<0.001），性別（β=0.10，p<0.001）による影響を調整した上でも，最大咬合力（β=0.13，p<0.001）ならびにタンパク

質摂取割合（$\beta=0.12$, $p<0.001$）は，下肢の運動機能（因子得点）と有意に関連していた（表4）.

【分析Ⅳ　最大咬合力，タンパク質摂取割合，下肢の運動機能（因子得点），ADLについての包括的検討】

分析Ⅱ，Ⅲの結果に加え，咀嚼機能がタンパク質摂取に関連するという報告(11)や，タンパク質摂取が運動機能に関連するという報告(12, 36)などから，最大咬合力は，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）に関連している可能性が考えられる．そのため分析Ⅳとして，最大咬合力は，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）さらにはADLに関連するという仮説について，包括的に検討した．

1. 分析方法Ⅳ

最大咬合力の低下は，タンパク質摂取割合の低下を媒介して，下肢の運動機能（因子得点）さらにはADLの低下に影響するか，パス解析ならびに媒介分析を行った．媒介分析では，ブートストラップ法を用いた．

最大咬合力は，下肢の運動機能（因子得点）に直接関連するだけでなく，タンパク質摂取割合を媒介しても関連するというモデルを製作した．また下肢の運動機能（因子得点）は，ADLに関連するというパスを付け加えた．このモデルにおいて，最大咬合力ならびに下肢の運動機能（因子得点）は，握力による影響を調整し，また全ての変数は，年齢，性別による影響を調整した．各変数について，最大咬合力，タンパク質摂取割合，握力，下肢の運動機能（因子得点），ADLは，連続変数として扱った．年齢は70歳群を0，80歳群を1，性別は男性を0，女性を1とし，名義変数として扱った．

分析には，分析用ソフトウェア Amos Version20.0（IBM Japan，東京）を用いた．有意水準は5%とした．適合度の指標として，GFI（基準値0.900以上），CFI（基準値0.900以上），RMSEA（基準値0.050以下）を用いた．

2. 分析結果Ⅳ

分析の結果，最大咬合力（標準化推定値：0.13，$p<0.001$）ならびにタンパク質摂取割合（標準化推定値：0.12，$p<0.001$）は，下肢の運動機能（因子得点）に有意に関連し，さらに最大咬合力（標準化推定値：0.09，$p=0.011$）は，タンパク質摂取割合に有意に関連した．また下肢の運動機能（因子得点）（標準化推定値：0.21，$p<0.001$）は，ADLに有意に関連した．次に最大咬合力が，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）に影響するか媒介分析を行ったところ，有意な間接効果が認められた（$p<0.001$）．すなわち，最大咬合力の低下が，タンパク質摂取割合の低下を招き，その結果，下肢の運動機能（因子得点）が低下することが示唆された．またこのモデル全体の適合度については，十分な適合度を示した（GFI>0.999，CFI>0.999，RMSEA<0.001）（図 10）．

【考察】

1.対象者について

本研究の対象者について，まず対象地域の住民基本台帳に登録されている対象年齢の者全てに調査参加依頼の手紙を送った．そして，調査参加に同意が得られた者のうち，本研究の調査項目全てを終了することができ，栄養調査においても除外されなかった者を分析の対象者とした．

そのため，選択バイアスが生じ，比較的健康な高齢者を対象者としている可能性がある．本研究の対象者のADLの平均値は，70歳群の男性において12.0点，女性において12.4点であり，80歳群の男性において11.7点，女性において11.9点であった．Chenら(37)は，高知県の自立した生活を送っている高齢者（平均年齢75.0歳）に対し，本研究と同様に東京都健康長寿医療センター研究所による活動能力指標を用いてADLを測定した．その結果，ADLの平均値は11.7点であり，本研究の対象者と

ほぼ同様の値を示した．このことから，本研究の対象者の生活機能は，自立した生活を送ることができる高齢者としては特異な集団ではないと考えられる．

Akuneら(38)は，調査会場まで歩行することが可能で，全ての運動機能検査を終えることができた日本の高齢者（平均年齢74.9歳）を対象とした研究を行った．その結果，男性の握力の平均値は35.7kgf，女性では23.0kgfとなった．男性の歩行の速さの平均値は1.07m/s，女性では1.03m/sとなった．男性の立ち上がりの平均値は0.50回/s，女性では0.48回/sとなった．本研究の対象者の方が，握力，歩行の速さ，立ち上がりにおいて，運動機能は少し低かったが，ほぼ同様な結果となった．このことから，本研究の対象者の運動機能は，Akuneらの研究の対象者のように比較的健康な高齢者とほぼ同様であると考えられる．

Kobayashiら(33)は，平均年齢男性52.8歳，女性49.6歳の日本人184名に対し，本研究と同

様にBDHQを用いて栄養調査を行った．その結果，タンパク質摂取割合の平均値は男性では14.1%エネルギー，女性では15.7%エネルギーとなり，本研究の対象者の方が，タンパク質摂取割合は少し高いが，類似した結果となった．

本研究の70歳群，80歳群における平均残存歯数は，それぞれ20.7本，15.3本であった．平成23年の歯科疾患実態調査の69-71歳，79-81歳における平均残存歯数は，それぞれ19.5本，13.0本であった．本研究の対象者の方が平成23年の歯科疾患実態調査の対象者よりも平均残存歯数がわずかに多かった．このことから，口腔の健康状態について，本研究の対象者は，日本の一般的な高齢者よりも口腔の健康が良好であると推察される．

2.サンプルサイズについて

パス解析では，正確な分析を行うために，サンプルサイズが大きい必要がある．パス解

析を行ううえで必要なサンプルサイズの基準について，これまで報告されたことはないが，一般的には1つの変数に対して20人必要であるとされている．分析Ⅳで使用した変数は7つであることから，サンプルサイズは140人以上であれば十分であると考えられる．

3.研究方法について

1)最大咬合力の測定

本研究における咀嚼機能の評価として，最大咬合力を用いた．

咬合力の測定法には，ロードセル等を咬合させることによって個歯咬合力を測定するもの(39-42)，歯列型のシート等を用いて全歯列の咬合力を測定するもの(43-50)，部分床義歯に取り付けたロードセル等を介して咬合時の上下顎間の圧力を測定するもの(51)などがある．個歯咬合力は，測定する歯の状態が大きく影響し，対象者の歯列全体の状態を反映しているとはいえない．その一方で，本研究で

使用した厚さ98μmの感圧シートは，全歯列による最大咬合力を計測することが可能である．

感圧シートによって算出された咬合力の値は，咬頭嵌合位付近における咬合時の各接触面積とその平均圧力の総和であり，対象者の歯列全体の状態を反映していると考えられる．また，感圧シートを用いて最大咬合力を測定する利点として，シートの厚みが非常に薄く，咬頭嵌合位に近い状態で測定ができること，測定時にはシート以外の特殊な機器を使用せず，簡便であること，測定にかかる時間が短く，多人数に対して行う調査に適していること等が挙げられる．また，感圧シートによって算出された咬合力の値は，正確性が高く(49)，再現性が高い(47)ことも報告されている．

過去の文献では，咬合支持の分類であるEichner分類や自己評価による咀嚼能力と運動機能との関連について報告がなされている．しかし，咬合支持は，形態的な評価であり，歯周病の状態や，義歯などによる補綴の評価

が含まれず，咀嚼機能を表す指標としては不十分である．また，自己評価による咀嚼能力は，客観的な評価でないことが問題である．

最大咬合力は，機能的で客観的な評価であり，また咬合支持，歯周病の状態，義歯などの治療の効果が反映される．

さらに，最大咬合力は，咀嚼能率と関連することが報告されている．Okiyamaら(43)は，検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率と最大咬合力との間に有意な正の相関関係を認めたと報告している．さらに，Ikebeら(44, 45)は，検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率を従属変数とした重回帰分析を行った結果について報告している．年齢，性別，唾液分泌量，Eichner分類もしくは歯数による影響を調整したうえでも，最大咬合力は，検査用グミゼリーを用いた咀嚼能率と有意に関連していた．これらのことから，本研究では咀嚼機能の指標として，最大咬合力の測定を行った．

2)栄養摂取の評価について

本研究の目的は，最大咬合力が，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）さらにはADLに関連するか検討することであった．そのため，ある特定の日の食事を評価するより，習慣的な食事内容から栄養摂取について評価することが，望ましい．食事調査法には，陰膳法，食事記録法，食事思い出し法，生体指標を用いた方法，食物摂取頻度法，食事歴法などがある．この中で習慣的な食品摂取状態を評価するには，生体指標を用いた方法(52)，食物摂取頻度法(53)、食事歴法(33, 34)が適していると考えられている．

生体指標を用いた方法とは，血液や尿などの生体から得られる試料中に存在する栄養素または食品の摂取量の指標を分析する方法である．タンパク質摂取の指標としては，24時間尿中窒素排泄量を調べる方法がある(52)．しかし，これは対象者だけでなく調査者にも多大な労力を費やすため，本研究のような大

規模調査には適用しがたいと考えられる．

食物摂取頻度法とは，限定された期間内にどの程度の頻度で目的とする食物を摂取したかを推定する方法である．これは，質問票を用いて対象者本人または代理回答者が回答を記入するという方法で行われる．質問票は，食品名，その摂取頻度，1回に摂取するおよその量を尋ねる質問からなり立っている(53)．

食事歴法とは，様々な食物の摂取頻度と摂取量ばかりでなく，食行動（例えば，肉類の脂身を好んで食べるか否かなど）や調理方法など細部に渡り質問票を用いて評価するものである．食事歴法の特徴は，食行動に関する質問から得られる情報が，栄養価計算の際に利用されることである．

食品摂取頻度法ならびに食事歴法の長所は，調査コストが安く，データ処理に要する時間と労力が少ないことである．そのためこれらの方法は，本研究のような大規模調査に適していると考えられる．また食事歴法は，食物

