

資 料

サルコペニア予防を目的とした
食品中の遊離アミノ酸データベースの作成とその活用

Creation and utilization of free amino acid database in food for prevention of sarcopenia

高橋明恵* 正木恭介*
Akie TAKAHASHI Kyosuke MASAKI

Objectives: First, we created a practicable free amino acid database aiming at prevention of sarcopenia. In addition, the actual situation of the supply amounts of protein and free amino acids to Japanese elderly people in the facilities providing meals such as elderly facilities and medical institutions was grasped. Furthermore, food preparation methods to increase the free leucine content and free branched-chain amino acid (BCAA) content were examined.

Methods: Regarding the free amino acid content of food, a practicable database was created based on the free amino acid content table published by the Japan Society of Nutrition and Food Science as a material. Using this database, a literature survey was conducted on the actual situation of the supply amounts of protein and free amino acids to Japanese elderly people in the facilities providing meals. For the cooking methods for increasing the contents of free leucine and free BCAAs, foods with changes in the contents of free amino acids were found and the cooking methods were examined between before and after the cooking and processing.

Results: We successfully completed the available free amino acid database. The nutrient adequacy of the supply amount of protein and free amino acids for Japanese elderly people in the facilities providing meals was 124% for protein, 14% for free leucine, and 17% for free BCAAs on average for 7 facilities. It was presumed that cooking and processing methods such as "steam cooking", "fermentation", "aging", "pressurization", "heating", "soaking in seasoning liquid containing a high free amino acid" contributed to the release of free amino acids.

Conclusion: This study focused on increases in the supply of free amino acids in foods for sarcopenia prevention. Such diet might become useful knowledge in people of various life stages such as athletes who need to increase the muscle weight and children of the growing phase.

Keywords: Sarcopenia, Prevention, Free amino acid
サルコペニア、予防、遊離アミノ酸

1. 緒言

我が国において、介護保険制度における要介護または要支援の認定を受けた人（以下「要介護者等」と記載）は、平成15年度～26年度で221.4万人の増加を示している。中でも、75歳以上になると要介護の認定を受ける人の割合が大きく上昇している。また、要介護者等における介護が必要になった主な原因は、脳血管疾患が17.2%と最も多く、次いで認知症が16.4%、そして高齢による衰弱が13.9%、骨折・転倒が12.2%と続いている¹⁾。

介護が必要になった主な原因の3位に位置する高齢による衰弱は、老年医学で言う虚弱、（以下「フレイルティ」と記載）を含んでおり、低栄養との関連が極めて強いといわれている。

フレイルティとは、老化に伴う種々の機能低下（予備能

力の低下）を基盤とし、様々な健康障害に対する脆弱性が増加している状態であり、つまり健康障害に陥りやすい状態であるといえる²⁾。また、Friedらのフレイルティの定義においては、フレイルティの診断項目に「身体能力（歩行速度）の減弱」、「筋力（握力）の低下」の2項目が組み込まれている。これは、Rosenbergにより提唱された「加齢に伴う筋力の減少、又は老化に伴う筋肉量の減少」を指すサルコペニアと密接に関連している³⁾。このことから、フレイルティの原因のひとつにサルコペニアが存在すると思われる。サルコペニアの存在は、高齢者のふらつき、及び転倒・骨折、さらにはフレイルティに関連し、身体機能障害や要介護状態との関連性が強いと報告されている⁴⁾。以上のことから、サルコペニアを予防することは要介護状態の予防に繋がると考えられる。

*宮城学院女子大学大学院健康栄養学研究科

サルコペニアの予防に関する栄養面からのアプローチとしては、たんぱく質摂取の重要性が注目されている。しかし、高齢者においては、食欲低下とあいまって食事摂取量が減少するケースが多く、たんぱく質やその他の栄養素不足を招きやすい。また、施設入居者や在宅ケア対象者は低栄養状態にあり、負の窒素出納を示す人が少なくない⁵⁾。

その一方で、通常の食品からたんぱく質を摂取する介入研究としては、Alemanらにより60歳以上のサルコペニアと診断された高齢者40名を対象とした3ヶ月間のランダム化比較試験が行われており、補給群は既定の食事に加え、高たんぱく質食品であるリコッタチーズ210g/日(70g×3食、たんぱく質15.7g/日)を摂取したが、サルコペニアの改善が示されていない⁶⁾。すなわち、単にたんぱく質を供給するだけではサルコペニア予防には繋がらないことが予想される。

この結果は、高齢者では筋肉たんぱく質の同化抵抗性(anabolic resistance)が存在しているために同化閾値が成人より上昇し、アミノ酸が筋肉に供給されたとしても筋肉たんぱく質同化作用が成人に比較し弱い可能性があるためだと考えられている。しかし、高齢者の筋肉細胞も、アミノ酸供給を増やし同化閾値に達成させれば、同化作用は十分惹起されることが確認されている。筋肉へのアミノ酸供給を高める方法として、たんぱく質の摂取量を確保し、ひとつまたは複数の遊離アミノ酸を補給する方法が期待されている⁷⁾。

また、アミノ酸の全てに筋肉たんぱく質同化作用があるわけではなく、不可欠アミノ酸、特に分枝アミノ酸(BCAA)、中でもロイシンに強い筋肉たんぱく質同化作用が存在することが知られている^{8,9)}。そのため、表1に示すように、BCAAやロイシン、及びロイシンの代謝産物であるβ-ヒドロキシ-β-メチル酪酸(beta-hydroxy-beta-methylbutyrate:HMB)の含有量を高めたサプリメントが開発されている。さらに、表2に示すように、多くの研究がサプリメントの補給により実施され、その補給の有用性を示している¹⁰⁻¹⁴⁾。その一方で、サルコペニア予防において、食事からの予防を目的とした研究報告は少ないのが現状である。

また、高齢者は様々な要因から消化・吸収機能が低下する。高齢者においては、委縮性胃炎に起因する胃酸分泌の減少、小腸で細菌の過増殖が起こり、小腸からの栄養素吸

収が低下することなどが、低栄養を引き起こす要因のひとつと考えられてきた¹⁵⁾。さらに、食道や胃の運動は高齢者では低下しており¹⁶⁾、委縮性胃炎や胃酸分泌の減少は、加齢に伴って増加するヘリコバクター・ピロリ(*Helicobacter pylori*)感染によるものである可能性が近年示された¹⁷⁾。このような点でも、高齢者において筋肉へのアミノ酸供給を図るために食事の遊離アミノ酸の含有量を高めることは、意義のあることと考える。

そこで、本研究では、健康寿命の延伸、及び要介護状態の防止のためのサルコペニア予防を目的とし、まず、食品中に含まれる遊離アミノ酸含量に関して、日本栄養・食糧学会から公開されている遊離アミノ酸含量表を基礎資料として実用可能なデータベースを作成した。このデータベースを用いて、高齢者施設ならびに医療機関などの給食施設での日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態を、文献調査により把握することとした。また、高齢者の筋肉たんぱく質同化作用を高めることを目指し、遊離ロイシン、及び遊離BCAAの含有量を高める調理方法を収集した資料をもとに検討した。

II. 方法

1. 遊離アミノ酸のデータ収集及び整理

1) 基礎資料

日本栄養・食糧学会から公開されている食品の遊離アミノ酸含量表を基礎資料とした。(https://www.jsnfs.or.jp/database/database_aminoacid.html)

