

高齢者における亜鉛の栄養状態と身体機能

菊 永 茂 司¹⁾, 小 坂 和 江²⁾

(¹⁾ノートルダム清心女子大学人間生活学部*, ²⁾美作大学生生活科学部**)

The relationship between zinc nutritional status and physical function in the elderly

Shigeshi KIKUNAGA¹⁾ and Kazue KOSAKA²⁾

¹⁾Faculty of Science of Human Life, Notre Dame Seishin University

²⁾Faculty of Human Health Science, Mimasaka University

Summary

The purpose of this study was to examine the relationship between the zinc nutritional status and the factors associated with ADL (Activities of Daily Living) in the elderly patients in nursing facilities. The Factors correlated with ADL were body mass index (BMI), level of care, grade of bedridden, and grade of cognitive. The estimations of the hematological consistent, physical index, and dietary survey were made based on an examination carried out on a total 55 disabled elderly patients aged from 63 to 100 years old. The obtained results from this study are summarized as follows:

- 1) The subjects showed low levels of serum zinc, although the intake of zinc was close to the recommended dietary allowance (RDA) level.
- 2) The four significant positive correlations were found between the serum zinc and the albumin (Alb) and BMI, between the serum Alb and the serum zinc and BMI, between the BMI and the serum zinc and Alb, and between the level of care and the grade of bedridden and grade of cognitive. And also, the two significant inverse correlations were found between the Alb and the grade of bedridden and grade of cognitive, and between the BMI and the level of care, grade of bedridden and grade of cognitive.
- 3) The BMI, level of care, grade of bedridden, and grade of cognitive of the subjects changed according to the zinc nutritional status.

These results suggested that to improve and maintain the ADL in the elderly, it is necessary to increase the levels of zinc and albumin in the serum, and BMI to the reference values of them.

Keywords: serum zinc, serum albumin, BMI, level of care, grade of bedridden, grade of cognitive

高齢者の QOL (Quality of Life) の保持には、ADL (Activities of Daily Living) の維持・向上が重要となる。高齢者の ADL は、栄養状態の指標として用いられている血清アルブミン (Alb) 値の影響を受けることが知られている^{1,2)}。

Alb 値 3.5 g/dl 未満の低栄養患者は、入院患者の 20～50%に観察され³⁻⁷⁾、ADL は低く⁸⁾、入院日数は延長し⁵⁾、死亡率は高く⁹⁾、また、要介護度が重くなるほどその割合は増加³⁾したと報告されている。

一方、高齢者の低栄養 (PEM: Protein-energy Malnutrition) の発症には、亜鉛欠乏の存在が指摘されている¹⁰⁾。高齢者の血清中亜鉛値は若年者よりも低く¹¹⁻¹³⁾、また、亜

鉛の不足状態にある高齢者が多く観察されている^{12, 14-16)}。高齢者で亜鉛が欠乏すると、食欲不振¹⁷⁾、創傷治癒遅延¹⁷⁾、精神障害^{18, 19)}、易感染症²⁰⁾、ADL 低下²¹⁾、生存率低下²¹⁾、味覚異常の発症²²⁾が指摘されている。亜鉛の栄養状態は、高齢者の ADL の維持・向上と QOL の保持に大きな影響を及ぼすことが考えられる。

また、入院または施設入所中の高齢者は、血清亜鉛値が低く^{23, 24)}、亜鉛欠乏状態にあると報告されている^{11, 12, 16, 25)}。血清亜鉛値の低下は、長期入院高齢者の易感染症と関連しており²⁰⁾、亜鉛補給による感染症の発症の減少が報告されている²⁶⁾。

これらのことから、高齢者の亜鉛の栄養状態は、生体に

*所在地：岡山市北区伊福町2-16-9 (〒700-8516)

**所在地：津山市北園町50 (〒708-8511)

おける亜鉛の酵素賦活作用や抗酸化作用、免疫作用、認知作用などの種々の生理作用¹⁸⁾を介して、その身体状況やADLに影響を与えている可能性が考えられる。

そこで、施設入所要介護高齢者を対象者にして、高齢者のADLの維持・向上にとって望ましい亜鉛の栄養状態を明らかにし、その尺度となる簡便な指標の検索を試みた。この目的の達成を目指して、1) 血清亜鉛レベルと相関する血清成分の検索²⁷⁾、2) 血清亜鉛レベルと相関を有する血中成分と体格指数、要介護度との関連性の検索²⁸⁾、3) 血清亜鉛レベルとADLに関する規定因子との関連性の検索²⁹⁾、について調べた。

調査方法

1. 対象者および調査期間

1) 血清亜鉛レベルと相関する血清成分の検索について

対象者は、老人保健施設入所中の15名(男性8名、女性7名)で、平均年齢は 81 ± 10 歳(男性80歳、女性82歳)、平均体重は 51.2 ± 8.9 kg(男性55.4kg、女性46.4kg)であった。算出した平均基礎代謝量は、 1084 ± 198 kcal/日(男性1192 kcal/日、女性960 kcal/日)であった。平均要介護度は 4 ± 1 (男性3、女性4)で、栄養補給法は、経口栄養法12名(男性6名、女性6名)、経腸栄養法3名(男性2名、女性1名)であった。調査期間は、平成16年1月15日から7月14日までの6ヵ月間であった。

2) 血清亜鉛レベルと相関を有する血中成分と体格指数、要介護度との関連性の検索について

対象者は、特別養護老人ホーム1施設に入所中の14名(男性2名、女性12名)であった。平均年齢は、 82 ± 7 歳(男性77歳、女性84歳)、平均体重は 43.7 ± 4.9 kg(男性47.6kg、女性43.1kg)、平均身長は 149.0 ± 9.3 cm(男性164.0cm、女性146.0cm)、平均BMIは 19.6 ± 2.0 (男性17.7、女性20.0)であった。算出した平均基礎代謝量は 910 ± 106 kcal/日(男性1023 kcal/日、女性892 kcal/日)であった。要介護度の平均値は 4 ± 1 (男性5、女性3)で、対象者の栄養補給法は経口栄養法が11名(男性1名、女性10名)、経腸栄養法が3名(男性1名、女性2名)であった。また、食事種別は、普通食が4名(男性1名、女性3名)、粥食が7名(女性7名)であった。調査期間は、平成17年10月1日から平成18年12月31日までの1年3ヵ月間であった。