摂取頻度法よりも詳細に栄養摂取の評価ができると考えられる．そのため，食事歴法を用いた質問票であるBDHQを本研究では用いた．

しかし，BDHQのような質問票を用いた栄養調査の欠点は，あらかじめ設定された質問についてしか回答できず，また自己申告によるということであり，妥当性や信頼性が問題となってくる．実際に食事歴法を用いた研究において，食べた量に対してBMIなどの肥満度の指標に応じて過小・過大申告するというような系統誤差が生じることが報告されている(54)．その解消法として，食べた量をエネルギー摂取量で調整すると，そのような系統誤差が改善されるとされている．そのため，本研究では総摂取エネルギー量に対するタンパク質の摂取エネルギー量の割合を算出した．また，BDHQから算出したタンパク質摂取量よりも，タンパク質摂取割合の方が，実際のタンパク質摂取量をランク付けする能力が高いと報告されている(33)．本来であれば，タン

パク質摂取量を分析に用いるのが望ましいが，BDHQの妥当性を考慮し，タンパク質摂取割合を分析に使用した．また，分析Ⅲ，Ⅳにおいて，タンパク質摂取割合の代わりにタンパク質摂取量を分析に使用しても，同様な結果が得られた．すなわち，最大咬合力ならびにタンパク質摂取量は，下肢の運動機能（因子得点）と有意に関連し，さらに最大咬合力がタンパク質摂取量を媒介して下肢の運動機能（因子得点）に及ぼす間接効果は有意であった．

3)分析方法

生物学的な現象は，1つの因子によって決定されるよりも，複数の因子によって決定されることがほとんどであり，交絡因子が存在する．そのため2因子間での分析だけでなく，複数の因子を同時に分析し，他の因子の影響を調整したうえで，それぞれの因子の役割を検討することが必要となる．したがって，本研

究の分析Ⅱ，ⅢではSpearmannの順位相関係数の検定を行った後にロジスティック回帰分析，重回帰分析を行い，分析Ⅳではパス解析を行った．

パス解析とは，共分散構造分析の中の1つの分析方法であり，重回帰分析の繰り返しで解くことができる．しかし，重回帰分析と異なる点は，重回帰分析を繰り返すような多段階の分析を，1つのモデルで表現できることである．さらに，製作したモデルの適合度の吟味が可能であり，仮説の妥当性を確認することができる．またパス解析において，変数から変数へいくつものパスが引かれるという状況が多いが，その中で直接効果と間接効果を分離でき，それぞれについて検討することが可能である．分析用ソフトウェアAmos Version20.0（IBM Japan，東京）では間接効果の検定について，ブートストラップ法を用いて媒介分析を行うことができる．

4.研究結果について

1)分析結果Ⅰについて

本研究の対象者において，80歳群の方が70歳群よりも男女における最大咬合力，男性における握力，男女におけるステッピング，立ち上がり，歩行の速さ，それらを総合した下肢の運動機能（因子得点），男女におけるADLは低く，Mann-WhitneyのU検定の結果，有意差を認めた．これは，加齢に伴い，種々の機能が低下していくからであると考えられる．一般的に高齢者では歯数が減少しやすく，最大咬合力は低下していく．さらに，加齢による全身の筋力の衰えなどにより，運動機能は低下していくと考えられる．また，運動機能の低下によってADLが低下するだけでなく，加齢による認知機能の低下などによってもADLが低下していく．その一方で，女性の握力においては，70歳群と80歳群の間に有意差が認められなかった．加齢に伴う筋力の低下は，上肢より下肢のほうが大きいという報告

があり(55)，本研究の80歳群の女性においては，下肢の運動機能は低下している一方で，握力は変化していない可能性が考えられる．

タンパク質摂取割合について，女性では80歳群の方が70歳群よりも低く，有意差が認められた．これは，80歳群の方が最大咬合力が低かったことにより，タンパク質摂取割合が低くなったと考えられる．一方で，男性では80歳群の方が70歳群よりもタンパク質摂取割合が高く，有意差が認められた．80歳群の方が最大咬合力が低かったため，タンパク質摂取割合も低いと予想していたが，逆の結果となった．これは，本研究の80歳群男性は，日本の平均寿命に近い年齢であるにもかかわらず，ADLが高いことから，特に健康な対象者であったことが影響した可能性がある．さらに，男性では80歳群の方がタンパク質摂取割合が高いことが影響し，下肢の運動機能（因子得点）も80歳群の方が高いと予想していたが，逆の結果となった．これは，分析Ⅲの結

果より，下肢の運動機能（因子得点）に対して，タンパク質摂取割合（β=0.12, p<0.001）だけでなく最大咬合力（β=0.13, p<0.001），握力（β=0.20, p<0.001），年齢（β=-0.13, p<0.001）が有意に関連したことを考慮する必要がある．すなわち，男性において80歳群の方がタンパク質摂取割合が高かったことよりも，最大咬合力ならびに握力が低かったことと年齢が強く影響したため，80歳群の方が下肢の運動機能が低く，有意差が認められたと考えられる．

2)分析結果Ⅱについて

ADLと関連する運動機能について検討するため，まず，2変量間の分析としてSpearmanの順位相関係数の検定を行った．その結果，ADLと握力との間に有意な相関関係は認められなかったが，ADLと下肢の運動機能（因子得点）との間に有意な弱い正の相関関係が認められた．続いて，ADLを従属変数としたロ

ジスティック回帰分析を行った．その結果，年齢，性別による影響を調整したうえでも，下肢の運動機能（因子得点）は，ADLと有意に関連していた．本研究では，ADLが13点満点の者が最も多く，対象者は比較的健康であったため，従属変数について，ADLが12点以下を0，13点満点を1とした．しかし，0，1間の差は小さいと考えられる．そのため，分析Ⅱのロジスティック回帰分析の結果から，下肢の運動機能（因子得点）が低いことが，自立した生活を送れなくなることに関連すると結論付けることはできない．しかし，ADLを維持するためには，下肢の運動機能が重要であると縦断研究で述べられていることから(18-28)，下肢の運動機能（因子得点）が低いことが，将来，要支援，要介護状態になることに関連する可能性はあると考えられる．また，ADLと握力との関連が認められなかった理由として，ADLの評価に用いた東京都健康長寿医療センター研究所による活動能力指標

の質問内容が，移動できるかどうかを問う質問項目が多く，握力と関連しうる質問項目が少なかったことが考えられる．また，過去の報告においても，握力とADLとの間に有意な関連が認められなかったという報告がある．Rothmanら(28)は、8年間の縦断研究において，コックス比例ハザード分析を行った結果，ADLの低下に対して，歩行が遅いこと（ハザード比：HR；3.0，95%信頼区間；2.3-3.8）は有意な独立変数であったが，握力（HR；1.1，95%信頼区間；0.9-1.4）は有意な独立変数ではなかったと報告している．Onderら(20)も，3年間の縦断研究において，コックス比例ハザード分析を行った結果，ADLの低下に対して，立ち上がりにかかる時間（HR；1.54，95%信頼区間；1.29-1.83）や歩行の速さ（HR；0.65，95%信頼区間；0.52-0.82）は有意な独立変数となったが，握力（HR；0.84，95%信頼区間；0.69-1.02）は有意な独立変数ではなかったと報告している．

3)分析結果Ⅲについて

まず，2変量間の分析としてSpearmanの順位相関係数の検定を行った．その結果，下肢の運動機能（因子得点）とタンパク質摂取割合の間ならびに，下肢の運動機能（因子得点）と最大咬合力の間に有意な弱い正の相関関係が認められた．続いて下肢の運動機能（因子得点）を従属変数とした重回帰分析を行った．その際，独立変数として年齢，性別に加えて，握力を投入した．この目的は，下肢の運動機能（因子得点）に対して，握力を独立変数に加えて分析することで，全身の筋力の指標による影響を調整し，そのうえでも，最大咬合力ならびにタンパク質摂取割合が，下肢の運動機能（因子得点）に影響するか検討することであった．

重回帰分析の結果，ADLと関連の認められた下肢の運動機能（因子得点）に対して，最大咬合力（$\beta=0.13$, $p<0.001$）ならびにタンパク質摂取割合（$\beta=0.12$, $p<0.001$）は，有意に

関連していた．標準化偏回帰係数：βはいずれも比較的小さい値であったが，過去にβが小さくても，咀嚼機能が下肢の運動機能に有意に関連していることを示す報告がある．Yamagaら(1)は，Eichner分類と下肢の運動機能との関連について報告している．この研究では，下肢の伸展力や足踏みの速さなどの下肢の運動機能を従属変数とした重回帰分析において，交絡因子を調整したうえでも，Eichner分類が有意な独立変数であった．すなわち，Eichner C群を参照カテゴリーとした時のEichner A群は，下肢の伸展力（β=0.063, p=0.031）や足踏みの速さ（β=0.087, P=0.044）に対して有意な独立変数であった．この研究では，βは我々の研究よりも小さかった．

また，Houstonら(36)は，タンパク質摂取と筋肉量との関連について報告している．この研究では，3年間にわたる縦断研究において，ベースライン時より3年後の筋肉量を従属変数とした重回帰分析が行われた．ベースライ

ン時の筋肉量や交絡因子を調整したうえでも，ベースライン時のタンパク質摂取（5段階に分類）は有意な独立変数であった（偏回帰係数；5.31, $p<0.001$）．この報告ではβについての記載がなく，また従属変数や研究デザインが，分析Ⅲとは異なるため，分析Ⅲの結果と比較することは困難である．しかし，タンパク質摂取と筋肉量が有意に関連することから，タンパク質摂取割合が下肢の運動機能（因子得点）と有意に関連するという分析Ⅲの結果は，妥当であると考えられる．