2) データ整理

(1) 単位の統一化

基礎資料である遊離アミノ酸含量表は、各種の学会誌等における報告に基づき、各種食品に対する各種遊離アミノ酸の含有量をまとめて作成されたものである。各種遊離アミノ酸含有量に対する単位は、全て原報どおりであるため、換算可能なものに関して単位を統一化した(表3)。統一する単位は、食品100g当たりの各種遊離アミノ酸の含有量(mg)とした。用いた計算式は表3に示した。

(2) 遊離アミノ酸総量及び遊離BCAAの算出

遊離アミノ酸含量表に記載されている食品の単位の統一化ののち、各種食品における遊離アミノ酸の総含有量及び、BCAA含有量を求めた。遊離アミノ酸総含有量は、アスパラギン酸、トレオニン、セリン、アスパラギン、グルタ

表1 BCAA、ロイシン及びHMBサプリメントの一例

製品名	販売元	主要成分	含有量(/日)
アミノバイタル	味の素(株)	BCAA [†]	1,140mg/本 (Leu460mg Ile370mg Val310mg)
アミノエール ヘルススイッチ 筋力	味の素(株) 株式会社協和	ロイシン HMB [‡]	1,200mg/本 1,200mg/袋

[†]分枝アミノ酸の略語。

[‡]β-ヒドロキシ-β-メチル酪酸(beta-hydroxy-beta-methylbutyrate)の略語。ロイシンの代謝産物。

表2 サプリメントを用いた研究の概要一例

文献番号	タイトル	研究者名	発行年 (西暦)	成分名	対象者	サプリメント成分 (/日)	摂取期間	結果(有用性)
10	Effects of Nutritional Supplements on Muscle Mass and Activities of Daily Living in Elderly Rehabilitation Patients with Decreased Muscle Mass: A Randomized Controlled Trial.	Yoshimuraら	2016	BCAA [†]	日本 高齢リハ 入院患者 39名	BCAA2,500mg	2ヶ月	・補給群の方が、筋肉量とADL [‡] がより改善
11	Resistance exercise combined with essential amino acid supplementation improved walking ability in elderly people.	Kawadaら	2013	ロイシン	日本人 健康 高齢者 39名	Leu [§] 40%配合 EAA3g (Leu1,200mg) または6g (Leu2,400mg)	6ヶ月	・6ヶ月の運動+EAA 摂取(3g, 6g)により、10m歩行と10m歩行+障害物において改善 ・6分間歩行で、3ヶ月目に運動+EAA摂取(3g, 6g)において改善
12	Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial.	Kimら	2012	ロイシン	日本人 サルコペニア 顕在化 高齢女性 155名	Leu42%配合 アミノ酸3g×2回 (Leu2,520mg)	3ヶ月	・レジスタンス運動+サプリメント補給群において、筋量、歩行速度、筋力が有意に改善
13	Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate, arginine, and lysine supplementation on strength, functionality, body composition, and protein metabolism in elderly women.	Flakollら	2004	HMB [¶]	アメリカ 施設入所 高齢女性 50名	HMB2g Arg ^{**} 5g Lys ^{**} 1.5g	3ヶ月	・補給群で筋力が有意に増加、身体機能も有意に向上
14	Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on protein metabolism in bed-ridden elderly receiving tube feeding.	Hsiehら	2010	HMB	台湾人 寝たきり 高齢者 84名	HMB2g	1ヵ月	・補給群において体重、上腕筋围、下腿周囲長が有意に改善

[†]分枝アミノ酸の略語。

[‡]日常生活動作 (activities of daily living) の略語。

[§]ロイシンの略語。

^{||}不可欠アミノ酸 (essential amino acids) の略語。

[¶]β-ヒドロキシ-β-メチル酪酸 (beta-hydroxy-beta-methylbutyrate) の略語。ロイシンの代謝産物。

^{**}アルギニンの略語。

^{††}リシンの略語。

表3 基礎資料における単位統一化に用いた計算式

換算前の遊離アミノ酸の単位	計算式
mg/g	各種遊離アミノ酸×100
g/kg	
g/100g	各種遊離アミノ酸×1000
μg/g	各種遊離アミノ酸×0.1
mg/kg	
μmol/g (μM/gm)	各種遊離アミノ酸×各種アミノ酸分子量×0.1
μmol/ml	
nmol/mg	
m moles/kg	
nmol/10 μl	各種遊離アミノ酸×各種アミノ酸分子量×0.01
μmol/100g (μ moles/100g)	各種遊離アミノ酸×各種アミノ酸分子量×0.001
μmol/100ml	

ミン酸、グルタミン、プロリン、グリシン、アラニン、バリン、システイン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、トリプトファン、リシン、ヒスチジン、アルギニン、シスチン、ヒドロキシプロリンの22種の遊離アミノ酸の数値を合計し、求めた。BCAA含有量は、バリン、ロイシン、イソロイシンの3種の遊離アミノ酸の数値を合計し、求めた。

(3) 類似食品の数値の処理

遊離アミノ酸含量表には、たとえば、「コシヒカリ（福島県郡山市内収穫）、精白米」、「輸入ジャポニカ米（中国産）、精白米」、「輸入ジャポニカ米（アメリカ、カリフォルニア産）、精白米」、「輸入ジャポニカ米（オーストラリア産）、精白米」のように品名や部位が類似した食品が複数記載されている食品がある。それらの食品は、各種遊離アミノ酸の複数の数値を用い中央値を求め、これを採用した。中央値は、MEDIAN関数を用いて算出した。

(4) 食品成分表記載、且つ遊離アミノ酸含量表未記載の食品における遊離アミノ酸の数値代用食品の定義付け

日本食品標準成分表（以下「食品成分表」と記載）記載、且つ遊離アミノ酸含量表未記載、または記載されていても換算不可な食品において、各種遊離アミノ酸の数値をその他の遊離アミノ酸含量表記載食品の数値で代用するために、代用食品を定義付けした。代用食品決定にあたり、そのまま遊離アミノ酸数値を当てはめた食品や代用食品の定義別に、数値の評価をA、B、Cの3段階で示した。また、評価Cはたんぱく質とアミノ酸の関係性を考慮し、たんぱく質が比較的高含有の食品が属する豆類、肉類、魚介類、卵類、乳類の5群、及び主食の穀類の計6群においてのみ、食品記載数の充実を図り項目を設けた。定義付けは以下の様に行った。

評価Aの定義は、食品成分表記載の食品に該当する遊離アミノ酸数値が遊離アミノ酸含量表に記載されている場合とした。また、基礎資料では補えない遊離アミノ酸数値において、基礎資料とは異なる論文の遊離アミノ酸成分値を採用した場合も評価はAとした。

評価Bの定義は、①食品成分表未記載食品及び代用候

補食品の学術的分類が同一（同一の科の生物）であること、②食品成分表未記載食品に対する代用候補食品のたんぱく質含有量の割合が90～110%であること、の2点とした。