3) 血清亜鉛レベルとADLに関する規定因子との関連性の検索について

対象者は、2施設の老人保健施設へ入所中の要介護高齢者26名(男性6名、女性20名)であった。平均年齢は 90 ± 6 歳(男性86歳、女性91歳)、平均体重は 41.3 ± 8.3 kg(男性51.1kg、女性38.4kg)、平均身長は 145.8 ± 9.2 cm(男性159.2cm、女性141.8cm)、BMI 19.4 ± 3.2 (男性20.2、女性19.2)であった。算出した平均基礎代謝量は 865 ± 185 kcal/日(男性1098 kcal/日、女性795 kcal/

日)であった。要介護度の平均値は 4 ± 1 (男性3、女性4)であった。寝たきり度はランクAが女性3名、ランクBが13名(男性5名、女性8名)、ランクCが10名(男性1名、女性9名)であった。認知度は、ランクIが2名(男性1名、女性1名)、ランクIIが10名(男性3名、女性7名)、ランクIIIが11名(男性2名、女性9名)、ランクIVが女性3名であった。対象者の栄養補給法は、経口栄養法18名(男性5名、女性13名)、経腸栄養法8名(男性1名、女性7名)であった。また、食事種別は、普通食10名(男性3名、女性7名)、粥食8名(男性2名、女性6名)であった。調査期間は、2011年11月14日から平成23年12月13日までの1ヵ月間であった。

本調査の対象者は、インフォームド・コンセントの後に、本人と家族(本人が意思の疎通が困難な場合は家族のみ)から書面で調査への参加の同意が得られた者である。なお、インフォームド・コンセントの内容は、本調査の目的、意義、調査内容とその方法、本調査によって受けるメリットとデメリット、調査への参加中における自由意志による調査からの随時離脱の保証、費用の負担は一切伴わないことについてであった。また、個人情報保護を厳守した管理、およびその統計処理後の調査資料の廃棄処理の方法と、統計処理データの公表についても説明した。

本調査は、いずれも美作大学研究倫理委員会による承認を得て実施した。

なお、本調査の対象者には、自己申告によると、味覚障害の自覚症状を訴えた者はいなかった。

2. 栄養素摂取量、および血液検査

栄養素摂取量は、各食事期間内の献立表と診療録にある摂取量により、朝、昼、夕食ごとに栄養価計算ソフト(五訂増補2005基準エクセル栄養君、株式会社、建帛社)を用いて求めた。各調査期間の栄養素摂取量は、1日あたり(平均値)に換算した。

血液検査は、各食事調査期間内の最終週の2日間に血液検査を行った。血液検査は、血液一般成分および血清中の亜鉛と総たんぱく質、アルブミン、鉄、銅である。採血は、早朝空腹時が望ましいが、施設の人的都合上、血清亜鉛値の日内変動¹²⁾を考慮して、午後14時から15時の間に、肘静脈、または手背、ないし足背の表在静脈より行った。

3. 統計処理

結果の統計処理には、SPSS12.0J for Windows(エス・ピー・エス・エス株式会社)を使用した。栄養素摂取量を除いて全ての結果は、平均値 ± 標準偏差で示した。栄養素摂取量、および血液検査における2群間比較はMann-Whitney検定、また、血清中亜鉛と血液一般成分、および生化学検査項目との関係は単相関係数および重回帰分析、要介護度とBMIとの相関関係は単相関係数をそれぞれ用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。

調査結果

1) 血清亜鉛レベルと相関する血清成分の検索について

対象者のエネルギー、たんぱく質、亜鉛の摂取量の日本人の食事摂取基準 2010 年版（食事摂取基準³⁰⁾ の 70 歳以上、身体活動レベル I における摂取基準と本調査時の国民健康・栄養調査報告（国民栄養調査³¹⁾ の 75 歳以上の調査結果のそれぞれに対する割合（%）を Table 1 に示した。1 日当たりのエネルギーの摂取量は、食事摂取基準よりも低かったが、女性では国民栄養調査のデータよりも高かった。また、たんぱく質の摂取量は、経口摂取を除き、亜鉛を含めていずれも食事摂取基準よりも低かった。しかし、女性のたんぱく質と亜鉛の摂取量は、いずれも国民栄養調査のデータよりも高かった。

血清中の亜鉛値と赤血球数（RBC）、ヘモグロビン量（Hb）、ヘマトクリット値（Ht）、総タンパク質量（TP）、Alb との相関を Table 2 に示した。血清亜鉛値と Ht、TP、Alb との間に有意な正の相関が認められた。特に、血清亜鉛値と Alb との間には高い相関が見られた。

経口および経腸栄養法において、血清亜鉛値の基準値に

Table 2 The correlation between serum zinc concentration and serum constituents

	Correlation Coefficient	Significant Difference
RBC	0.446	n.s.
Hb	0.450	n.s.
Ht	0.527	p < 0.05
TP	0.551	p < 0.05
Alb	0.710	p < 0.01

達していない対象者の割合を Table 3 に示した。血清亜鉛の基準値の下限 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ³²⁾ に達しない対象者の割合が、経口摂取の男性で平均 60%，女性で約 72%であった。また、経腸栄養の対象者はほぼ全員が血清亜鉛の基準値の下限に達していなかった。

対象者の血清亜鉛値が基準値に達しなかった低値群と、その基準値を上回った基準値群の血中成分（RBC、Hb、Ht、TP、Alb）値を国民栄養調査の同年齢層の値と比較した結果を Table 4 に示した。Table 4 に示した血中成分のデータは、調査期間 6 か月間のひと月ごとに 1 回、計 6 回測定した結果を延べ人数として処理したものである。つまり、対象者は、男性 8 名の 6 回測定で延べ人数 48 名で

Table 1 The results of dietary assessment of the subjects; the ratios of nutritional intakes against the values shown in the Dietary Reference Intakes 2010's and the National Health and Nutrition Survey Japan 2004

	Dietary Reference Intakes 2010's		Type of Feeding	National Health and Nutrition Survey Japan 2004		Ratio of Nutritional Intakes
				Male	Female	
Energy (kcal/day)	M : 1850 F : 1450	EER	Oral	83 (1857 \pm 506)	100 (1554 \pm 418)	94 (1549 \pm 15)
			Enteral			61 (1000 \pm 0)
protein (g/day)	M : 60 F : 50	RDA	Oral	56 (69.6 \pm 23.4)	108 (59.8 \pm 19.9)	118 (64.7 \pm 1.0)
			Enteral			73 (40.0 \pm 0)
Zinc (mg/day)	M : 11 F : 9	RDA	Oral	100 (7.8 \pm 2.5)	115 (6.8 \pm 2.3)	78 (7.8 \pm 0.2)
			Enteral			80 (8.0 \pm 0.1)

・ The ratio of nutritional intakes against the Dietary Reference Intakes 2010's.