4)分析結果Ⅳについて

分析Ⅱ，Ⅲの結果に加え，咀嚼機能がタンパク質摂取に関連するという報告(11, 12)などから，最大咬合力は，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）と関連している可能性が考えられる．そのため，分析Ⅳとして，最大咬合力が，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）

さらにはADLに関連するか包括的に検討した．

分析Ⅳの結果，最大咬合力は，タンパク質摂取割合に対して有意に関連していた（標準化推定値；0.09，p=0.011）．Sheihamら(11)は，タンパク質摂取と歯数との関連について報告している．この研究では，タンパク質摂取を従属変数とした重回帰分析において，交絡因子を調整したうえでも，歯数は有意な独立変数であった（偏回帰係数；0.33，p=0.02）．歯数が多いほどタンパク質摂取が多いという結果は，分析Ⅳの結果において最大咬合力が高いほどタンパク質摂取割合が高いという結果と同様であると考えられる．

また，分析Ⅳの結果，最大咬合力がタンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）に影響を及ぼす間接効果は，有意であった．その一方で，最大咬合力が下肢の運動機能（因子得点）に影響を及ぼす直接効果も，有意であった．すなわち，最大咬合力は，タンパク質摂取割合を完全媒介するのではな

く，部分媒介して下肢の運動機能（因子得点）に影響することが示唆された．最大咬合力が，下肢の運動機能（因子得点）に関連するメカニズムの1つとして，タンパク質摂取割合を媒介することは明らかとなったが，それ以外のメカニズムも存在すると考えられる．1つは，タンパク質以外の栄養摂取を媒介している可能性がある．高齢者においては，摂取エネルギー量が不足することが報告されており，これが運動機能の低下に関連している可能性が考えられている(56)．本研究の栄養摂取評価に用いたBDHQは，エネルギー摂取量をBMIに応じて過小評価したり過大評価したりするなど系統誤差が生じることから，妥当性については疑問視されている(57)．そのため，本研究では，摂取エネルギー量についての分析は行わなかった．また，タンパク質以外の栄養素として，ビタミンDも運動機能に関連することが報告されている(58-60)．本研究においても，ビタミンD摂取と運動機能との間には有意

な相関関係が認められた（rs=0.09, p<0.001）．しかし，ビタミンD摂取と最大咬合力との間には有意な相関関係が認められなかった（p=0.094）．

分析Ⅳのパス解析において，それぞれのパスの標準化推定値は比較的小さい値であったが有意であった．また，モデル全体の適合度は非常に高く，最大咬合力がタンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）さらにはADLに関連するという仮説は十分に成り立つと考えられる．

5.本研究の意義

本研究は，最大咬合力，タンパク質摂取割合，下肢の運動機能（因子得点），ADLの関連について同一の対象者を用いて体系的に明らかにしたものである．本研究により，最大咬合力と下肢の運動機能（因子得点）が関連するメカニズムの1つとして，タンパク質摂取割合を媒介することが，初めて科学的根拠に基づいて示唆された．

本研究の結果より，最大咬合力を維持，回復することで，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能やADLの低下を予防できる可能性が示された．

【総括ならびに結論】

本研究では，健康で自立した生活を送っている高齢者において，最大咬合力が，タンパク質摂取割合を媒介して下肢の運動機能（因子得点）さらにはADLに関連するか，同一の対象者に対して包括的に検討した．その結果，最大咬合力の低下は，タンパク質摂取割合の低下を媒介して下肢の運動機能（因子得点）さらにはADLの低下に関連することが明らかとなった．

【謝辞】

稿を終えるにあたり，本研究を行う機会を与えていただき，終始変わらぬ御指導を賜った大阪大学　前田芳信教授に深甚なる感謝の意を示します．また，本研究課題を遂行するにあたり，詳細，多岐にわたる御教示，御指導を賜った大阪大学歯学部付属病院　池邉一典講師，香川良介先生，大阪大学大学院人間科学研究科　権藤恭之先生，東京大学大学院医学系研究科　大久保公美先生に心から感謝いたします．

最後に本研究をすすめるにあたり，ご理解，ご協力を頂きました本学顎口腔機能再建学講座教室員各位ならびに研究の対象者の皆様に深く御礼申し上げます．

1. Yamaga T, Yoshihara A, Ando Y, Yoshitake Y, Kimura Y, Shimada M, et al. Relationship between dental occlusion and physical fitness in an elderly population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002;57: M616-20.

2. Moriya S, Muramatsu T, Tei K, Nakamura K, Muramatsu M, Notani K, et al. Relationships between oral conditions and physical performance in a rural elderly population in japan. *Int Dent J* 2009;59: 369-75.

3. Moriya S, Tei K, Yamazaki Y, Hata H, Shinkai S, Yoshida H, et al. Relationships between perceived chewing ability and muscle strength of the body among the elderly. *J Oral Rehabil* 2011;38: 674-9.

4. Chauncey HH, Muench ME, Kapur KK, Wayler AH. The effect of the loss of teeth on diet and nutrition. *Int Dent J* 1984;34: 98-104.

5. Carlos JP, Wolfe MD. Methodological and nutritional issues in assessing the oral health of

aged subjects. *Am J Clin Nutr* 1989;50: 1210-8; discussion 31-5.

6. Wayler AH, Muench ME, Kapur KK, Chauncey HH. Masticatory performance and food acceptability in persons with removable partial dentures, full dentures and intact natural dentition. *J Gerontol* 1984;39: 284-9.

7. Moynihan PJ, Snow S, Jepson NJ, Butler TJ. Intake of non-starch polysaccharide (dietary fibre) in edentulous and dentate persons: An observational study. *Br Dent J* 1994;177: 243-7.

8. Krall E, Hayes C, Garcia R. How dentition status and masticatory function affect nutrient intake. *J Am Dent Assoc* 1998;129: 1261-9.

9. Hildebrandt GH, Dominguez BL, Schork MA, Loesche WJ. Functional units, chewing, swallowing, and food avoidance among the elderly. *J Prosthet Dent* 1997;77: 588-95.

10. Ritchie CS, Joshipura K, Hung HC, Douglass CW. Nutrition as a mediator in the

relation between oral and systemic disease: Associations between specific measures of adult oral health and nutrition outcomes. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002;13: 291-300.

11. Sheiham A, Steele JG, Marcenes W, Lowe C, Finch S, Bates CJ, et al. The relationship among dental status, nutrient intake, and nutritional status in older people. *J Dent Res* 2001;80: 408-13.

12. Mithal A, Bonjour JP, Boonen S, Burckhardt P, Degens H, El Hajj Fuleihan G, et al. Impact of nutrition on muscle mass, strength, and performance in older adults. *Osteoporos Int* 2012.

13. Rosenberg IH. Sarcopenia: Origins and clinical relevance. *J Nutr* 1997;127: 990S-91S.

14. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the european working

group on sarcopenia in older people. *Age Ageing* 2010;39: 412-23.

15. Boirie Y. Physiopathological mechanism of sarcopenia. *J Nutr Health Aging* 2009;13: 717-23.

16. Volpi E, Mittendorfer B, Rasmussen BB, Wolfe RR. The response of muscle protein anabolism to combined hyperaminoacidemia and glucose-induced hyperinsulinemia is impaired in the elderly. *J Clin Endocrinol Metab* 2000;85: 4481-90.

17. Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Aarsland A, Wolfe RR. Aging is associated with diminished accretion of muscle proteins after the ingestion of a small bolus of essential amino acids. *Am J Clin Nutr* 2005;82: 1065-73.

18. Gill TM, Williams CS, Tinetti ME. Assessing risk for the onset of functional dependence among older adults: The role of physical performance. *J Am Geriatr Soc* 1995;43: 603-9.

19. Ostir GV, Markides KS, Black SA, Goodwin JS. Lower body functioning as a predictor of subsequent disability among older mexican americans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1998;53: M491-5.

20. Onder G, Penninx BW, Ferrucci L, Fried LP, Guralnik JM, Pahor M. Measures of physical performance and risk for progressive and catastrophic disability: Results from the women's health and aging study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60: 74-9.

21. Sonn U, Frandin K, Grimby G. Instrumental activities of daily living related to impairments and functional limitations in 70-year-olds and changes between 70 and 76 years of age. *Scand J Rehabil Med* 1995;27: 119-28.

22. Tinetti ME, Inouye SK, Gill TM, Doucette JT. Shared risk factors for falls, incontinence, and functional dependence. Unifying the approach to geriatric syndromes. *JAMA*

1995;273: 1348-53.

23. Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, Leveille SG, Markides KS, Ostir GV, et al. Lower extremity function and subsequent disability: Consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55: M221-31.

24. Ishizaki T, Watanabe S, Suzuki T, Shibata H, Haga H. Predictors for functional decline among nondisabled older japanese living in a community during a 3-year follow-up. *J Am Geriatr Soc* 2000;48: 1424-9.

25. Sarkisian CA, Liu H, Gutierrez PR, Seeley DG, Cummings SR, Mangione CM. Modifiable risk factors predict functional decline among older women: A prospectively validated clinical prediction tool. The study of osteoporotic fractures research group. *J Am Geriatr Soc* 2000;48: 170-8.

26. Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, Fujiwara Y, Amano H, Yoshida H, et al. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a japanese rural community population. *Age Ageing* 2000;29: 441-6.

27. Gill TM, Allore H, Holford TR, Guo Z. The development of insidious disability in activities of daily living among community-living older persons. *Am J Med* 2004;117: 484-91.

28. Rothman MD, Leo-Summers L, Gill TM. Prognostic significance of potential frailty criteria. *J Am Geriatr Soc* 2008;56: 2211-116.

29. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: An operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003;95: 1851-60.

30. 小林 薫，丸山 仁，柊 幸．座位両足開閉ス

テッピングテストの考案と作成　測定値の信頼性について．*理学療法科学* 2012;27: 109-14.

31. Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport* 1999;70: 113-9.

32. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, et al. Sarcopenia: An undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: Prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2011;12: 249-56.

33. Kobayashi S, Honda S, Murakami K, Sasaki S, Okubo H, Hirota N, et al. Both comprehensive and brief self-administered diet history questionnaires satisfactorily rank nutrient intakes in japanese adults. *J Epidemiol* 2012;22: 151-9.

34. Kobayashi S, Murakami K, Sasaki S, Okubo H, Hirota N, Notsu A, et al. Comparison of

relative validity of food group intakes estimated by comprehensive and brief-type self-administered diet history questionnaires against 16 d dietary records in japanese adults. *Public Health Nutr* 2011;14: 1200-11.

35. Koyano W, Shibata H, Nakazato K, Haga H, Suyama Y. Measurement of competence: Reliability and validity of the tmig index of competence. *Arch Gerontol Geriatr* 1991;13: 103-16.

36. Houston DK, Nicklas BJ, Ding J, Harris TB, Tylavsky FA, Newman AB, et al. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: The health, aging, and body composition (health abc) study. *Am J Clin Nutr* 2008;87: 150-5.

37. Chen W, Fukutomi E, Wada T, Ishimoto Y, Kimura Y, Kasahara Y, et al. Comprehensive geriatric functional analysis of elderly populations in four categories of the long-term

care insurance system in a rural, depopulated and aging town in japan. *Geriatr Gerontol Int* 2013;13: 63-9.

38. Akune T, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, et al. Exercise habits during middle age are associated with lower prevalence of sarcopenia: The road study. *Osteoporos Int* 2013.

39. Floystrand F, Kleven E, Oilo G. A novel miniature bite force recorder and its clinical application. *Acta Odontol Scand* 1982;40: 209-14.

40. Bakke M, Holm B, Jensen BL, Michler L, Moller E. Unilateral, isometric bite force in 8-68-year-old women and men related to occlusal factors. *Scand J Dent Res* 1990;98: 149-58.

41. Tortopidis D, Lyons MF, Baxendale RH. Bite force, endurance and masseter muscle fatigue in healthy edentulous subjects and those with tmd. *J Oral Rehabil* 1999;26: 321-8.

42. Yeh CK, Johnson DA, Dodds MW, Sakai S,

Rugh JD, Hatch JP. Association of salivary flow rates with maximal bite force. *J Dent Res* 2000;79: 1560-5.

43. Okiyama S, Ikebe K, Nokubi T. Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. *J Oral Rehabil* 2003;30: 278-82.

44. Ikebe K, Matsuda K, Morii K, Furuya-Yoshinaka M, Nokubi T, Renner RP. Association of masticatory performance with age, posterior occlusal contacts, occlusal force, and salivary flow in older adults. *Int J Prosthodont* 2006;19: 475-81.

45. Ikebe K, Matsuda K, Kagawa R, Enoki K, Yoshida M, Maeda Y, et al. Association of masticatory performance with age, gender, number of teeth, occlusal force and salivary flow in japanese older adults: Is ageing a risk factor for masticatory dysfunction? *Arch Oral Biol* 2011;56: 991-6.

46. Lyons MF, Sharkey SW, Lamey PJ. An evaluation of the t-scan computerised occlusal analysis system. *Int J Prosthodont* 1992;5: 166-72.

47. Matsui Y, Ohno K, Michi K, Suzuki Y, Yamagata K. A computerized method for evaluating balance of occlusal load. *J Oral Rehabil* 1996;23: 530-5.

48. Garrido Garcia VC, Garcia Cartagena A, Gonzalez Sequeros O. Evaluation of occlusal contacts in maximum intercuspation using the t-scan system. *J Oral Rehabil* 1997;24: 899-903.

49. Suzuki T, Kumagai H, Watanabe T, Uchida T, Nagao M. Evaluation of complete denture occlusal contacts using pressure-sensitive sheets. *Int J Prosthodont* 1997;10: 386-91.

50. Hidaka O, Iwasaki M, Saito M, Morimoto T. Influence of clenching intensity on bite force balance, occlusal contact area, and average bite pressure. *J Dent Res* 1999;78: 1336-44.

51. Muller F, Heath MR, Ott R. Maximum bite force after the replacement of complete dentures. *Gerodontology* 2001;18: 58-62.

52. Bingham SA. Urine nitrogen as a biomarker for the validation of dietary protein intake. *J Nutr* 2003;133 Suppl 3: 921S-24S.

53. Wakai K. A review of food frequency questionnaires developed and validated in japan. *J Epidemiol* 2009;19: 1-11.

54. Okubo H, Sasaki S. Underreporting of energy intake among japanese women aged 18-20 years and its association with reported nutrient and food group intakes. *Public Health Nutr* 2004;7: 911-7.

55. Brooks SV, Faulkner JA. Skeletal muscle weakness in old age: Underlying mechanisms. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26: 432-9.

56. Morley JE, Argiles JM, Evans WJ, Bhasin S, Cella D, Deutz NE, et al. Nutritional recommendations for the management of

sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2010;11: 391-6.

57. Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, Uenishi K, Yamasaki M, Hayabuchi H, et al. Misreporting of dietary energy, protein, potassium and sodium in relation to body mass index in young japanese women. *Eur J Clin Nutr* 2008;62: 111-8.

58. Visser M, Deeg DJ, Lips P. Low vitamin d and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): The longitudinal aging study amsterdam. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88: 5766-72.

59. Bischoff-Ferrari HA, Dawson-Hughes B, Willett WC, Staehelin HB, Bazemore MG, Zee RY, et al. Effect of vitamin d on falls: A meta-analysis. *JAMA* 2004;291: 1999-2006.

60. Montero-Odasso M, Duque G. Vitamin d in the aging musculoskeletal system: An authentic strength preserving hormone. *Mol Aspects Med*

２００５;２６: ２０３-１９.

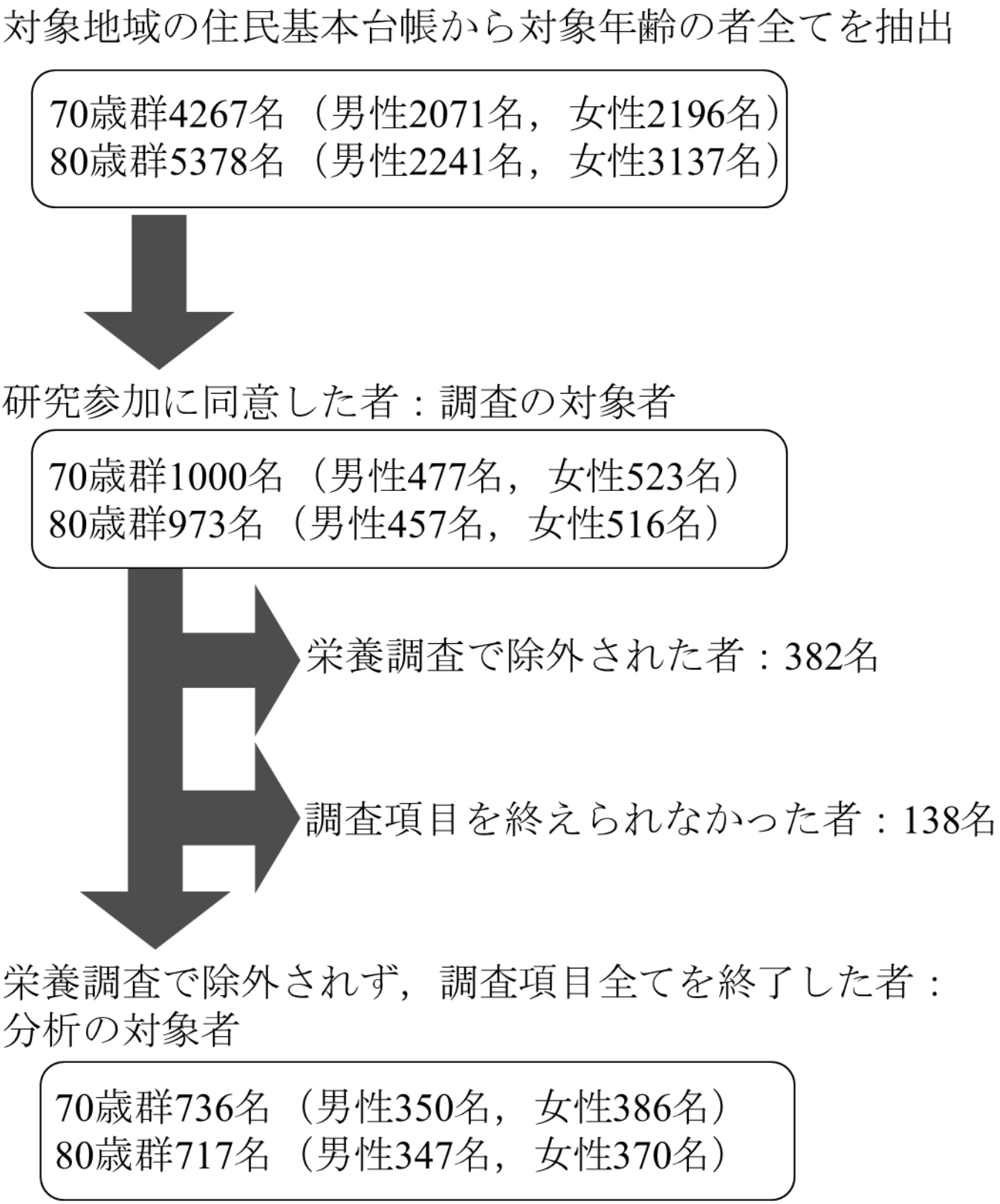

対象地域の住民基本台帳から対象年齢の者全てを抽出
70歳群4267名（男性2071名，女性2196名）
80歳群5378名（男性2241名，女性3137名）
研究参加に同意した者：調査の対象者
70歳群1000名（男性477名，女性523名）
80歳群973名（男性457名，女性516名）
栄養調査で除外された者：382名
調査項目を終えられなかった者：138名
栄養調査で除外されず，調査項目全てを終了した者：
分析の対象者
70歳群736名（男性350名，女性386名）
80歳群717名（男性347名，女性370名）