評価Cの定義は、穀類においては、①食品成分表未記載食品及び代用候補食品が同一の食品群に属していること、②食品成分表未記載食品及び代用候補食品の学術的分類が同一（同一の科の生物）であることを前提に、たとえば「こめ [水稲めし] 玄米は、うるち米の玄米47g相当量を含んでいる。上記を踏まえ、遊離アミノ酸成分表記載の『こめ [水稲穀粒] 玄米』に該当する食品の遊離アミノ酸成分値を47%で算出し、これを『こめ [水稲めし] 玄米』の参考値とする」というように、概算したものを評価Cとした。

豆類、肉類、魚介類、卵類、乳類の5群においては、①食品成分表未記載食品及び代用候補食品が同一の食品群に属していること、②食品成分表未記載食品及び代用候補食品の学術的分類が同一（同一の科の生物）であること、③食品成分表未記載食品に対する代用候補食品のたんぱく質含有量の割合が70～130%であること、の3点とした。

2. 日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態把握

日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態把握に際しては、医歯薬出版株式会社より2011年3月～2016年12月に発行された「臨床栄養」に掲載されている施設の給食のうち、7施設分を資料とした。また、たんぱく質量の算出には食品成分表を、遊離アミノ酸供給量の算出には本研究で作成した遊離アミノ酸データベースを用いた。

我が国における、平成28年9月現在の介護保険施設の在在者を性別にみると、男性が22.6%、女性が77.4%で女性の所在者が約8割を占めている¹⁹⁾。このことから、算出したたんぱく質の供給量は、表4で示した日本人の食事摂取基準2015年版に記載されている、70歳以上の女性のたんぱく質摂取量の推奨量を参考にして検討した。算出したアミノ酸供給量は、表2で示したサプリメントの供給量のロイシン供給量最低値、及びBCAA供給量を参考に

して検討した。

3. 食品の調理・加工前後における遊離アミノ酸含有量の変化の検討

本研究で作成した遊離アミノ酸データベースに掲載されている食品において、食品の調理または加工前後で、遊離ロイシン、及び遊離BCAA含有量が変化している食品を見出し、該当食品の調理または加工工程からアミノ酸が遊離した理由を検討した。検討にあたって、調理または加工工程の影響のみを純粹に検討することを目的とし、対象とする食品は本研究で作成した遊離アミノ酸データベースにおいて評価Aに該当する食品のみとした。

III. 結果

1. 作成した遊離アミノ酸のデータベースと食品成分表の食品収載数の比較

作成した遊離アミノ酸のデータベースと食品成分表の食品収載数の比較を表5に示した。穀類における食品収載数は、食品成分表で161品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは55品目であった。ま

た、作成した遊離アミノ酸のデータベースに掲載された食品55品目のうち、評価Aの食品は23品目、評価Bの食品は8品目、評価Cは24品目であった。

いも及びでん粉類における食品収載数は、食品成分表で62品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは2品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに掲載された食品2品目のうち、評価Aの食品は2品目、評価B及び評価Cはともに0品目であった。

砂糖及び甘味類における食品収載数は、食品成分表で27品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは11品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに掲載された食品11品目のうち、評価Aの食品は6品目、評価Bの食品は5品目、評価Cは0品目であった。

豆類における食品収載数は、食品成分表で93品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは34品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに掲載された食品34品目のうち、評価Aの食品は23品目、評価Bの食品は5品目、評価Cは6品目であった。

穀類における食品収載数は、食品成分表で93品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは30品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに掲載された食品30品目のうち、評価Aの食品は23品目、評価Bの食品は5品目、評価Cは2品目であった。

種実類における食品収載数は、食品成分表で43品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは9品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに掲載された食品9品目のうち、評価Aの食品

表4 たんぱく質の摂取量の目標値（/日）

	男性	女性
推定平均必要量 ^{†,‡}	50g	40g
推奨量 ^{†,‡}	60g	50g
サルコペニア診療 ガイドライン2017年版 推奨量	1.0g/kg体重	
Paddonらの報告 ¹⁸⁾	1.0~1.25g/kg体重	

[†]数値は日本人の食事摂取基準2015年版に掲載されている70歳以上の男女を参考にし

[‡]参照体重は男性60.0kg、女性49.5kgである。

表5 遊離アミノ酸のデータベース及び食品成分表の食品収載数

食品群	食品成分表 (品目)	遊離アミノ酸データベース (品目)	遊離アミノ酸データベースにおける 評価別収載食品数(品目)		
			A	B	C
穀類	161	55	23	8	24
いも及びでん粉類	62	2	2	0	0
砂糖及び甘味類	27	11	6	5	0
豆類	93	30	23	5	2
種実類	43	9	9	0	0
野菜類	362	76	47	29	0
果実類	174	71	51	20	0
きのこ類	49	13	11	2	0
藻類	53	16	12	4	0
魚介類	419	125	44	44	37
肉類	291	165	48	99	18
卵類	20	6	5	1	0
乳類	58	28	13	11	4
油脂類	31	0	0	0	0
菓子類	141	0	0	0	0
嗜好飲料類	58	3	3	0	0
調味料及び香辛料類	129	12	12	0	0
調理加工食品類	22	0	0	0	0

は9品目、評価B及び評価Cはともに0品目であった。

野菜類における食品収載数は、食品成分表で362品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは76品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品76品目のうち、評価Aの食品は47品目、評価Bの食品は29品目、評価Cは0品目であった。

果実類における食品収載数は、食品成分表で174品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは71品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品71品目のうち、評価Aの食品は51品目、評価Bの食品は20品目、評価Cは0品目であった。

きのこ類における食品収載数は、食品成分表で49品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは13品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品13品目のうち、評価Aの食品は11品目、評価Bの食品は2品目、評価Cは0品目であった。

藻類における食品収載数は、食品成分表で53品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは16品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品16品目のうち、評価Aの食品は12品目、評価Bの食品は4品目、評価Cは0品目であった。

魚介類における食品収載数は、食品成分表で419品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは125品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品125品目のうち、評価Aの食品は44品目、評価Bの食品は44品目、評価Cは37品目であった。

肉類における食品収載数は、食品成分表で291品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは165品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品165品目のうち、評価Aの食品は48品目、評価Bの食品は99品目、評価Cは18品目であった。

卵類における食品収載数は、食品成分表で20品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは6品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品6品目のうち、評価Aの食品は5品目、評価Bの食品は1品目、評価Cは0品目であった。

乳類における食品収載数は、食品成分表で58品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは28品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品28品目のうち、評価Aの食品は13品目、評価Bの食品は11品目、評価Cは4品目であった。

油脂類における食品収載数は、食品成分表で31品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは0品目であった。

菓子類における食品収載数は、食品成分表で141品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは0品目であった。

嗜好飲料類における食品収載数は、食品成分表で58品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは3品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品3品目のうち、評価Aの食品は3品目、評価B及び評価Cは0品目であった。

調味料及び香辛料類における食品収載数は、食品成分表で129品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは12品目であった。また、作成した遊離アミノ酸のデータベースに収載された食品12品目のうち、評価Aの食品は12品目、評価B及び評価Cは0品目であった。

調理加工食品類における食品収載数は、食品成分表で22品目であったのに対し、作成した遊離アミノ酸のデータベースでは0品目であった。

また、遊離アミノ酸データベースの利用可能性を検討するために、高齢者施設ならびに医療機関などの給食施設での日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態を把握するために行った文献調査において得られた各施設の1日分のたんぱく質供給量に対するたんぱく質高含有食品群のうち、遊離アミノ酸の数値を当てはめられた食品のたんぱく質の割合を算出した結果を表6に示す。ここで、たんぱく質高含有食品群とは、豆類、魚介類、肉類、卵類、乳類の5群とする。結果、A施設で74%、B施設で87%、C施設で91%、D施設で98%、E施設で73%、F施設で91%、G施設で92%、7施設平均で87%となった。