・ () represent mean \pm SD of the values of each nutrient intakes.

・ M means male and F means female.

Table 3 The ratios of the subjects with serum zinc under reference values against the whole subjects by oral and enteral nourishment supplies

	Oral (n = 12)							Enteral (n = 3)							
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	M \pm SD (%)	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	M \pm SD (%)	
Male (n = 8)	Low Serum Zinc Level (Zinc \leq 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$)	50.0	16.7	83.3	66.7	66.7	83.3	60.0 (%)	100	100	100	100	100	100	100 (%)
	Normal Serum Zinc Level (Zinc > 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$)	50.0	83.3	16.7	33.3	33.3	16.7	40.0* (%)	0	0	0	0	0	0	0 (%)
Female (n = 7)	Low Serum Zinc Level (Zinc \leq 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$)	100	50.0	83.3	66.7	66.7	66.7	72.2 (%)	100	100	100	0	100	100	83.3 (%)
	Normal Serum Zinc Level (Zinc > 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$)	0	50.0	16.7	33.3	33.3	33.3	27.8* (%)	0	0	0	100	0	0	16.7 (%)

・ The blood sample of the subjects was collected at the end of the month.

・ The low serum zinc level is made up of 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$ or less, and the normal serum zinc level is made up of more than 66 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

・ The number in shows the proportion of the subjects.

・ Significant difference: *, p < 0.01 (Mann-Whitney test)

あるが、1名の体調不良による不測定者を除いて47名である。また、女性は7名の6回測定で延べ人数42名である。そして、延べ人数を亜鉛の低値群と基準値群に分けて処理した。平均値の比較において、低亜鉛値群では男女の対象者ともにいずれの血中成分値も国民栄養調査の値に達していなかった。しかし、基準値群では男女の対象者ともに男性のHtと女性のAlbを除いて国民栄養調査の値を上回っていた。また、基準値群の血中成分値は、男女の対象者ともにTPを除いて、低値群よりも有意に高かった。

これらのことから、対象者の亜鉛の摂取量は食事摂取基準値達しておらず、対象者の多くが低亜鉛血症であることが明らかとなった。また、対象者の血清亜鉛値は、Albと高い有意な相関を示し、その基準値を上回る対象者の血中成分(RBC, Hb, Ht, TP)の平均値は国民栄養調査の同年齢層の値よりも高く、高齢者の血清亜鉛値を66 µg/dl

以上に保つ必要性が示唆された²⁷⁾。

2) 血清亜鉛レベルと相関を有する血中成分と体格指数、要介護度との関連性の検索について

BMIや要介護度と身体状況との関連性、そして、エネルギーとたんぱく質、亜鉛の食事摂取基準に対する摂取割合をTable 5に示した。BMIが18.5以上の対象者は、18.5未満に比較して、平均年齢が有意に高いにもかかわらず、身長が有意に低く要介護度は有意に軽い、また、エネルギーとたんぱく質の摂取量には差を認めないが、亜鉛の摂取量が有意に低かった。要介護度が軽い対象者は、要介護度の重い対象者に比較して、BMIが有意に高く、また、エネルギーと亜鉛の摂取量には差を認めないが、たんぱく質の摂取量は有意に高く、そして食事摂取基準に達していた。食事摂取基準に対する摂取割合は、要介護度の軽い対象者のたんぱく質摂取量を除いて、いずれの対象者のエネ

Table 4 The comparison of the serum constituents on low and normal degrees of serum zinc the National Health and Nutrition Survey Japan, 2004

		National Health and Nutrition Survey Japan 2004 (80-84 years old)					
		RBC	Hb	Ht	TP	Alb	
n		(× ten thousand/µl)	(g/dl)	(%)	(g/dl)	(g/dl)	
		M : 426.3 ± 43.9 F : 393.4 ± 38.5	M : 13.7 ± 1.3 F : 12.2 ± 1.3	M : 43.0 ± 3.8 F : 39.1 ± 3.9	M : 7.3 ± 0.5 F : 7.2 ± 0.5	M : 4.2 ± 0.3 F : 4.3 ± 0.3	
Male	Low Serum Zinc Level (Zinc ≤ 66 µg/dl)	33	363 ± 67	11.7 ± 1.6	34.8 ± 4.6	7.1 ± 0.7	3.9 ± 0.3
	Low Serum Zinc Level (Zinc > 66 µg/dl)	14	440 ± 75 *	13.9 ± 1.5 *	41.1 ± 4.4 *	7.3 ± 0.6	4.2 ± 0.3 #
Female	Normal Serum Zinc Level (Zinc ≤ 66 µg/dl)	31	374 ± 47	11.5 ± 1.4	35.4 ± 3.9	7.0 ± 0.5	3.8 ± 0.2
	Normal Serum Zinc Level (Zinc > 66 µg/dl)	11	425 ± 64 #	12.8 ± 1.9 #	39.2 ± 5.5 #	7.3 ± 0.4	4.0 ± 0.2 *

- The low serum zinc level is made up of 66 µg/dl or less, and the normal serum zinc level is made up of more than 66 µg/dl.
- Each value is mean ± SD.
- The values of hematological consistent of the 80-84 years old shown in the data of National Health and Nutrition Survey Japan 2004 are used in this table .
- Significant difference: #, p < 0.05; *, p < 0.01 (Mann-Whitney test)

Table 5 The physical characteristics of the subjects and the ratio of nutritional intakes against the Dietary Reference Intakes 2010's by BMI, and the level of care