図1　対象者の抽出

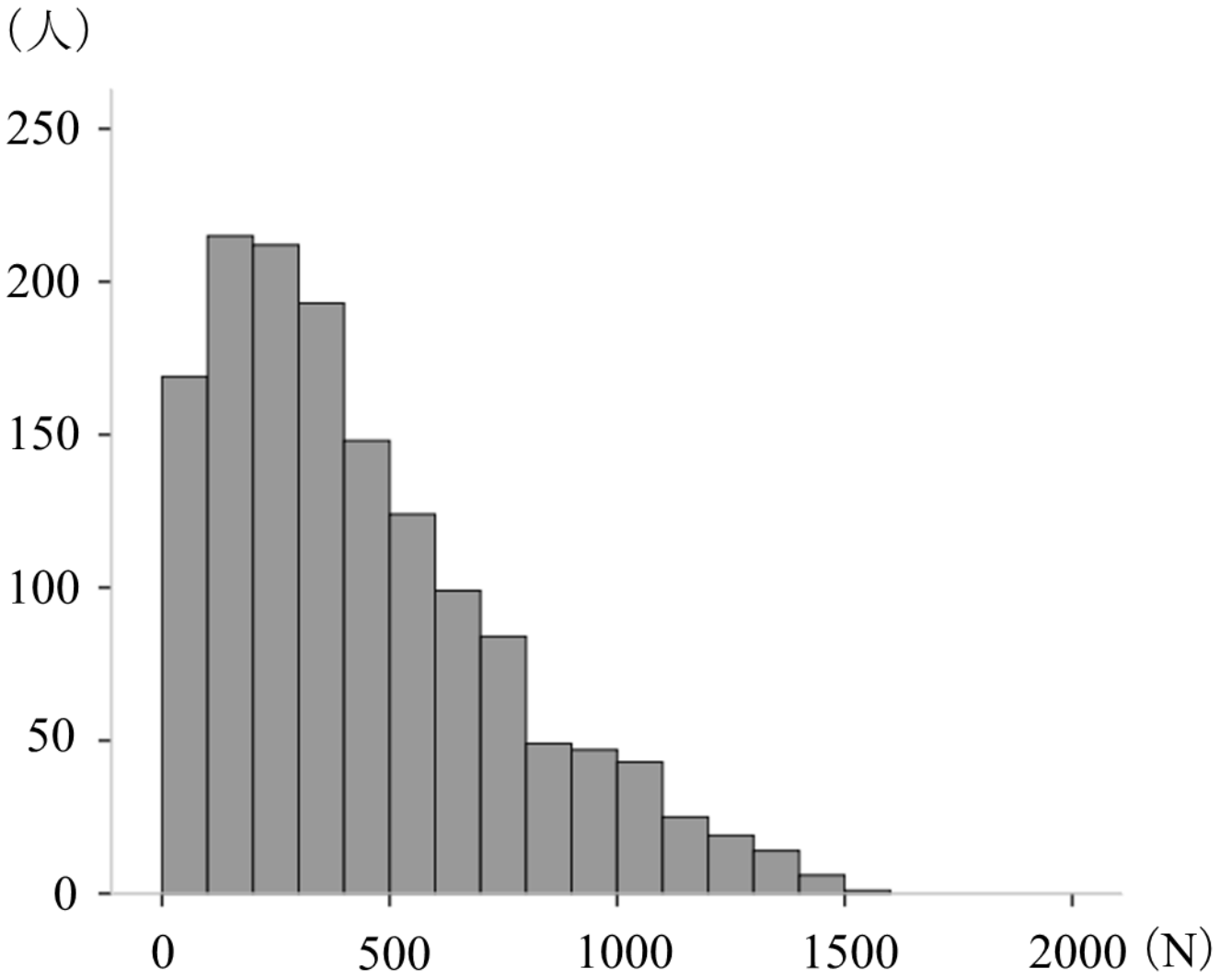


図2　最大咬合力の分布

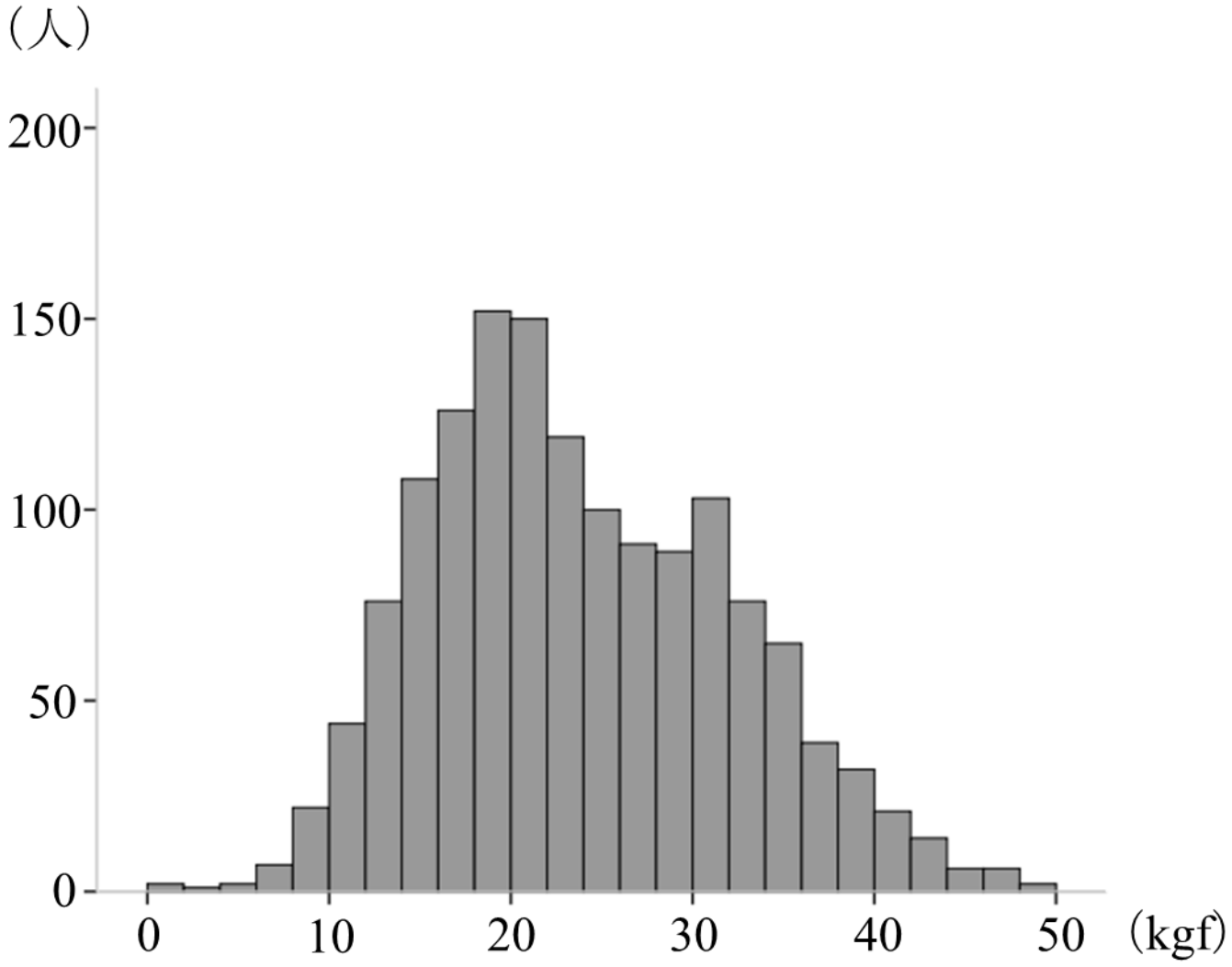


図3　握力の分布

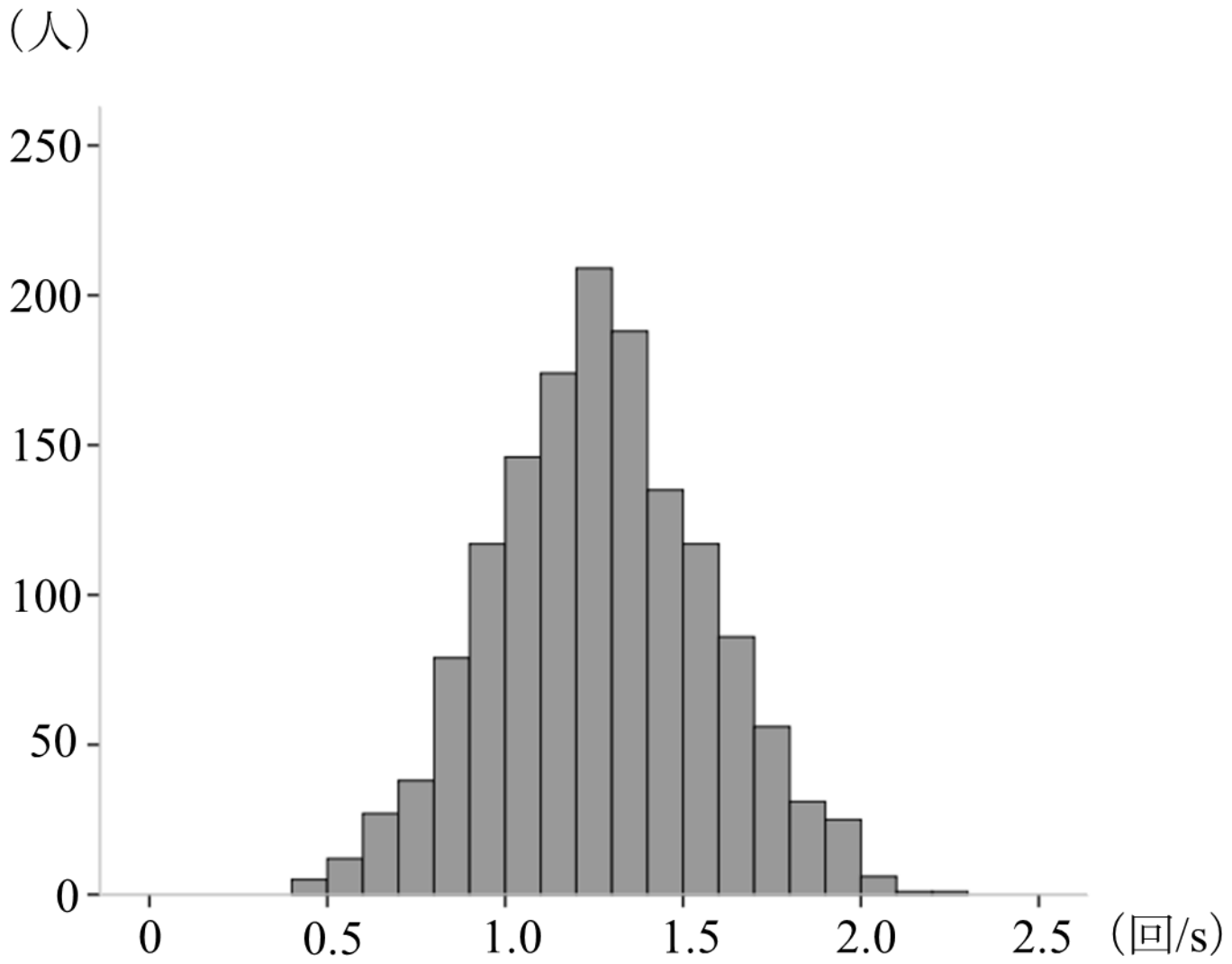


図4　ステッピングの分布

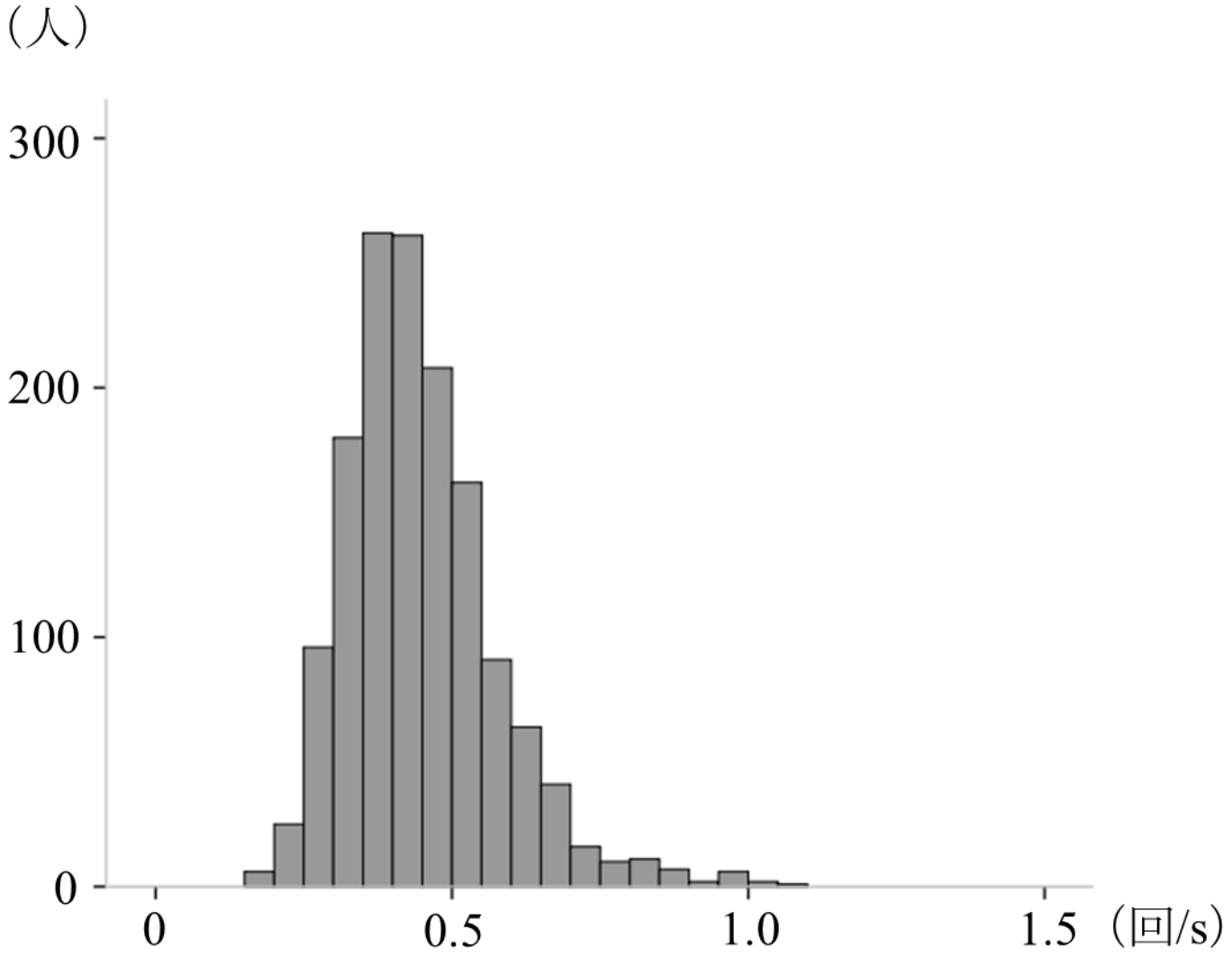


図5　立ち上がりの分布

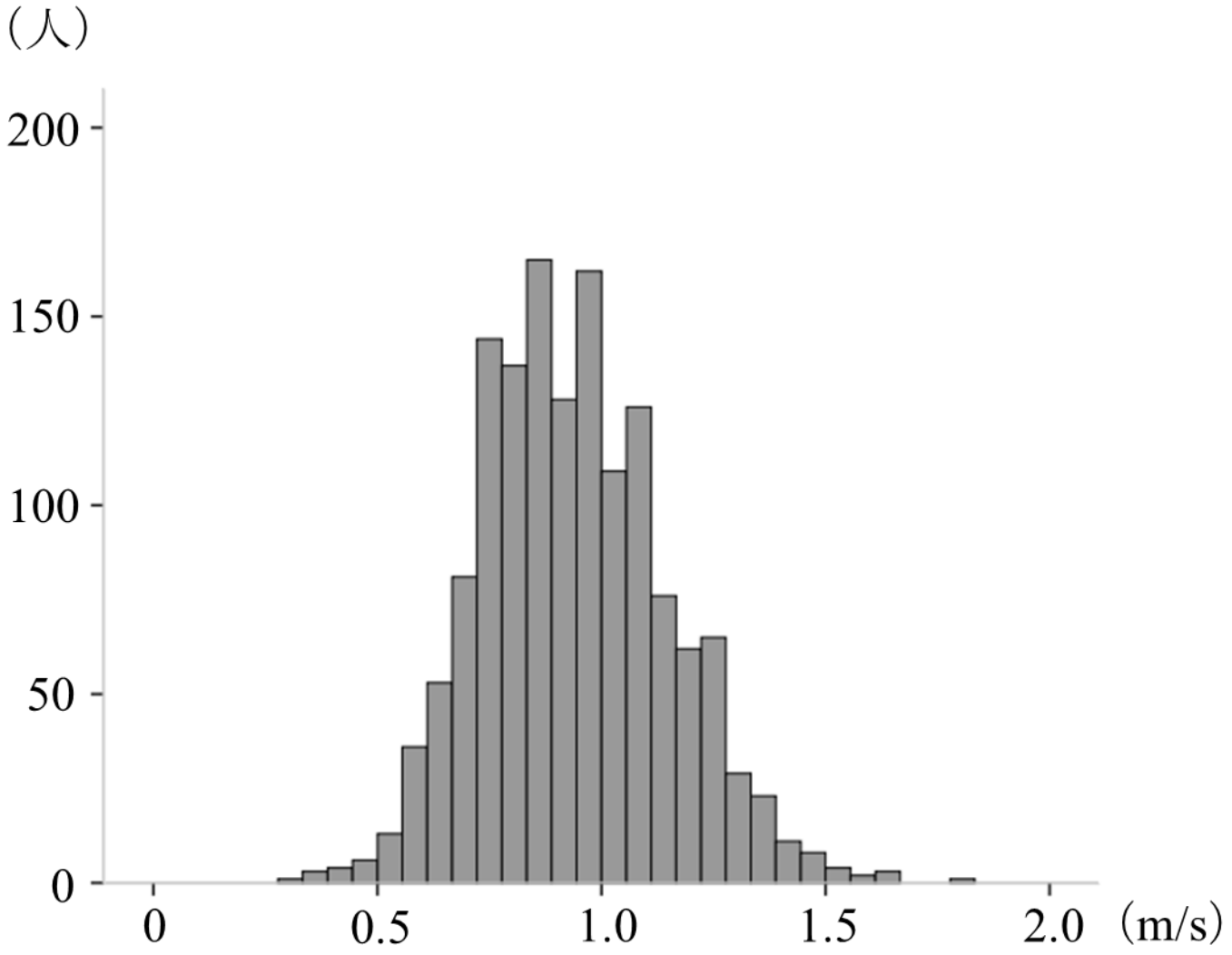


図6　歩行の速さの分布

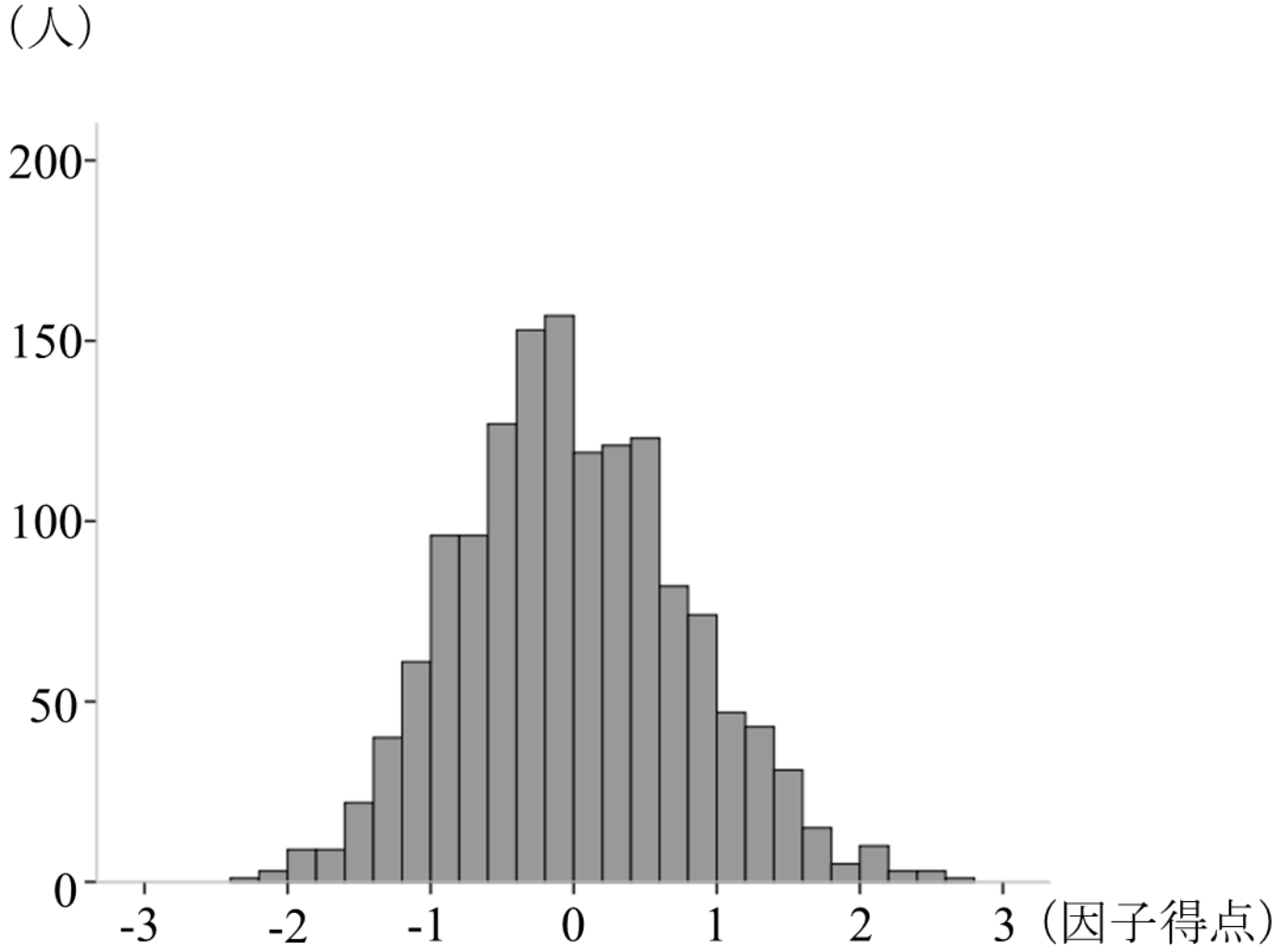


図7　下肢の運動機能（因子得点）の分布

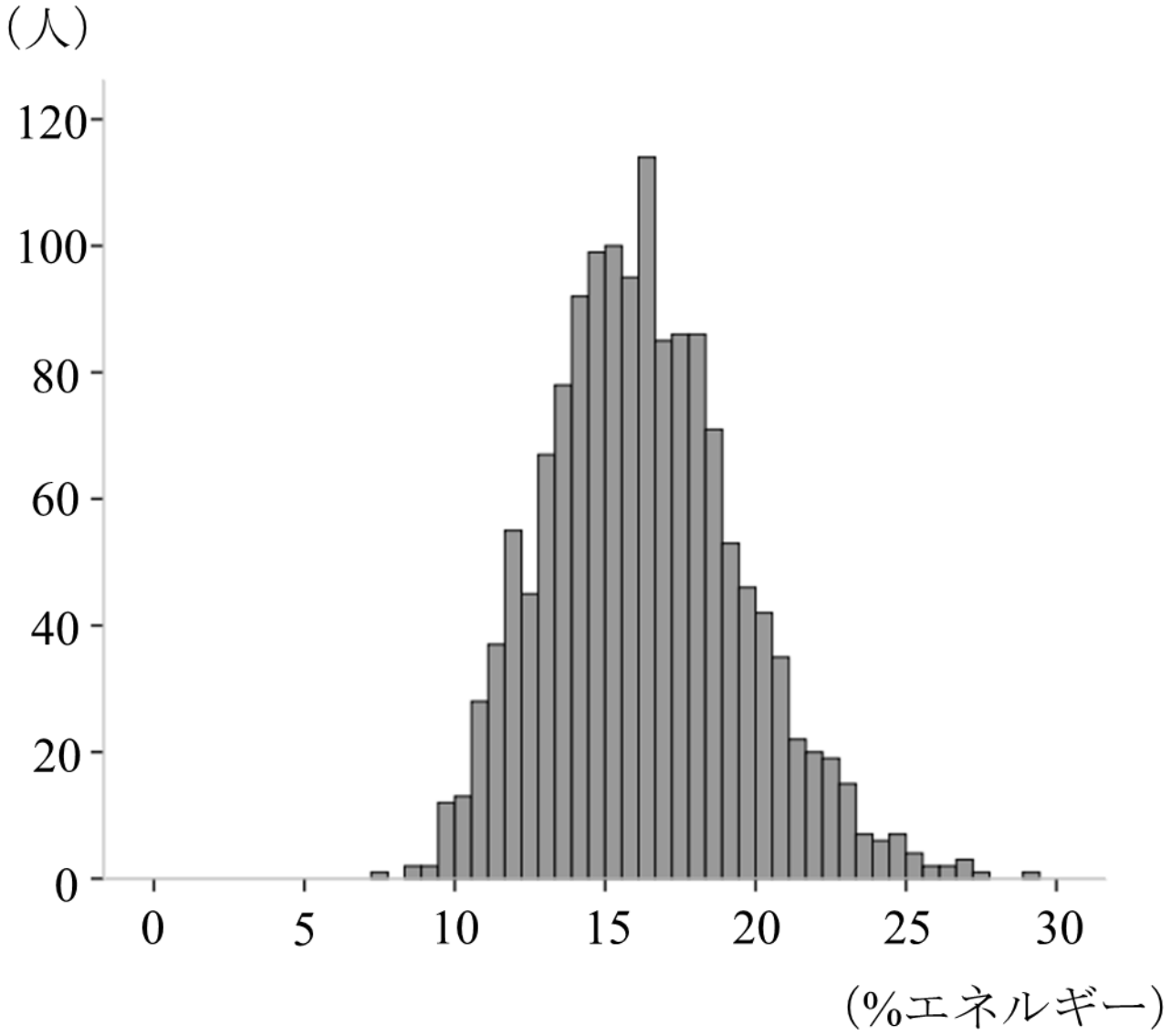


図8　タンパク質摂取割合の分布

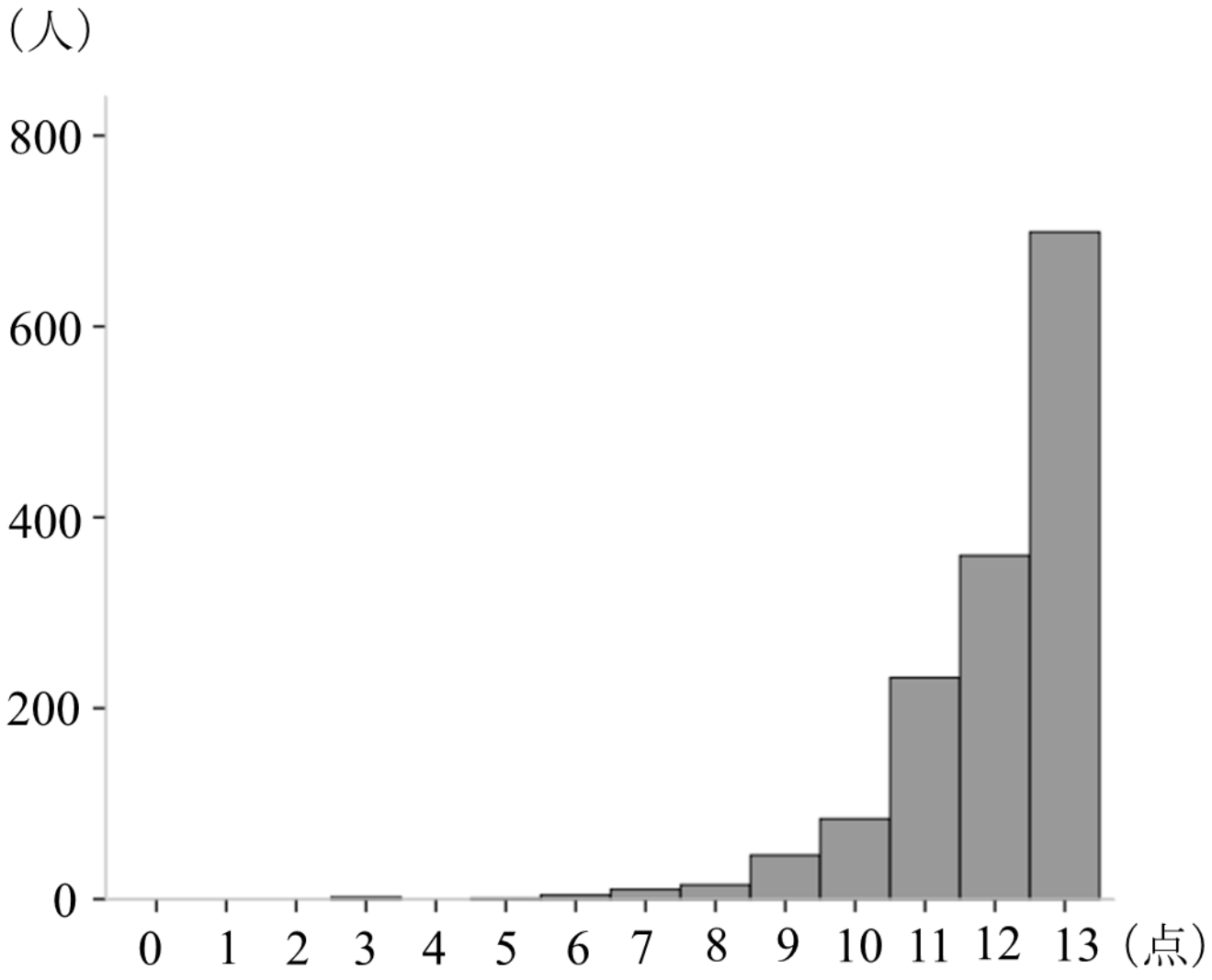
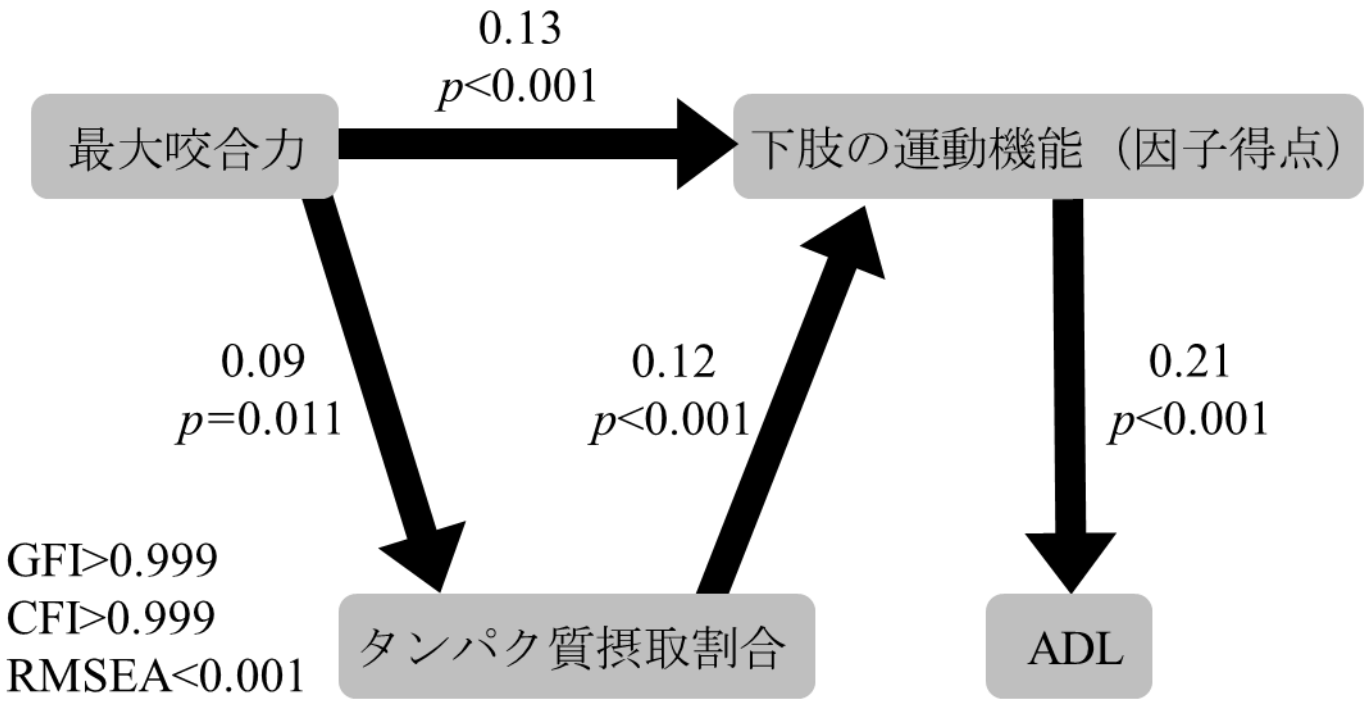


図9　ADLの分布



図中の矢印に付した数字は，標準化推定値と有意確率を示す．
最大咬合力，下肢の運動機能（因子得点）は，握力による影響を調整した．
全ての変数は，年齢，性別による影響を調整した．
最大咬合力が，タンパク質摂取割合を介して下肢の運動機能（因子得点）に及ぼす間接効果は有意であった（$p<0.001$）．

図10　パス解析