2. 日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態把握

日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態を把握した結果を表7に示した。

A施設では、たんぱく質供給量は57.1g/日、遊離ロイシン供給量は227.86mg/日、遊離BCAA供給量は560.71mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では114%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで19%、遊離BCAAで22%と、供給量は明らかに不足していた。

B施設では、たんぱく質供給量は65.8g/日、遊離ロイシン供給量は202.10mg/日、遊離BCAA供給量は519.75mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では132%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで17%、遊離BCAAで21%と、供給量は明らかに不足していた。

表6 各施設の1日分のたんぱく質供給量に対するたんぱく質高含有食品群のうち数値を当てはめられた食品のたんぱく質の割合

各施設の 種類	1日分のたんぱく質供給量に対するたんぱく質高含有食品群のうち 数値を当てはめられた食品のたんぱく質量(%)	
介護老人 保健施設	A施設	74
	B施設	87
	C施設	91
病院・介護老人 保健施設併設	D施設	98
	E施設	73
病院	F施設	91
	G施設	92
	平均	87

†たんぱく質高含有食品群とは、豆類、魚介類、肉類、卵類、乳類の5群とする。

表7 日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量

各施設の種類	たんぱく質(g/日)	遊離Leu [†] (mg/日)	遊離BCAA [‡] (mg/日)	
介護老人保健施設	A施設	57.1(114%) [§]	227.86(19%) [§]	560.71(22%) [§]
	B施設	65.8(132%)	202.10(17%)	519.75(21%)
	C施設	51.2(102%)	123.63(10%)	312.62(13%)
病院・介護老人 保健施設併設	D施設	64.1(128%)	103.87(9%)	247.55(9%)
	E施設	64.1(128%)	104.05(9%)	265.10(11%)
病院	F施設	70.4(148%)	247.89(21%)	625.83(25%)
	G施設	66.9(134%)	168.57(19%)	448.34(18%)
	平均	62.1(124%)	168.28(14%)	425.70(17%)

†ロイシンの略語。

‡分枝アミノ酸の略語。

§たんぱく質、Leu、BCAAの割合は、表4に示した70歳女性におけるたんぱく質推奨量50g/日、及び表2に示したサプリメントによるLeu供給量最低値1200mg/日、BCAA供給量2500mg/日を参考に算出した。

C施設では、たんぱく質供給量は51.2 g/日、遊離ロイシン供給量は123.63 mg/日、遊離BCAA供給量は312.62 mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では102%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで10%、遊離BCAAで13%と、供給量は明らかに不足していた。

D施設では、たんぱく質供給量は64.1 g/日、遊離ロイシン供給量は103.87 mg/日、遊離BCAA供給量は247.55 mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では128%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで9%、遊離BCAAで9%と、供給量は明らかに不足していた。

E施設では、たんぱく質供給量は64.1 g/日、遊離ロイシン供給量は104.05 mg/日、遊離BCAA供給量は265.10 mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では128%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで9%、遊離BCAAで11%と、供給量は明らかに不足していた。

F施設では、たんぱく質供給量は70.4 g/日、遊離ロイシン供給量は247.89 mg/日、遊離BCAA供給量は625.83 mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では148%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで21%、遊離BCAAで25%と、供給量は明らかに不足していた。

G施設では、たんぱく質供給量は66.9 g/日、遊離ロイ

シン供給量は168.57 mg/日、遊離BCAA供給量は448.34 mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では134%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで19%、遊離BCAAで18%と、供給量は明らかに不足していた。

また、7施設の平均値は、たんぱく質供給量は62.1 g/日、遊離ロイシン供給量は168.28 mg/日、遊離BCAA供給量は425.70 mg/日であった。また、それぞれの栄養素供給量の充足率は、たんぱく質では124%と供給量は充足していたのに対し、遊離ロイシンで14%、遊離BCAAで17%と、供給量は明らかに不足していた。

3. 食品の調理・加工前後における遊離アミノ酸含有量の変化の検討

食品の調理・加工前後における遊離アミノ酸含有量の変化を表8に示した。

3.1 豆類

豆類では、だいず(加工前)と納豆(加工後)の遊離アミノ酸含有量を比較した。遊離ロイシンにおいては、だいずは4.00 mg/100 g、納豆は286.00 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、7150%であった。遊離BCAAにおいては、だいずは12.15 mg/100 g、納豆は639.12 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離BCAAの割合は、5260%であった。

3.2 野菜類

野菜類では、えだまめ・生（加工前）とえだまめ・ゆで（加工後）、きゅうり・果実・生（加工前）ときゅうり・漬物・しょうゆ漬（加工後）、はくさい・結球葉・生（加工前）とはくさい・漬物・塩漬（加工後）はくさい・結球葉・生とはくさい・漬物・キムチの遊離アミノ酸含有量を比較した。えだまめ・生とえだまめ・ゆでの遊離ロイシンにおいては、前者は4.60 mg/100 g、後者は3.45 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、75%であった。遊離 BCAA においては、えだまめ・生は13.40 mg/100 g、えだまめ・ゆでは14.35 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離 BCAA の割合は、107%であった。

きゅうり・果実・生ときゅうり・漬物・しょうゆ漬の遊離ロイシンにおいては、前者は4.32 mg/100 g、後者は57.25 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、1325%であった。遊離 BCAA においては、きゅうり・果実・生は10.98 mg/100 g、きゅうり・漬物・しょうゆ漬は174.30 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離 BCAA の割合は、1588%であった。

はくさい・結球葉・生とはくさい・漬物・塩漬の遊離ロイシンにおいては、前者では4.45 mg/100 g、後者では3.92 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、88%であった。遊離 BCAA においては、はくさい・結球葉・生は27.90 mg/100 g、はくさい・漬物・塩漬は7.67 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離 BCAA の割合は、27%であった。

はくさい・結球葉・生とはくさい・漬物・キムチの遊離ロイシンにおいては、前者では4.45 mg/100 g、後者では15.70 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、353%であった。遊離 BCAA においては、はくさい・結球葉・生は27.90 mg/100 g、はくさい・漬物・キムチは38.35 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離 BCAA の割合は、137%であった。

3.3 魚介類

魚介類では、〈魚類〉（かつお類）かつお・春獲り・生と〈魚類〉（かつお類）・かつお・秋獲り・生と〈魚類〉（かつお類）缶詰・味付け・フレーク及び〈魚類〉（かつお類）缶詰・油漬・フレーク、〈魚類〉（まぐろ類）びんなが・生と〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・水煮・フレーク・ホワイトと〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・味付け・フレーク及び〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・油漬・フレーク・ホワイトの遊離アミノ酸含有量を比較した。

〈魚類〉（かつお類）かつお・春獲り・生、〈魚類〉（かつお類）・かつお・秋獲り・生、〈魚類〉（かつお類）缶詰・味付け・フレーク、及び〈魚類〉（かつお類）缶詰・油漬・

