

多量ミネラルの検討

研究分担者 上西一弘¹

研究協力者 伊藤早苗²

¹女子栄養大学 栄養生理学研究室

²琉球大学 医学部保健学科 生体検査学講座 生体代謝学分野

【研究要旨】

日本人の食事摂取基準2020年版の多量ミネラルの今後の課題として以下の項目が示されていた。今年度はおもにナトリウムとカリウムの課題について検討した。その他のミネラルについても継続して文献調査を行なっている。

多量ミネラルの課題

ナトリウム、カリウム：近年の報告では、ナトリウム、カリウムの摂取量は食事調査に加えて、24時間尿中排泄量の値を用いるようになってきている。摂取量の評価方法について検討、整理することが必要である。

カルシウム：食事摂取基準として、骨粗鬆症、骨折を生活習慣病として扱うかどうか、そして、そこにおけるカルシウムの意義について検討する必要があると考えられる。小児について、我が国の摂取レベルでのカルシウムの骨形成や骨折等への影響を見た研究は少なく、今後の検討が必要である。また、高齢者については、カルシウム摂取量とフレイル予防との関連を検討した研究も少なく、研究の蓄積と研究結果の検討が望まれる

マグネシウム：生活習慣病（高血圧、糖尿病）との関わりについて、継続して検討が必要である

リン：リン必要量の算定のために、生体指標を用いた日本人のリン摂取量に関するデータが必要である

今年度は、尿中ナトリウム排泄量からの食塩摂取量の推定方法について、主に文献レビューを行った。あわせて小規模ながら、24時間尿および随時尿を用いて、食塩摂取量を推定し、食事記録の値との比較検討を行った。

A. 研究目的

ナトリウム、カリウムのより正確な摂取量の把握方法について、尿中排泄量から推定する方法の妥当性を文献レビューで検討する。あわせて、観察研究を行ない、食事調査の摂取量と尿中排泄量の関係、24時間尿と随時尿の関係などを検討する。カルシウム、マグネシウム、リンについては関連する文献調査を行う。

B. 研究方法

今年度は、尿中ナトリウム排泄量からの食塩摂取量の推定方法について、主に文献レビューを行った。

あわせて小規模ながら、24時間尿および随時尿を用いて、食塩摂取量を推定し、食事記録の値との比較検討を行った。

（倫理面への配慮）

本研究は女子栄養大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号第403号：令和4年5月）

C. 結果

今回新たに行った文献レビューの結果を別紙 Supplemental Table 1. に示す。

Uechi らの報告 (J Nutr 2017;147:390-7.) では 24 時間尿中ナトリウム排泄量は近年減少傾向にあり、2010 年では約 4300mg/日となっている。これは食塩相当量では約 10.9g/日となる。今回、さらに文献検索を追加したところ、報告によりばらつきはあるものの平均値では約 3800 mg/日、食塩相当量 9.7g/日となっている。ただし、報告によってその値には大きな差 (2876~5555mg/日) がある。一方、令和元年 (2019 年) の国民健康・栄養調査の結果は 10.1g/日となっており、食事記録からの摂取量と尿中排泄量からの推定値には若干の乖離もみられる。食塩の目標量は、食塩摂取量の現状から設定されているので、より正確な摂取量の把握が重要である。

カリウムについては WHO は 3510mg/日という目標値を設定しているが、この値は、通常の食品以外からの摂取量も加味された値である。わが国では野菜や果物の摂取の目標を、野菜 350g/日、果物 200g/日 (健康日本 21 第三次) と設定しているが、この量でどれくらいのカリウムが摂取できるのかをシミュレーションしておく必要がある。これは次年度への課題としておきたい。

小規模ながら、日本人若年成人女性を対象に、尿中ナトリウム排泄量から食塩摂取量を推定する方法について検討した。本研究では連続した 3 日間の 24 時間尿、随時尿 (田中法、INTERSALT 法、川崎法) を用い、食塩摂取量を正確かつ簡便に評価できる方法を明らかにすることを目的とした。そこで、24 時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿から算出した推定食塩摂取量をもとに、随時尿を用いる際に、どの方法が良いかを検討することとした。