表1　東京都健康長寿医療センター研究所による活動能力指標

評価	項目
手段的自立	バスや電車を使って一人で外出ができますか
	日用品の買い物ができますか
	自分で食事の用意ができますか
	請求書の支払ができますか
	銀行預金，郵便貯金の出し入れが自分でできますか
知的能動性	年金などの書類が書けますか
	新聞などを読んでいますか
	本や雑誌を読んでいますか
	健康についての記事や番組に関心がありますか
社会的役割	友達の家を訪ねることがありますか
	家族や友達の相談にのることがありますか
	病人を見舞うことができますか
	若い人に自分から話しかけることがありますか

「はい」「いいえ」で回答し，それぞれ1点と0点を与える．

表2　対象者の概要

			平均値	中央値	25パーセンタイル	75パーセンタイル	*p
最大咬合力(N)	男性	70歳群	628	570	329	881	<0.001
		80歳群	325	261	143	442	
	女性	70歳群	488	427	232	692	<0.001
		80歳群	335	281	138	468	
握力(kgf)	男性	70歳群	32.3	32.3	28.0	36.6	<0.001
		80歳群	23.7	23.0	18.8	29.0	
	女性	70歳群	18.9	19.0	15.5	22.3	0.073
		80歳群	20.3	19.0	15.2	25.3	
ステッピング(回/s)	男性	70歳群	1.31	1.30	1.15	1.50	<0.001