フレークの遊離ロイシンにおいては、春獲りでは4.50 mg/100 g、秋獲りでは3.00 mg/100 g、缶詰・味付け・フレークでは44.80 mg/100 g、缶詰・油漬・フレークでは14.90 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、春獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では996%、秋獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では1493%、春獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では331%、秋獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では497%であった。遊離 BCAA においては、春獲りでは10.50 mg/100 g、秋獲りでは7.00 mg/100 g、缶詰・味付け・フレークでは118.50 mg/100 g、缶詰・油漬・フレークでは35.70 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離 BCAA の割合は、春獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では1129%、秋獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では1693%、春獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では340%、秋獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では510%であった。

〈魚類〉（まぐろ類）びんなが・生、〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・水煮・フレーク・ホワイト、〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・味付け・フレーク、及び〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・油漬・フレーク・ホワイトの遊離ロイシンにおいては、びんなが・生では4.00 mg/100 g、缶詰・水煮・フレーク・ホワイトでは3.00 mg/100 g、缶詰・味付け・フレークでは40.50 mg/100 g、缶詰・油漬・フレーク・ホワイトでは3.70 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、缶詰・水煮・フレーク・ホワイトでは75%、缶詰・味付け・フレークでは1013%、缶詰・油漬・フレーク・ホワイトでは93%であった。遊離 BCAA においては、びんなが・生では8.00 mg/100 g、缶詰・水煮・フレーク・ホワイトでは10.80 mg/100 g、缶詰・味付け・フレークでは114.10 mg/100 g、缶詰・油漬・フレーク・ホワイトでは12.70 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離 BCAA の割合は、缶詰・水煮・フレーク・ホワイトでは135%、缶詰・味付け・フレークでは1426%、缶詰・油漬・フレーク・ホワイトでは159%であった。

3.4 肉類

肉類では、〈畜肉類〉ぶた〔中型種肉〕ロース・脂身つき・生（加工前）と〈畜肉類〉ぶた〔ハム類〕ロースハム（加工後）、〈畜肉類〉ぶた〔中型種肉〕もも・脂身つき・生（加工前）と〈畜肉類〉ぶた〔ハム類〕生ハム・長期熟成（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した。ロース・生とロースハムの遊離ロイシンにおいては、前者は3.35 mg/100 g、後者は7.87 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、235%であった。遊離 BCAA においては、ロース・生は10.30 mg/100 g、ロースハムは17.66 mg/100 gであっ

表8 食品の調理・加工前後における遊離アミノ酸含有量の変化

加工前後	食品群	食品名	遊離アミノ酸 (mg/100g)		加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸の割合 (%)	
			Leu [†]	BCAA [‡]	Leu	BCAA
前 後	豆類	だいず [全粒・全粒製品] 全粒 国産 黄大豆 乾	4.00	12.15	—	—
		だいず [納豆類] 糸引き納豆	286.00	639.12	7150	5260
前後	野菜類	えだまめ 生	4.60	13.40	—	—
		えだまめ ゆで	3.45	14.35	75	107
前後	野菜類	きゅうり 果実 生	4.32	10.98	—	—
		きゅうり 漬物 しょうゆ漬	57.25	174.30	1325	1588
前後	野菜類	はくさい 結球葉 生	4.45	27.90	—	—
		はくさい 漬物 塩漬	3.92	7.67	88	27
前後	野菜類	はくさい 結球葉 生	4.45	27.90	—	—
		はくさい 漬物 キムチ	15.70	38.35	353	137
前1	魚介類	<魚類>(かつお類) かつお 春獲り 生	4.50	10.50	—	—
前2		<魚類>(かつお類) かつお 秋獲り 生	3.00	7.00	—	—
後1		<魚類>(かつお類) 缶詰 味付け フレーク	44.80	118.50	996 [§]	1129 [§]
		<魚類>(かつお類) 缶詰 味付け フレーク	1493	1693		
後2		<魚類>(かつお類) 缶詰 油漬 フレーク	14.90	35.70	331 [¶]	340 [¶]
		<魚類>(かつお類) 缶詰 油漬 フレーク	497 ^{††}	510 ^{††}		
前	魚介類	<魚類>(まぐろ類) びんなが 生	4.00	8.00	—	—
後1		<魚類>(まぐろ類) 缶詰 水煮 フレーク ホワイト	3.00	10.80	75	135
後2		<魚類>(まぐろ類) 缶詰 味付け フレーク	40.50	114.10	1013	1426
		<魚類>(まぐろ類) 缶詰 油漬 フレーク ホワイト	3.70	12.70	93	159
前	肉類	<畜肉類>ぶた [中型種 肉] ロース 脂身つき 生	3.35	10.30	—	—
後		<畜肉類>ぶた [ハム類] ロースハム	7.87	17.66	235	171
前	肉類	<畜肉類>ぶた [中型種 肉] もも 脂身つき 生	3.95	11.25	—	—
後		<畜肉類>ぶた [ハム類] 生ハム 長期熟成	363.70	842.30	9208	7487
前	乳類	<牛乳及び乳製品> (液状乳類) 普通牛乳	0.11	0.39	—	—
後1		<牛乳及び乳製品> (チーズ類) ナチュラル チーズ カマンベール	53.12	94.12	46440	24238
		<牛乳及び乳製品> (チーズ類) ナチュラル チーズ チェダー	123.43	193.91	107900	49936
後3		<牛乳及び乳製品> (チーズ類) ナチュラル チーズ エメンタール	300.90	564.30	263040	145320

[†]ロイシンの略語。

[¶]前2の食品と後1の食品の遊離アミノ酸の比較結果。

[‡]分枝アミノ酸の略語。

^{††}前2の食品と後2の食品の遊離アミノ酸の比較結果。

[§]前1の食品と後1の食品の遊離アミノ酸の比較結果。

^{||}前1の食品と後2の食品の遊離アミノ酸の比較結果。

た。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離BCAAの割合は、171%であった。

もも・生と生ハムの遊離ロイシンにおいては、前者は3.95 mg/100 g、後者は363.70 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、9208%であった。遊離BCAAにおいては、もも・生は11.25 mg/100 g、生ハムは842.30 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離

BCAAの割合は、7487%であった。

3.5 乳類

乳類では、〈牛乳及び乳製品〉(液状乳類)普通牛乳と〈牛乳及び乳製品〉(チーズ類)ナチュラルチーズ・カマンベールと〈牛乳及び乳製品〉(チーズ類)ナチュラルチーズ・チェダーと〈牛乳及び乳製品〉(チーズ類)ナチュラルチーズ・エメンタールの遊離アミノ酸含有量を比較した。遊離ロイシンにおいては、普通牛乳は0.11 mg/100

g、カマンベールは53.12 mg/100 g、チェダーは123.43 mg/100 g、エメンタールは300.90 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離ロイシンの割合は、カマンベールは46440%、チェダーは107900%、エメンタールは263040%であった。遊離BCAAにおいては、普通牛乳は0.39 mg/100 g、カマンベールは94.12 mg/100 g、チェダーは193.91 mg/100 g、エメンタールは564.30 mg/100 gであった。また、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離BCAAの割合は、カマンベールは24238%、チェダーは49936%、エメンタールは145320%であった。