		Dietary Reference Intakes 2010's		BMI		Level of Care	
				≥ 18.5	< 18.5	Light	Heavy
Subject (number), Sex				9 (F : 9)	5 (M : 2 F : 3)	5 (F : 5)	9 (M : 2 F : 7)
Age (y)				85.4 ± 5.1 #	76.6 ± 5.3	86.2 ± 4.0	80.1 ± 7.0
Body Weight (kg)				44.2 ± 5.1	42.9 ± 4.8	44.5 ± 7.1	43.3 ± 3.6
Height (cm)				145.0 ± 8.0 #	156.0 ± 7.4	143.9 ± 10.2	151.8 ± 7.9
Basal Metabolic Rate (kcal/day)				914 ± 106	903 ± 118	921 ± 147	905 ± 86
BMI						21.4 ± 1.6 #	18.5 ± 1.4
Level of Care				3.0 ± 1.4 #	4.6 ± 0.5		
Energy (kcal/day)	M : 1850 F : 1450	EER		73 (1208 ± 194)	60 (996 ± 336)	80 (1312 ± 95)	63 (1032 ± 276)
Protein (g/day)	M : 60 F : 50	RDA		93 (51.0 ± 7.2)	83 (45.4 ± 11.1)	100 # (55.2 ± 2.0)	83 (45.5 ± 9.3)
Zinc (mg/day)	M : 11 F : 9	RDA		58 # (5.8 ± 0.9)	76 (7.6 ± 1.6)	63 (6.3 ± 0.4)	65 (6.5 ± 1.9)

- The ratio of nutritional intakes against the Dietary Reference Intakes 2010's are indicated as BMI (≥ 18.5 or < 18.5), and the level care (light or heavy).
- () represent mean ± SD of the values of each nutrient intakes.
- The light level of care is made up of 1 to 3 degrees, and the heavy level of care is made up of 4 and 5 degrees.
- Significant difference: # : p < 0.05 (Mann-Whitney test)

ルギー、たんぱく質、亜鉛の摂取量においても食事摂取基準に達していなかった。

BMI や要介護度と血中成分値との関連性を Table 6 に示した。BMI が 18.5 以上の対象者は、18.5 未満に比較して、TP と Alb が有意に高く、また、要介護度が軽い対象者は、要介護度の重い対象者に比較して、Alb が有意に高かった。

血清亜鉛値や Alb と身体状況（体重や BMI、要介護度）との相関を Table 7 に示した。BMI と要介護度との間に有意な高い負の相関が認められ、対象者の BMI が高いほど要介護度が軽くなる結果であった。

これらのことから、要介護度の軽い対象者は、BMI と、Alb の高いことが明らかとなった。また、BMI が高くなるほど要介護度が軽くなった。

3) 血清亜鉛レベルと ADL に関する規定因子との関連性の検索について

BMI や要介護度、寝たきり度、認知度と身体状況との

Table 7 The correlation among serum zinc concentration, serum albumin concentration, and the physical status

	Body Weight	BMI	Level of Care
Zinc	0.453	0.332	-0.359
Alb	0.323	0.478	-0.466
BMI	0.047		-0.633 #

・ Significant difference: # : p < 0.05

関連性、そして、エネルギーとたんぱく質、亜鉛の食事摂取基準に対する摂取割合を Table 8 に示した。BMI が 18.5 以上の対象者は、18.5 未満に比較して、基礎代謝量が有意に高く、寝たきり度が低かった。要介護度の軽い対象者は、重い対象者に比べて、体重や基礎代謝量、BMI が有意に高く、寝たきり度と認知度が良好であった。寝たきり度の A、B（低い）対象者は、C（高い）対象者に比較して、体重と基礎代謝量、BMI が有意に高く、要介護度と認知度が良好であった。認知度の I・II（良い）対象者は、III・IV（劣る）対象者に比べて、体重と基礎代謝量、

Table 6 The classification of constituents in serum by BMI, and the level of care

Index	Reference Value	BMI		Level of Care	
		≥ 18.5	< 18.5	Light	Heavy
WBC (×1000/μl)	3.5-8.5	6.6 ± 1.4	5.7 ± 1.6	6.9 ± 1.4	5.9 ± 1.5
RBC (× a million/μl)	M : 4.30-5.70 F : 3.70-4.90	4.05 ± 0.72	4.14 ± 0.50	3.99 ± 0.98	4.12 ± 0.39
Hb (g/dl)	M : 13.5-17.0 F : 11.5-15.0	11.7 ± 2.3	12.4 ± 1.5	11.4 ± 3.0	12.2 ± 1.4
Ht (%)	M : 40.0-50.0 F : 35.0-45.0	35.7 ± 6.5	37.5 ± 4.6	34.8 ± 8.3	37.2 ± 4.2
TP (g/dl)	6.5-8.0	7.2 ± 0.4 #	6.6 ± 0.3	7.3 ± 0.3	6.8 ± 0.5
Alb (g/dl)	3.7-5.2	3.9 ± 0.4 #	3.5 ± 0.3	4.1 ± 0.2 #	3.6 ± 0.3
Fe (μg/dl)	M : 70-180 F : 60-170	47 ± 17	32 ± 10	46 ± 22	39 ± 13
Cu (μg/dl)	70-130	110 ± 16	99 ± 38	109 ± 21	104 ± 29
Zinc (μg/dl)	66-118	90 ± 9	81 ± 16	94 ± 9	83 ± 13

・ The average values of ingredients in blood in subjects were indicated by BMI (≥ 18.5 or < 18.5), and level care (light or heavy).

・ Each value is mean ± SD.

・ The light level of care is made up of 1 to 3 degrees, and the heavy level of care is made up of 4 and 5 degrees.

・ M means male and F means female.