随時尿から食塩摂取量を推定する方法はいくつかあるが、いずれも実際の食塩摂取水準が異なると、正確性に欠ける可能性が示唆された。したがって、尿中ナトリウム排泄量から食塩摂取量を推定する際には、随時尿ではなく、24 時間蓄尿の結果を用いることが望ましいと考えられる。(別

紙、女子栄養大学紀要 2022;53:21-9)

D. 考察

24 時間尿中ナトリウム排泄量が報告されている論文を検索し、その平均値を検討したところ、近年は減少傾向にあることが確認された。ただし、報告によりその値にはばらつきがあり、また性差も考慮する必要がある。

平均値で検討したところ、尿中ナトリウム排泄量から推定した食塩摂取量は 10g/日程度になる。この値は令和元年 (2019 年) の国民健康・栄養調査の結果に近いものであるが、報告によっては乖離も見られる。今後は男女差についても検討する必要がある。

E. 結論

国民健康・栄養調査は、新型コロナウイルス感染症拡大の影響により中止されてきた。再開された値が公表されるのを待つとともに、24 時間尿中ナトリウム排泄量からの推定値の妥当性についても検討を継続することが必要である。

尿中ナトリウム排泄量から食塩摂取量を推定する際には、随時尿ではなく、24 時間蓄尿の結果を用いることが望ましいと考えられる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

仲山美穂, 原田若菜, 小田笑海子, 茂木佑希美, 吉田紘子, 岩瀬梨紗, 守由佳莉, 山本エリカ, 吉田有里, 石田裕美, 上西一弘. 若年女性における尿から算出する推定食塩摂取量の適切な方法の検討. 女子栄養大学紀要 2022;53:21-9.

2. 学会発表

研究の一部を利用して、日本栄養・食糧学会第 77 回大会で発表予定 (2023 年 5 月)

H. 知的財産権の出願, 登録状況

なし

Supplemental Table 1. The summary of reviewed articles reporting 24-hour sodium excretion for healthy Japanese adult populations, 2015-2022.8

Author, publish year	Study type	Study year	Study area	Participants, <i>n</i>	Involving 100 or more participants	Random sampling	Age, year	Sex, % men	BMI, kg/m ²	Systolic/diastolic blood pressure, mmHg	Sodium excretion, mg/d	Urine collections, <i>n</i>	Assessment methods for completeness of urine collection	PMID	References
Satoh, 2015 ⁴	CS	2014	Miyagi	35 pregnant women at approximately 20 weeks of gestation	-	-	31.7 ± 5.1	0	23.9 ± 2.6	106 ± 9/63 ± 7	3034 ± 985	1	SR	26395952	1)
Morikawa, 2015 ^{1,2,4}	CS	2014	Tokyo ?	4	-	-	21.5	0	21.1	100/67	2876	31 or 32	-	-	2)
Yasutake, 2016	Int	2014	Saga, Fukuoka	33	-	-	39.6 ± 16.7	21.2	23.1 ± 3.4	118 ± 15/73 ± 11	3270 ± 1024	3	Cr	26559610	3)
Yasutake, 2016	CS	2014, 2015	Saga, Fukuoka	140 (51 are with hypertension)	Yes	-	52.7 ± 19.6	16.4	22.5 ± 3.2	122 ± 18/74 ± 11	3349 ± 1300	1	Cr	27383507	4)
Shiraishi, 2017	CS	2010-2011	Tokyo	227 pregnant women at 19-23 weeks of gestation	Yes	-	34.2 ± 4.1 34.3 ± 4.0	0	Pre-pregnancy BMI 20.4 ± 2.6 20.3 ± 2.2	NA	Median(Interquartile range) 3200 (2630-4060) 3410(2720-4070)	1	Cr	28142045	5)
Yamori, 2017 ²	CS	2011-2012	Hyogo	303	Yes	-	(30-79)	-	22.4	123/73	4413	1	-	28430815	6)
Iwahori, 2017 ²	Int	2012	Kyoto	92	-	-	55.5	47.8	23.4	126/79	4485	1	-	29093302	7)
Iwahori, 2017	CS	2012, 2014	Saga ?	45 (Extract only normotensive individuals)	-	-	38.9 ± 10.1	48.9	22.8 ± 3.4	-	4225 ± 2072	10-22	If participants declared failing to complete, they were asked to retry.	28123179	8)
Odamaki, 2017 ^{1,4}	CS	2016	Shizuoka	Izu: 296, Hamamatsu: 197	Yes	-	Izu: 66 ± 10, Hamamatsu: 68 ± 8	Izu: 35.1%, Hamamatsu: 17.8%	Izu: 22.9 ± 3.2, Hamamatsu: 22.0 ± 2.8	-	Izu: 3818 ± 1288, Hamamatsu: 3519 ± 1081	1	-	-	9)
Nohara-Shitama, 2018 ²	CS	1980	Fukuoka	1289	Yes	-	50.9(21-85)	42	22.5	127/74	5800	1	-	29301758	10)