IV. 考察

本研究では、健康寿命の延伸、及び要介護状態の防止のためのサルコペニア予防を目的とし、まず、食品中に含まれる遊離アミノ酸含有量に関して、日本栄養・食糧学会から公開されている食品中の遊離アミノ酸含量表を基礎資料として実用可能なデータベースを作成した。このデータベースを用いて、高齢者施設ならびに医療機関などの給食施設での日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態を、文献調査により把握した。また、高齢者の筋肉たんぱく質同化作用を高めることを目指し、遊離ロイシン、及び遊離BCAAの含有量を高める調理方法を検討した。

まず、遊離アミノ酸のデータを得るために、日本栄養・食糧学会から公開されている食品中の遊離アミノ酸含量表を基礎資料とし、遊離アミノ酸のデータベースの作成を行った。今回作成した遊離アミノ酸データベースは食品成分表に対応する様に作成したものの、食品成分表掲載の食品全ての成分値を補完できるものではない(表5)。しかし、遊離アミノ酸データベースを利用し、各施設の1日分のたんぱく質供給量に対するたんぱく質高含有食品群のうち数値を当てはめられた食品のたんぱく質の割合は平均で87%であった(表6)。このことから、決して完全とは言えないものの、今回作成した遊離アミノ酸データベースは、おおよその遊離アミノ酸供給量を把握するにあたって十分利用可能であると考えられる。また現在、高齢者施設や医療機関などの現場においてアミノ酸を付加する方法として、利用可能な遊離アミノ酸のデータベースがないために食事から供給する遊離アミノ酸量を計算する方法がなく、サプリメントに頼らざるを得ないという問題がある。しかし、この問題を解決する一助に本研究作成の遊離アミノ酸データベースはなり得ると考える。

次に、高齢者施設ならびに医療機関などの給食施設での日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態を把握するために、文献により7施設の調査を行った。結果、7施設全てにおいて、たんぱく質の供給量は「日本人の食事摂取基準2015年版」に記載されている70歳以上の女性のたんぱく質摂取量の推奨量を満たしていた。

一方で、遊離アミノ酸に該当する遊離ロイシン、及び遊離BCAAの供給量は、表2で示したサプリメントの供給量のロイシン供給量最低値、及びBCAA供給量を大きく下回っていた。この遊離アミノ酸の数値は、遊離アミノ酸データベースの不完全性により生じる誤差を考慮してもサプリメントの供給量には遠く及ばない。サルコペニアの予防にはたんぱく質の摂取は有効だが、高齢者においては慢性腎不全といった疾患への影響や腎臓への負担を考慮すると、目標値を超過したたんぱく質の供給は高齢者の健康を損ねる可能性があると思われる。このことから、サルコペニア予防という観点から見ると、給食施設で与えられているたんぱく質が目標値に達しており、且つ遊離ロイシン、及び遊離BCAAが目標値に達していない場合、これらが目標値に達するような献立を提案する事の意義はより深まると考える。

さらに、遊離ロイシン、及び遊離BCAAの含有量を高める調理方法を検討するために、本研究で作成した遊離アミノ酸データベースに掲載されている食品において、食品の調理または加工前後で、遊離ロイシン、及び遊離BCAA含有量が変化している食品を見出し、該当食品の調理または加工工程からアミノ酸が遊離した理由を検討した(表8)。豆類では、大豆(加工前)と納豆(加工後)の遊離アミノ酸含有量を比較した。結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては7150%、遊離BCAAにおいては5260%と大きく上昇していた。納豆の主な製造過程は、①洗浄、②浸漬、③蒸煮、④納豆菌噴霧、⑤発酵容器充填、⑥発酵、⑦熟成、⑧包装、⑨出荷の9段階からなる²⁰⁾。また、納豆製造過程における遊離アミノ酸の著しい増加に関して草野は、遊離アミノ酸は原料大豆に対して蒸煮大豆で約3倍、納豆で6~20倍に達したと報告している²¹⁾。このことから、大豆(加工前)に対する納豆(加工後)の遊離アミノ酸の著しい増加には、高圧で蒸し上げる「蒸煮」、及び発酵室内において38~42℃で16~24時間行われる「発酵」が関与しており、とりわけ「発酵」の過程が遊離アミノ酸増加に大きく寄与していると考えられる。

野菜類では、えだまめ・生(加工前)とえだまめ・ゆで(加工後)、きゅうり・果実・生(加工前)ときゅうり・漬物・しょうゆ漬(加工後)、はくさい・結球葉・生(加工前)とはくさい・漬物・塩漬(加工後)はくさい・結球葉・生とはくさい・漬物・キムチの遊離アミノ酸含有量を比較した。

えだまめ・生(加工前)とえだまめ・ゆで(加工後)の遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては75%と減少し、遊離BCAAにおいては107%と僅かに上昇した。「茹でる」という調理方法は食品の水分含有量が増加するため、その分加工後の食品の栄養素密度は減少すると思われる。そのことを考慮に入れても、「茹でる」

という調理方法は遊離アミノ酸増加に関してあまり期待できないと思われる。

きゅうり・生（加工前）ときゅうり・漬物・しょうゆ（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては1325%、遊離BCAAにおいては1588%と上昇した。また、はくさい・結球葉・生（加工前）とはくさい・漬物・塩漬（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては88%、遊離BCAAにおいては27%と減少した。さらに、はくさい・生（加工前）とはくさい・漬物・キムチ（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては353%、遊離BCAAにおいては137%と上昇した。上記3種は野菜類の漬物における加工前後の比較である。これらを遊離アミノ酸の上昇が大きい順に並べると、きゅうり・漬物・しょうゆ）はくさい・漬物・キムチ）はくさい・漬物・塩漬となり、漬物の種類によって大きくアミノ酸の遊離した割合が異なることがわかった。しょうゆは、遊離アミノ酸含有量が非常に高い食品である。また、キムチは野菜及び薬味を魚醤油を使って漬込んだ弱い呈味の醤油漬と定義できる²²⁾。これらの点から、野菜類における漬物のアミノ酸の遊離は、加工による食品に含まれるアミノ酸の遊離よりも、調味液に含有する遊離アミノ酸の食品への移行が影響していると考えられる。加えて、漬物における加工後の遊離アミノ酸増加には、加工後に水分含量が低下したことにより、100gあたりの遊離アミノ酸含有量が高まったことも要因になっていると考えられる。

魚介類では、〈魚類〉（かつお類）かつお・春獲り・生と〈魚類〉（かつお類）・かつお・秋獲り・生と〈魚類〉（かつお類）缶詰・味付け・フレーク及び〈魚類〉（かつお類）缶詰・油漬・フレーク、〈魚類〉（まぐろ類）びんなが・生と〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・水煮・フレーク・ホワイトと〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・味付け・フレーク及び〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・油漬・フレーク・ホワイトの遊離アミノ酸含有量を比較した。

〈魚類〉（かつお類）かつお・春獲り・生と〈魚類〉（かつお類）・かつお・秋獲り・生と〈魚類〉（かつお類）缶詰・味付け・フレーク及び〈魚類〉（かつお類）缶詰・油漬・フレークの遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては春獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では996%、秋獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では1493%、春獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では331%、秋獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では497%と、全ての比較で上昇した。遊離BCAAにおいては、春獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では1129