・ Significant difference: # : p < 0.05 (Mann-Whitney test)

Table 8 The physical characteristics of the subjects and the ratios of nutritional intakes against the Dietary Reference Intakes 2010's by BMI, the level of care, the grade of bedridden, and the grade of cognitive

	Dietary Reference Intakes 2010's	BMI		Level of Care		Grade of Bedridden		Grade of Cognitive	
		≥ 18.5	< 18.5	Light	Heavy	A・B	C	I・II	III・IV
Subject, sex (number)		15 (M : 4 F : 11)	11 (M : 2 F : 9)	12 (M : 5 F : 7)	14 (M : 1 F : 13)	16 (M : 5 F : 11)	10 (M : 1 F : 9)	12 (M : 4 F : 8)	14 (M : 2 F : 12)
Age (y)		89 ± 7	91 ± 5	88 ± 6	91 ± 6	89 ± 6	91 ± 7	87 ± 6	91 ± 6
Body Weight (kg)		45.3 ± 8.1 *	35.8 ± 4.8	48.0 ± 7.2 *	35.6 ± 3.4	45.0 ± 8.1 *	35.3 ± 4.1	46.0 ± 8.6 #	37.3 ± 5.6
Height (cm)		145.0 ± 10.5	147.0 ± 7.5	149.4 ± 10.5	142.8 ± 7.0	146.7 ± 10.9	144.4 ± 5.8	146.9 ± 11.9	144.9 ± 6.5
Basal Metabolic Rate (kcal/day)		951 ± 184 *	747 ± 109	1012 ± 166 *	738 ± 73	946 ± 185 *	735 ± 87	967 ± 195 *	777 ± 124
BMI				21.6 ± 2.9 *	17.5 ± 2.1	20.9 ± 2.9 *	17.0 ± 1.9	21.3 ± 3.1 *	17.7 ± 2.3
Level of Care		3.2 ± 1.3	4.1 ± 0.7			2.9 ± 0.9 *	4.6 ± 0.5	2.8 ± 0.7 *	4.2 ± 1.1
Grade of Bedridden		2.0 ± 0.7 #	2.4 ± 0.9	1.8 ± 0.5 *	2.7 ± 0.5			1.8 ± 0.4 *	2.6 ± 0.6
Grade of Cognitive		2.6 ± 0.5	2.8 ± 0.6	2.0 ± 0.6 *	3.1 ± 0.6	2.1 ± 0.6 *	3.3 ± 0.5		
Energy (kcal/day)	M : 1850 F : 1450 EER	81 (1333 ± 226)	69 (1144 ± 305)	87 * (1429 ± 103)	67 (1101 ± 286)	86 * (1416 ± 104)	60 (992 ± 260)	87 * (1430 ± 89)	67 (1101 ± 290)
Protein (g/day)	M : 60 F : 50 RDA	102 (55.9 ± 11.9)	84 (46.0 ± 14.9)	108 # (59.6 ± 5.2)	82 (45.0 ± 15.5)	111 * (60.8 ± 5.2)	68 (37.3 ± 10.7)	111 * (61.0 ± 4.5)	80 (43.8 ± 14.3)
Zinc (mg/day)	M : 11 F : 9 RDA	78 (7.8 ± 1.0)	92 (9.2 ± 2.0)	74 * (7.4 ± 0.8)	92 (9.2 ± 1.8)	76 * (5.4 ± 0.6)	97 (8.5 ± 3.8)	76 # (7.6 ± 0.6)	91 (9.1 ± 2.0)

・ The ratios of nutritional intakes against the Dietary Reference Intakes 2010's were indicated as BMI (≥ 18.5 or < 18.5), the level of care (light or heavy), the grade of bedridden (A・B or C), and the grade of cognitive (I・II or III・IV).

・ () represent mean ± SD of the values of each nutrient intakes.

・ The light level of care is made up from 2 to 3 degrees, and the heavy level of care is made up from 4 to 5 degrees.

・ Significant differences: #, p < 0.05; *, p < 0.01 (Mann-Whitney Test)

BMI が有意に高く、要介護度と寝たきり度が良好であった。また、エネルギーやたんぱく質の食事摂取基準に対する摂取割合は、要介護度が軽く寝たきり度の低い、また認知度の良い対象者でエネルギーとたんぱく質の摂取率は高いが、亜鉛の摂取率は低く、たんぱく質の摂取量は食事摂取基準を上回っていた。

BMI や要介護度、寝たきり度、認知度と血中成分値との関連性を Table 9 に示した。BMI が 18.5 以上の対象者は、18.5 未満に比較して、Hb、TP と Alb、亜鉛値が有意に高かった。要介護度の軽い対象者で、重い対象者に比較して、亜鉛値、寝たきり度の低い対象者で、高い対象者に比べて、Alb と亜鉛値、認知度の良い対象者で、劣る対象者に比較して、RBC と Hb、Ht、Alb、亜鉛値が有意に高かった。

亜鉛と Alb 値、BMI を従属変数にして、関連性の認められた身体状況や血清成分に関する因子の値を独立変数にして重回帰分析を行い、有意な関連性の認められた因子を Table 10 に示した。従属変数の亜鉛については身長や BMI、要介護度、Alb、血清鉄、また、Alb については身長や BMI、基礎代謝量、要介護度、寝たきり度、Ht、血清鉄、亜鉛、そして、BMI については体重や身長、Alb であった。

亜鉛や Alb、BMI、要介護度と血中成分、身体状況、栄養素摂取量との関連性を Table 11 に示した。亜鉛については、Alb との間には特に高い有意な正の相関が認められ、ほかにも BMI や体重、RBC、Ht、TP、エネルギーとたんぱく質の摂取量との間に有意な相関が見られた。Alb については、亜鉛や BMI、TP、たんぱく質摂取量との間に

Table 10 Multiple Regression Analysis (step-down procedure method)

	Zinc	Albumin	BMI
Body Weight			1.326 *
Height	1.580 #	-1.204 *	-0.865 *
BMI	1.723 #	-1.260 *	
Basal Metabolic Rate		1.813 *	
Level of Care	-0.603 #	0.452 *	
Grade of Bedridden		-0.315 *	
Alb	1.215 *		-0.229 #
Ht		-0.472 *	
Iron	-0.446 #	0.426 *	
Zinc		0.660 *	

・ Significant differences: #, p < 0.05; *, p < 0.01

有意な相関があった。また、寝たきり度や認知度との間には有意な負の相関が見られた。そして、BMI については、体重、RBC、Hb、Ht、TP、Alb、亜鉛、エネルギーとたんぱく質摂取量との間に正の相関、寝たきり度や認知度、要介護度との間に有意な負の相関が認められた。要介護度については、寝たきり度や認知度との間に正の有意な相関、亜鉛や Alb、BMI、体重、エネルギーとたんぱく質の摂取量との間に有意な負の相関が見られた。