Nakadate, 2018 ²	Int	2013	Niigata	43	-	-	(40-75)	-	-	-	4583	1	-	29321686	11)
Yasutake, 2019 ²	Int	2017	Fukuoka, Saga [?]	100	Yes	-	20.8 ± 0.9	0	20.4 ± 2.0	101/64	3223	1	-	31058457	12)
Kobayashi, 2019 ¹	Int	2015	Kanagawa [?]	20	-	-	O: 36.9 ± 7.4 M: 34.3 ± 6.9 F: 39.0 ± 7.4	45	O: 22.1 ± 3.1 M: 22.8 ± 3.6 F: 21.5 ± 2.6	O: 112 ± 9/72 ± 11 M: 116 ± 73 F: 109 ± 71	O: 3861 ± 709 M: 4373 ± 473 F: 3428 ± 276	1	-	-	13)
Maruya, 2020 ²	Int	2015- 2017	Nara, Kanagawa,	195	Yes	-	47.5	34.9	-	-	3907	1	-	33022957	14)
Yonekura, 2020 ¹			Shizuoka	74	-	-	42.2 ± 13.0	0	20.4 ± 2.5	-	3349 ± 946	1	SR	-	15)
Umeki, 2021 ²	Int	2010	Fukuoka	187	Yes	-	48.0	100	24.5	128/83	4906	1	SR	34684498	16)
Mori, 2021 ^{2,4}	Int	2020	-	49	-	-	46.6	100	25.1	126/80	5555	1	-	34960079	17)
Muroya, 2022	CS	1987- 1995	Iwate	875	Yes	-	60.1 ± 10.9	25.5	23.4 ± 3.1	129 ± 18	4400 ± 1700	1	SR	35165245	18)
Matsuno, 2022	CS	2012- 2013	Akita, Nagano, Ibaraki, Niigata	235	Yes	-	O: 57.2 M: 57.3 ± 8.6 F: 57.1 ± 8.5	40	O: 23.2 M: 23.7 ± 2.8 F: 22.8 ± 3.1	-	O: 4213 M: 4650 ± 1196 F: 3922 ± 989	5	SR	35807775	19)

NA, not applicable; CS, cross-sectional study; Int, intervention; O, overall; SR, self-report (e.g. collection record, or interview); Cr, creatinine excretion

¹ Articles in Japanese

² Weighted mean sodium excretion (weighted by number of participants) of the control and intervention groups at baseline, or subgroups.

³ Values are means ± SDs and/or (ranges).

⁴ Study year was not reported; year before the publication was assumed.