%、秋獲り（加工前）と缶詰・味付け・フレーク（加工後）では1693%、春獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では340%、秋獲り（加工前）と缶詰・油漬・フレーク（加工後）では510%と、ロイシン同様全ての比較で上昇した。また、味付けと油漬、それぞれの遊離ロイシン、及び遊離BCAAを同じ原料同士で比較すると、全ての項目で味付けの方がアミノ酸は遊離していた。

〈魚類〉（まぐろ類）びんなが・生と〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・水煮・フレーク・ホワイトと〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・味付け・フレーク及び〈魚類〉（まぐろ類）缶詰・油漬・フレーク・ホワイトの遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては、缶詰・水煮・フレーク・ホワイトでは75%、缶詰・油漬・フレーク・ホワイトでは93%と減少した一方、缶詰・味付け・フレークでは1013%と上昇した。遊離BCAAにおいては、缶詰・水煮・フレーク・ホワイトでは135%、缶詰・味付け・フレークでは1426%、缶詰・油漬・フレーク・ホワイトでは159%と、ロイシンとは異なり全ての加工後食品で上昇した。また、水煮、味付け、及び油漬の各遊離ロイシン、及び遊離BCAAを比較すると、どちらの遊離アミノ酸でも味付け）油漬）水煮の順でアミノ酸は遊離していた。

上記の魚介類の缶詰における遊離アミノ酸増加には、その他の缶詰に比べ「味付け」で最もアミノ酸が遊離している、という共通点がある。魚の缶詰製造では、缶詰に肉詰めをする際に「水煮」は油を除いた調味液または水のみ、「味付け」はしょうゆと砂糖を調合したもの、「油漬」は野菜プロストと植物油を注入する²³⁾。これらの点から、缶詰において「味付け」で最もアミノ酸が遊離していたのは、添加した調味液のしょうゆに由来しているためと考えられる。また、魚の缶詰の製造過程には「蒸煮」及び「加圧加熱殺菌」という過程が存在する²⁴⁾。しょうゆを注入されていない「油漬」及び「水煮」におけるアミノ酸の遊離には、上記2つの過程における加熱、及び加圧によるタンパク質の加水分解が影響したのではないかと考える。

肉類では、〈畜肉類〉ぶた〔中型種肉〕ロース・脂身つき・生（加工前）と〈畜肉類〉ぶた〔ハム類〕ロースハム（加工後）、〈畜肉類〉ぶた〔中型種肉〕もも・脂身つき・生（加工前）と〈畜肉類〉ぶた〔ハム類〕生ハム・長期熟成（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した。〈畜肉類〉ぶた〔中型種肉〕ロース・脂身つき・生（加工前）と〈畜肉類〉ぶた〔ハム類〕ロースハム（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては235%、遊離BCAAにおいては171%と両者とも上昇した。ロースハムの製造過程には、スモークハウス内での複数の加熱過程が存在する²⁵⁾。このスモークハウス内での加熱の一過程、または複数過程がロースハムにおけるアミノ酸の遊離に影響しているのではないかと推察する。

〈畜肉類〉ぶた〔中型種肉〕もも・脂身つき・生（加工前）と〈畜肉類〉ぶた〔ハム類〕生ハム・長期熟成（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいては9208%、遊離BCAAにおいては7487%と両者とも明らかに上昇した。このような生ハムのアミノ酸遊離に関して、松永らは①乾燥中の内在性アミノペプチターゼの活性化、②熟成期間中に発生するカビが生産する酵素の2つの要因が影響していると報告している²⁶⁾。

乳類では、〈牛乳及び乳製品〉（液状乳類）普通牛乳（加工前）と〈牛乳及び乳製品〉（チーズ類）ナチュラルチーズ・カマンベール（加工後）と〈牛乳及び乳製品〉（チーズ類）ナチュラルチーズ・チェダー（加工後）と〈牛乳及び乳製品〉（チーズ類）ナチュラルチーズ・エメンタール（加工後）の遊離アミノ酸含有量を比較した。結果、加工前の食品に対する加工後の食品の遊離アミノ酸は、遊離ロイシンにおいてはカマンベールで46440%、チェダーは107900%、エメンタールは263040%と明らかに上昇した。遊離BCAAにおいてはカマンベールで24238%、チェダーで49936%、エメンタールで145320%とロイシン同様明らかに上昇した。本研究で比較した3種のチーズの種類は、カマンベールは白カビタイプに属し、チェダー及びエメンタールはハードタイプに属している²⁷⁾。このタイプ別にみると、チーズにおけるアミノ酸の遊離はハードタイプ白カビタイプであることがわかった。また、ハードタイプの中でも、チェダーに比べエメンタールで遊離アミノ酸はより上昇していた。

比較対象とした3種のチーズには、熟成の期間、及び温度において以下のような特徴がある。カマンベールは2回の熟成期間があり、1次熟成は12~14°Cで9~12日間、2次熟成は8~10°Cで2~3週間である。チェダーは4~10°Cで6~12ヵ月間熟成される。エメンタールもカマンベール同様2回の熟成期間があり、1次熟成は19~24°Cの高温で3~10週間、2次熟成は11~14°Cで1次熟成の期間を含め最低4ヵ月である^{27,28)}。以上の点から、チーズの種類によって牛乳に対する遊離アミノ酸増加量に差異が生じるのは以下に述べる2つの要因があるのではないかと推察する。まず、カマンベールの属する白カビタイプに比べ、チェダー及びエメンタールが属するハードタイプでよりアミノ酸が遊離しているが、これはハードタイプの方が白カビタイプより熟成期間が長いために生じた差異であると考えられる。また、ハードタイプの中でも、チェダーよりエメンタールでアミノ酸がより遊離しているが、これはエメンタールの方がチェダーより熟成温度が高いためではないかと考えられる。

食品の調理・加工前後における遊離アミノ酸含有量の変化を検討した結果、アミノ酸の遊離には、「蒸煮」、「発酵」、「熟成」、「加圧」、「加熱」、「遊離アミノ酸高含有の調味液に漬ける」といった調理・加工方法が寄与していると推察

する。発酵及び熟成を除く調理・加工方法は、給食施設で実現可能である。このことから、給食施設で遊離アミノ酸高含有の献立を提供するには、上述したアミノ酸の遊離を促す調理方法を取り入れる事、且つアミノ酸の遊離を促す過程のある加工食品を献立に加える事が効果的であると考えられる。

サルコペニアの予防や改善は世界的に大きな課題であり、また早急に解決すべき課題でもある。高齢者のサルコペニアの予防や改善の研究に遊離アミノ酸の供給は有力な選択肢であると思われるが、先行研究のAlemanらの供給したりコッタチーズは、熟成期間が短く遊離ロイシン供給量が少なかったことが予想される。本研究で作成した遊離アミノ酸データベースにリコッタチーズは未記載であるが、リコッタチーズと同じ「フレッシュタイプ」のチーズとして「カテージ」が記載されている。このカテージの遊離ロイシン含有量を代用し、先行研究の遊離ロイシン供給量を算出した結果、111.55 mg/日となり、表2に示したサルコペニア改善に必要なロイシン供給量最低値である1,200 mg/日に達していなかったことが推察できる。したがって、本研究で作成した遊離アミノ酸データベースの活用により遊離ロイシン含有量の高い食品を献立に反映することができれば、サルコペニアの予防に繋がることが期待されると考える。