これらのことから、要介護度や寝たきり度、認知度の良好な対象者は、対比の対象者に比較して、体重や基礎代謝量、BMI、血清亜鉛と Alb 値、エネルギーやたんぱく質の摂取量が有意に高く、また、要介護度や寝たきり度、認知度の悪化は BMI や Alb 値と有意な負の相関を示すことが明らかとなった。

Table 9 The classification of constituents in serum by BMI, the level of care, the grade of bedridden, and the grade of cognitive

Index	Reference Value	BMI		Level of Care		Grade of Bedridden		Grade of Cognitive	
		≥ 18.5	< 18.5	Light	Heavy	A · B	C	I · II	III · IV
WBC (/μl)	4000-8500	6713 ± 1159	5845 ± 1802	6108 ± 1459	6550 ± 1554	6319 ± 1419	6390 ± 1693	6150 ± 1576	6514 ± 1464
RBC (ten thousand/μl)	M : 420-550 F : 380-480	417 ± 54	383 ± 38	420 ± 52	387 ± 44	413 ± 54	386 ± 40	430 ± 46 #	379 ± 41
Hb (g/dl)	M : 13.5-17.0 F : 11.5-14.5	12.7 ± 1.4 #	11.5 ± 1.3	12.7 ± 1.5	11.8 ± 1.3	12.5 ± 1.5	11.7 ± 1.3	12.9 ± 1.4 #	11.6 ± 1.3
Ht (%)	M : 40.0-52.0 F : 34.0-45.0	38.5 ± 4.4	34.8 ± 4.0	38.4 ± 4.8	35.7 ± 4.1	37.9 ± 4.8	35.3 ± 3.9	39.2 ± 4.4 #	34.9 ± 3.8
TP (g/dl)	6.5-8.0	6.8 ± 0.4 #	6.4 ± 0.6	6.8 ± 0.4	6.5 ± 0.5	6.8 ± 0.5	6.4 ± 0.4	6.7 ± 0.5	6.6 ± 0.5
Alb (g/dl)	M : 3.7-5.2 F : 3.5-4.8	3.7 ± 0.4 #	3.4 ± 0.4	3.8 ± 0.4	3.5 ± 0.3	3.8 ± 0.4 *	3.3 ± 0.3	3.8 ± 0.4 *	3.4 ± 0.3
Iron (μg/dl)	M : 54-181 F : 43-172	58 ± 23	54 ± 21	59 ± 25	55 ± 19	60 ± 24	51 ± 17	62 ± 24	52 ± 20
Copper (μg/dl)	70-130	125 ± 21	124 ± 18	127 ± 17	122 ± 21	128 ± 18	118 ± 21	126 ± 18	123 ± 20
Zinc (μg/dl)	66-118	59 ± 8 #	52 ± 6	61 ± 8 #	53 ± 5	59 ± 8 #	52 ± 6	61 ± 8 #	53 ± 6

・ The average values of ingredients in blood in the subjects were indicated by BMI (≥ 18.5 or < 18.5), level of care (light or heavy), the grade of bedridden (A · B or C), and the grade of cognitive (I · II or III · IV).

・ Each values is mean ± SD.

・ The light level of care is made up from 2 to 3 degrees, and the heavy level of care is made up from 4 to 5 degrees.

・ M means male and F means female.

・ Significant differences: #, p < 0.05; *, p < 0.01 (Mann-Whitney Test)

考 察

本調査では、施設入所要介護高齢者を対象者にして、高齢者のADLの維持・向上にとって望ましい亜鉛の栄養状態を明らかにし、そして、その尺度となる簡便な指標の探索を目指して、1) 血清亜鉛レベルと相関する血清成分の探索、2) 血清亜鉛レベルと相関を有する血中成分と体格指数、要介護度との関連性の探索、3) 血清亜鉛レベルとADLに関する規定因子との関連性の探索、について調べた。

対象者の亜鉛の摂取量は食事摂取基準の値に近似(78~80%)していた(Table 1)が、血清亜鉛値の低い対象者の割合が経口摂取者で60~72%、経腸栄養者でほぼ100%であり(Table 2)、対象者の多くが亜鉛不足状態であった。先行研究によると、血清亜鉛値は、加齢によって低下し、高齢者で若年者よりも低値であることが知られている¹¹⁻¹³⁾。このことは、高齢者では、亜鉛摂取量が、食事摂取基準³⁰⁾に達しておらず、また、消化吸収率が若年者よりも低いことに^{11, 33)}、起因する可能性がある。さらに、血清亜鉛値は、寝たきり度やADLを反映して変動すると報告されている^{34, 35)}。本対象者の亜鉛不足状態は、ADLの低下を惹起している可能性が示唆される。

血清亜鉛値と相関の認められた血中成分はRBC, Hb, Ht, TP, Albであり、このうちのHt, TP, Albに有意な正の相関が認められ、特にAlbとの相関係数は高かった(Table 2)。これらの成分の国民栄養調査の同年齢層の値と血清亜鉛値との関係を見ると、血清亜鉛値が66 µg/dlの基準値を満たす対象者では、男性のHt, 女性のAlbを除いて、国民栄養調査の値を上回っていた。しかし、血清亜鉛値が基準値以下の対象者では、男女ともに、いずれの成分についても国民栄養調査の同年齢層の値に達していなかった(Table 4)。このことは、高齢者のADLの維持・向上とAlb (PEM)の改善には血清亜鉛値を66 µg/dlを超える値に維持することの重要性を示唆している。