		80歳群	1.17	1.15	1.00	1.35	
	女性	70歳群	1.32	1.30	1.10	1.55	<0.001
		80歳群	1.17	1.15	0.95	1.35	
立ち上がり(回/s)	男性	70歳群	0.45	0.43	0.37	0.52	<0.001
		80歳群	0.44	0.42	0.36	0.51	
	女性	70歳群	0.47	0.44	0.37	0.54	<0.001
		80歳群	0.43	0.42	0.35	0.49	
歩行の速さ(m/s)	男性	70歳群	0.96	0.95	0.81	1.09	<0.001
		80歳群	0.90	0.89	0.76	1.04	
	女性	70歳群	0.99	0.98	0.83	1.14	<0.001
		80歳群	0.90	0.89	0.77	1.01	
下肢の運動機能（因子得点）	男性	70歳群	0.14	0.09	-0.41	0.69	<0.001
		80歳群	-0.14	-0.19	-0.65	0.38	
	女性	70歳群	0.20	0.19	-0.36	0.68	<0.001
		80歳群	-0.21	-0.24	-0.76	0.29	
タンパク質摂取割合（%エネルギー）	男性	70歳群	15.4	15.1	13.1	17.2	<0.001
		80歳群	16.2	16.0	14.1	18.0	
	女性	70歳群	17.1	16.7	14.9	19.1	0.006
		80歳群	16.4	16.4	14.1	18.4	