V. 結論

研究の結果、食品成分表記載の食品全てを補完できるものではないが、遊離アミノ酸データベースを用いる事で給食施設における遊離アミノ酸供給量をおおよそ把握可能な完成度のデータベースを作成するに至った。現在現場においてアミノ酸を付加する方法として、利用可能な遊離アミノ酸のデータベースがないために食事から遊離アミノ酸を付加する方法がなく、サプリメントに頼らざるを得ないという問題があるが、これを解決する一助に本研究で作成した遊離アミノ酸データベースはなり得ると考える。

また、高齢者施設ならびに医療機関などの給食施設での日本人高齢者へのたんぱく質、及び遊離アミノ酸供給量の実態の把握を試みた結果、全ての施設でたんぱく質は充足している一方、遊離アミノ酸供給量はサプリメントによる供給量を大きく下回っていた。このことから、サルコペニア予防の観点から見た場合、給食施設において遊離アミノ酸の目標値に達するような献立を提案する事の意義はより深まった。

最後に、遊離ロイシン、及び遊離BCAAの含有量を高める調理方法を検討した結果、アミノ酸の遊離には、「蒸煮」、「発酵」、「熟成」、「加圧」、「加熱」、「遊離アミノ酸高含有の調味液に漬ける」といった調理・加工方法が寄与していると考えられた。これらの中で、発酵及び熟成を除く調理・加工方法は給食施設で実現可能である。よって、給食施設で遊離アミノ酸高含有の献立を提供するには、上述

したアミノ酸の遊離を促す調理方法を取り入れる事、且つアミノ酸の遊離を促す過程のある加工食品を献立に加える事が効果的であると考え。

本研究ではサルコペニア予防へのアプローチとして遊離アミノ酸の供給量を充足させた食事に着目した。しかし、そのような食事はサルコペニア予防を目的とした高齢者のみならず、筋肉の増量が必要なアスリートや、成長期の子供といった様々なライフステージの人々に対しても有益な知見になる可能性があるのではないだろうか。その一助となるよう、本研究の成果として、現時点における完成形の遊離アミノ酸のデータベースを本学のホームページに公開する。

謝辞

最後に本研究を行うにあたり、貴重なご指導・ご助力を賜りました宮城学院女子大学大学院健康栄養学研究科健康栄養学専攻の先生方、並びに貴重な資料を活用させていただいた日本栄養・食糧学会の食品成分データベース検討委員会に心より感謝申し上げます。

利益相反

本研究において、利益相反に該当する事項はない。

文献

- 1) 内閣府：平成29年度高齢社会白書（全体版），
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1_2_3.html
- 2) 葛谷雅文：老年医学における Sarcopenia & Frailty の重要性，日老医誌，46，279-85 (2009)
- 3) Rosenberg IH: Summary comments, *Am J Clin Nutr*, 50, 1231-3 (1989)
- 4) Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al.: Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. Frailty in older adults: evidence for a phenotype, *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56, M146-56 (2001)
- 5) 海老沢秀道，大関知子，市川みね子，他：養護老人ホーム利用者の窒素出納維持量，必須アミノ酸研究，136，9-12 (1992)
- 6) Aleman-Mateo H, Macias L, Esparza-Romero J, et al.: Physiological effects beyond the significant gain in muscle mass in sarcopenic elderly men: evidence from a randomized clinical trial using a protein-rich food, *Clin Interv Aging*, 7, 225-34 (2012)
- 7) Dardevet D, Remond D, Peyron MA, et al.: 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, <http://dx.doi.org/10.1100/2012/269531>
- 8) Volpi E, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, et al.: Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults, *Am J Clin Nutr*, 78, 250-8 (2003)
- 9) Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, et al.: A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly, *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 291, E381-7 (2006)
- 10) Yoshimura Y, Uchida K, Jeong S, et al.: Effects of Nutritional Supplements on Muscle Mass and Activities of Daily Living in Elderly Rehabilitation Patients with Decreased Muscle Mass: A Randomized Controlled Trial, *J Nutr Health Aging*, 20(2), 185-91 (2016)
- 11) Kawada S, Okamoto Y, Ogasahara K, et al.: Resistance exercise combined with essential amino acid supplementation improved walking ability in elderly people, *Acta Physiologica Hungarica*, 100(3), 329-339 (2013)
- 12) Kim HK, Suzuki T, Saito K, et al.: Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial, *J Am Geriatr Soc*, 60, 16-23 (2012)
- 13) Flakoll P, Sharp R, Baier S, et al.: Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate, arginine, and lysine supplementation on strength, functionality, body composition, and protein metabolism in elderly women, *Nutrition*, 20, 445-51 (2004)
- 14) Hsieh LC, Chow CJ, Chang WC, et al.: Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on protein metabolism in bed-ridden elderly receiving tube feeding, *Asia Pac J Clin Nutr*, 19, 200-8 (2010)
- 15) Parlesak A, Klein B, Schecher K, et al.: Prevalence of small bowel bacterial overgrowth and its association with nutrition intake in nonhospitalized older adults, *J Am Geriatr Soc*, 51, 768-73 (2003)
- 16) Wegener M, Borsch G, Schaffstein J, et al.: Effect of ageing on the gastro-intestinal transit of a lactulose-supplemented mixed solid-liquid meal in humans, *Digestion*, 39, 40-6 (1988)
- 17) Haruma K, Kamada T, Kawaguchi H, et al.: Effect of age and Helicobacter pylori infection on gastric acid secretion, *J Gastroenterol Hepatol*, 15, 277-83 (2000)
- 18) Paddon-Jones D, Rasmussen BB, Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia,

- Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 12, 86-90 (2009)
- 19) 厚生労働省：平成28年介護サービス施設・事業所調査 概況,
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/service16/index.html>
- 20) 全国納豆協同組合連合会：納豆 PR センター,
<http://www.natto.or.jp/make/index.html>
- 21) 草野愛子：納豆製造過程における大豆蛋白質の変化 (第2報) TCA 可溶性区分における全アミノ酸, 遊離アミノ酸, ペプチド態アミノ酸について, 栄養と食糧, 24(1), 8-12 (1971)
- 22) 全日本漬物協同組合連合会：漬物ポータルサイト,
http://www.tsukemono-japan.org/about_tsukemono/manufacture/manufacture.pdf
- 23) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所：水産加工品のいろいろ,
<http://nrifs.fra.affrc.go.jp/kakou/souran/tunakan/index.html>
- 24) 公益社団法人 日本缶詰びん詰レトルト食品協会：かんづめハンドブック,
<http://www.jca-can.or.jp/handbook/04.html>
- 25) 笹岡歩：ロースハム製造工程中の燻煙工程における熱と物質移動に関する研究, 東京海洋大学大学院修士学位論文 (2009)
- 26) 松永孝光, 柴田清弘, 雑賀愛, 他：イタリア産乾塩生ハム“クラテッロ・ディ・ジッペロ”の品質特性, 日畜会報, 77(3), 417-24 (2006)
- 27) 雪印メグミルク株式会社：チーズクラブ チーズの種類,
<http://www.meg-snow.com/cheeseclub/knowledge/jiten/shurui/>
- 28) 財団法人蔵王酪農センター：ナチュラルチーズ製造技術マニュアル
<https://www.zao-cheese.or.jp/manual/index.html>