BMIや要介護度と身体状況や血中成分値との関連性、そして、エネルギーとたんぱく質、亜鉛の食事摂取基準に対する摂取割合に関する結果から、BMIの18.5以上の対象者では、18.5未満の対象者よりも、要介護度が有意に軽く、TPとAlbが有意に高かった。また、要介護度の軽い対象者では、その重い対象者よりも、BMIやたんぱく質の摂取量、Albが有意に高く、たんぱく質の摂取量は食事摂取基準に達していた(Table 5, 6)。そして、血清亜鉛やAlb, BMIとの間に相関の認められた因子は、体重、BMI、要介護度で、このうちでBMIと要介護度との間に有意な負の相関が見られた(Table 7)。先行研究によると、Albの低下は、ADLの低下と関連し^{1, 2)}、ADLはBMIや上腕周囲径、下腿周囲径、上腕三頭筋皮脂厚などの身体計測値と有意な相関を示すことが報告されている^{6, 35, 36)}。これらの知見は、本調査で得られた結果を裏付けるものであり、高齢者のADLの維持・向上には、Albを3.5 g/dlを

超える値に維持し、BMI等の身体計測値を基準値(JARD2001)³⁷⁾以上に保持することの必要性を示唆している。

要介護度が軽く、寝たきり度の低い、認知度の良好な対象者では、対比する対象者に比較して、体重や基礎代謝量、BMI、血清亜鉛、Albは要介護度を除いて、そしてエネルギーやたんぱく質の摂取量が有意に高かった(Table 8, 9)。また、亜鉛とAlb値、BMIを従属変数にして、関連性の認められた身体状況や血清成分に関する因子の値を独立変数にした重回帰分析によると、血清亜鉛値はBMIや要介護度、血清鉄、Alb、また、AlbはBMIや基礎代謝量、要介護度、寝たきり度、Ht、血清鉄、亜鉛そして、BMIはAlbと有意な関連を示した(Table 10)。血清の亜鉛やAlb, BMI、要介護度と血清の亜鉛やAlb、身体状況を示す因子、血中成分との相関をADLに関連する因子について見てみると、要介護度や寝たきり度、認知度の悪化はBMIやAlbと有意な負の相関を示すことが明らかとなった(Table 11)。これらの結果は、血清亜鉛、Alb、BMI、基礎代謝量、要介護度、寝たきり度、認知度は相互に複雑に関連し合っていることを示している。先行研究によると、亜鉛は神経伝達物質を介して認知作用に関与しており^{18, 19)}、また、寝たきりによって亜鉛の出納は負に傾き³⁸⁾、高齢者では亜鉛の吸収は低下し^{11, 33, 39)}、また、負の窒素出納を示すも者の少なくない⁴⁰⁾ことが報告されている。そして、亜鉛はタンパク質の合成や酵素の賦活作用、免疫作用、抗酸化作用¹⁸⁾に関与している。また、血清亜鉛とAlbとの間には正の相関を示すことはよく知られている^{11, 21, 23, 41)}。これらの知見に準ずると、高齢者の血清亜鉛値は基準値(66 µg/dl)を超える値に維持することで、複雑に関連し合う血清亜鉛、Alb、BMI、基礎代謝量、要介護度、寝たきり度、認知度を改善できることが示唆される。

本調査で得られた結果から、高齢者のADLの維持・向上にとって望ましい亜鉛の栄養状態とこの尺度となる簡便な指標は、血清亜鉛値は基準値(66 µg/dl)を超える値に

Table 11 The correlation among serum zinc concentration, serum albumin concentration, BMI, the level of care

	Zinc	Alb	BMI	Level of Care
Zinc		0.811 *	0.470 #	-0.382
Alb	0.811 *		0.493 #	-0.289
BMI	0.470 #	0.493 #		-0.514 *
Level of Care	-0.382	-0.289	-0.514 *	
Body Weight	0.466 #	0.387	0.734 *	-0.711 *
Grade of Bedridden	-0.336	-0.415 #	-0.508 *	0.789 *
Grade of Cognitive	-0.348	-0.479 #	-0.629 *	0.624 *
RBC	0.434 #	0.160	0.397 #	-0.265
Hb	0.380	0.195	0.434 #	-0.273
Ht	0.430 #	0.204	0.402 #	-0.246
TP	0.447 #	0.632 *	0.454 #	-0.177
Energy	0.444 #	0.380	0.536 *	-0.607 *
Protein	0.425 #	0.404 #	0.504 *	-0.611 *

* Significant differences: #, $p < 0.05$; *, $p < 0.01$

維持し、Albは3.5 g/dl以上、BMIは18.5以上に保持し、基礎代謝量を高く保つことであると考えられる。

本調査で得られた結果を参考にして、施設入所、あるいは在宅高齢者の亜鉛の栄養状態の簡便な評価方法と適切な亜鉛摂取量を推定するための指標の検索を試みたいと考えている。