ADL（点）	男性	70歳群	12.0	12.0	11.0	13.0	0.008
		80歳群	11.7	12.0	11.0	13.0	
	女性	70歳群	12.4	13.0	12.0	13.0	<0.001
		80歳群	11.9	12.0	11.0	13.0	

*: Mann-WhitneyのU検定により年齢差について検討した.

表3　ADLを従属変数としたロジスティック回帰分析

	オッズ比	95%信頼区間	*p*
年齢	0.62	0.50-0.77	<0.001
性別	1.63	1.32-2.02	<0.001
下肢の運動機能（因子得点）	1.88	1.52-2.33	<0.001

従属変数：
ADL（12点以下=0　13点満点=1）

独立変数：
下肢の運動機能（因子得点）（平均値未満=0　平均値以上=1）
年齢（70歳群=0　80歳群=1）
性別（男性=0　女性=1）

表4　下肢の運動機能（因子得点）を従属変数とした重回帰分析

	β	*p*	VIF
最大咬合力	0.13	<0.001	1.19
タンパク質摂取割合	0.12	<0.001	1.04
握力	0.20	<0.001	1.49
年齢	-0.13	<0.001	1.17
性別	0.10	<0.001	1.38

β: 標準化偏回帰係数
R^2=0.11

従属変数：
下肢の運動機能（因子得点）（連続変数）

独立変数：
最大咬合力（連続変数）
タンパク質摂取割合（連続変数）
握力（連続変数）
年齢（70歳群＝0　80歳群＝1）
性別（男性＝0　女性＝1）