参考文献

- 1) Corit MC, Guralnik JM, Salive ME, Sorkin JD (1994) Serum albumin level and physical as predictors of mortality in older persons. *JAMA* 272: 1036-1042.
- 2) 広瀬信義, 新井康通, 川村昌嗣 他 (1977) Tokyo centenarian study 5 百寿者における栄養指標と栄養状態の検討, *日老医誌* 34: 324-330.
- 3) 五味郁子, 杉山みち子, 梶井文子, 大越ひろ, 安藤高朗, 小山秀夫 (2005) 複合型高齢者ケア施設におけるタンパク質・エネルギー低栄養状態, *日本健康・栄養システム学会誌* 4: 147-155.
- 4) Bistran BR, Blackburn GL, Vitale J, Cochran D, Naylor J (1976) Prevalence of malnutrition in general medical patients. *JAMA* 235: 1567-1570.
- 5) 鞍田三貴, 今西健二, 辻仲利政 (2002) 入院患者に占める低栄養患者の割合, *静脈経腸栄養* 17: 77-82.
- 6) 田近正洋, 加藤昌彦, 牧野英子, 牧野絵里, 高野良子, 平岡潤子, 五十嵐美樹, 武藤泰敏, 斉藤雅也, 岩島琴美 (2002) 施設入所中の高齢者における栄養状態とADLとの関連について, *栄養-評価と治療* 19: 455-461.
- 7) 五味郁子, 杉山みち子, 梶井文子, 大越ひろ, 安藤高朗, 小山秀夫 (2002) 複合型高齢者ケア施設における高齢者のJARD2001を用いた要介護度別身体計測値の評価, *栄養-評価と治療* 19: 493-498.
- 8) 松田朗 (1996) -在宅老人患者の栄養管理に関する報告書-報告書, 国立医療・病院管理研究所, 国立健康・栄養研究所.
- 9) 松田朗 (1998) -高齢者の栄養管理サービスに関する研究-報告書, 国立医療・病院管理研究所, 国立健康・栄養研究所.
- 10) Lesourd BM (1997) Nutrition and immunity in the elderly: modification of immune responses with nutritional treatments. *Am J Clin Nutr* 66: 478S-484S.
- 11) 糸川嘉則 (2003) 高齢者の微量元素欠乏症とその臨床の実際, *日医師会誌*, 129, 635-638.
- 12) 倉澤隆平, 久堀周治郎, 上岡洋晴, 岡田真平, 松村興広 (2005) 長野県北御牧村村民の血清亜鉛濃度の実態, *Biomed Res Trace Elem*, 16, 61-65.
- 13) American Institute of Nutrition (1985) Assessment of zinc nutritional status of the U.S. population based on data collected in the second national health and nutrition examination survey, 1976-1980.
- 14) Mertz W (1990) The role of trace elements in the aging process. *Prog Clin Biol Res*, 326, 229-240.
- 15) Pennington JA, Young BE (1991) Total diet study nutritional elements, *J Am Diet Assoc*, 91, 179-183.
- 16) Murphy P, Wadiwala I, Sharland DE, Rai GS (1985) Copper and zinc levels in healthy and sick elderly, *J Am Geriatr Soc*, 33, 847-849.
- 17) 岡田正, 高木洋治, 根津理一郎 (1986) 亜鉛と臨床, *Pharma Medica* 4: 45-51.
- 18) Chasapis AC, Loutsidou CA, Spiliopoulou AC, Stetanido ME (2012) Zinc and human health: an update. *Arch Toxicol*, 86: 521-534.
- 19) Shinjini B, Sunita T (2001) Zinc and cognitive development. *Br. J. Nutr*, 85 (Sup.2): S139-S145.
- 20) Ukita T, Oidov B, Kawada E, Ohyama Y, Morita T, Tamura J (2008) Serum zinc deficiency increases susceptibility to infection in older patients who have long-term hospitalizations, *Biomed Res Trace Elem*, 19, 260-264.
- 21) 上瀬英彦 (1999) 在宅高齢患者における血清亜鉛の検討, *日臨内科医会誌*, 14: 21-25.
- 22) 岩崎正則, 葭原明弘, 松村芳多子, 渡邊令子, 宮崎秀夫 (2010) 高齢者における咀嚼回数と食品群別摂取量および栄養素等摂取量との関連, *口腔衛生会誌*, 60: 128-138.
- 23) 齋藤昇 (2005) 高齢入院患者の血清銅/亜鉛比の検討. *Biomed Res Trace Elem* 16: 258-260.
- 24) 岡田 淳 (1975) 褥瘡患者における血清亜鉛の動態. *微量元素代謝* 1: 43-47.
- 25) Yanagisawa H, Nodera M (2007) Zinc physiology and clinical practice. *Biomed Res Trace Elem* 18: 3-9.
- 26) Prasad AS, Beck FW, Bao B, Fitzgerald JT, Snell DC, Steinberg JD, Cardozo LJ (2007) Zinc supplementation decreases incidence of infections in the elderly: effect of zinc on generation of cytokines and oxidative stress. *Am J Clin Nutr* 85: 837-844.
- 27) 小坂和江, 小西吉裕, 山下佐知子, 菊永茂司 (2013) 施設入所要介護高齢者における亜鉛摂取量と血清中亜鉛値および関連成分値に関する検討, *日本食生活学会誌* 23: 207-216.
- 28) 小坂和江, 小西吉裕, 菊永茂司 (2012) 施設入所要介護高齢者におけるBody Mass Index, 日常生活動作, 要介護度の違いによる亜鉛栄養状態の変動, *Biomed Res Trace Elem* 23: 208-216.
- 29) Kosaka K, Yamashita S, Ando C, Endo Y, Taniguchi K, Kikunaga S (2013) Relationships among body

- mass index, activities of daily living and zinc nutritional status in disabled elderly patients in nursing facilities. *J Nutr Sci Vitaminol* (in press).
- 30) 厚生労働省 (2009) 日本人の食事摂取基準 2010 年版, 第一出版, 東京, p. 43-76, p.227-233.
- 31) 厚生労働省 (2006) 平成 16 年国民健康・栄養調査報告, 第一出版, 東京, p. 60-63, p.158-159, p.163.
- 32) 金井泉 (1998) 臨床検査法提要, 改訂第 31 版, 金原出版, 東京, p.603-606.
- 33) 宮田学, 奥野資夫, 島村佳成, 三宅健夫 (1987) 老年者における亜鉛の吸収と排泄, *日老医誌* 24 : 272-277.
- 34) 大浦ゆう子, 湯沢八江 (2007) 要介護高齢者の皮膚状態と血清アルブミン値との関連 - 観察による低栄養状態の早期発見 -, *老年看護学* 11 : 84-92.
- 35) Kuzuya M, Izawa S, Enoki H, Okada K, Iguchi A (2007) Is serum albumin a good marker for malnutrition in the physically impaired elderly. *Clinical Nutrition* 26: 84-90.
- 36) 杉山みち子, 齋藤正身, 加藤隆正 (1996) 高齢者のエネルギー代謝ならびに低栄養状態の評価, *栄養 - 評価と治療* 13 : 389-395.
- 37) 日本人の新身体計測基準値 JARD2001 (2002) *栄養 - 評価と治療* 19 (増) : 45-81.
- 38) Nakashima AS, Dyck RH (2009) Zinc and cortical plasticity. *Brain Res Rev* 59: 347-373.
- 39) 合田文則, 犬飼道雄, 奥山浩之, 樋本尚志, 舩形尚, 千田彰一 (2010) 健常高齢者における微量元素補充療法の必要性に関する予備的検討, *静脈経腸栄養*, 25, 823-828.
- 40) 海老沢秀道, 大関知子, 市川みね子, 藤田美明 (1992) 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* 136 : 9-12.
- 41) Lu J, Stewart AJ, Sleep D, Sadler DJ, Pinheiro TJ, Blindauer CA (2012) A molecular mechanism for modulating plasma Zn speciation by fatty acids. *J Am Chem Soc* 134: 1454-1457.