同じデータを用いた報告が既にあると判断可能で、その既報が Uechi らのエビデンステーブルに掲載があるものは除いた

1) Michihiro Satoh, Yumi Tanno, Miki Hosaka, Hirohito Metoki, Taku Obara, Kei Asayama, Kazuhiko Hoshi, Masakuni Suzuki, Nariyasu Mano, Yutaka Imai. Salt

intake and the validity of a salt intake assessment system based on a 24-h dietary recall method in pregnant Japanese women. *Clin Exp Hypertens*. 2015;37(6):459-62.

2) 森川 希, 齋藤 薫子. 夜間尿を用いた食塩摂取量簡易測定法の誤差の要因. *実践女子大学生生活科学部紀要* 2015;52:29-35.

3) Kenichiro Yasutake, Noriko Horita, Yoko Umeki, Yukiko Misumi, Yusuke Murata, Tomomi Kajiyama, Itsuro Ogimoto, Takuya Tsuchihashi, Munechika Enjoji. Self-management of salt intake: clinical significance of urinary salt excretion estimated using a self-monitoring device. *Hypertens Res*. 2016;39(3):127-32.

4) Kenichiro Yasutake, Emiko Miyoshi, Tomomi Kajiyama, Yoko Umeki, Yukiko Misumi, Noriko Horita, Yusuke Murata, Kenji Ohe, Munechika Enjoji, Takuya Tsuchihashi. Comparison of a salt check sheet with 24-h urinary salt excretion measurement in local residents. *Hypertens Res*. 2016;39(12):879-885.

5) Mie Shiraishi, Megumi Haruna, Masayo Matsuzaki, Ryoko Murayama, Satoshi Sasaki. Availability of two self-administered diet history questionnaires for pregnant Japanese women: A validation study using 24-hour urinary markers. *J Epidemiol*. 2017;27(4):172-179.

6) Yukio Yamori, Miki Sagara, Yoshimi Arai, Hitomi Kobayashi, Kazumi Kishimoto, Ikuko Matsuno, Hideki Mori, Mari Mori. Soy and fish as features of the Japanese diet and cardiovascular disease risks. *PLoS One*. 2017;12(4):e0176039.

7) Toshiyuki Iwahori, Hirotsugu Ueshima, Naoto Ohgami, Hideyuki Yamashita, Naoko Miyagawa, Keiko Kondo, Sayuki Torii, Katsushi Yoshita, Toshikazu Shiga, Takayoshi Ohkubo, Hisatomi Arima, Katsuyuki Miura. Effectiveness of a Self-monitoring Device for Urinary Sodium-to-Potassium Ratio on Dietary Improvement in Free-Living Adults: a Randomized Controlled Trial. *J Epidemiol*. 2018;28(1):41-47.

8) Toshiyuki Iwahori, Hirotsugu Ueshima, Sayuki Torii, Yoshino Saito, Keiko Kondo, Sachiko Tanaka-Mizuno, Hisatomi Arima, Katsuyuki Miura. Diurnal variation of urinary sodium-to-potassium ratio in free-living Japanese individuals. *Hypertens Res*. 2017;40(7):658-664.

9) 小田巻 眞理, 川上 栄子, 熊谷 裕通, 円谷 由子, 加藤 明彦, 安田 日出夫, 藤垣 嘉秀, 菱田 明. 自己記入式食塩摂取量調査票の開発と 24 時間蓄尿法による妥当性の検討. *日本病態栄養学会誌* 2017;20(1):149-158.

10) Yume Nohara-Shitama, Hisashi Adachi, Mika Enomoto, Ako Fukami, Eita Kumagai, Sachiko Nakamura, Shoko Kono, Nagisa Morikawa, Erika Nakao, Akiko Sakaue, Tomoko Tsuru, Yoshihiro Fukumoto. Twenty-four-Hour Urinary Potassium Excretion, But Not Sodium Excretion, Is Associated With All-Cause Mortality in a General Population. *J Am Heart Assoc*. 2018;4;7(1):e007369.

11) Misako Nakadate, Junko Ishihara, Motoki Iwasaki, Kaori Kitamura, Erika Kato, Junta Tanaka, Kazutoshi Nakamura, Takuma Ishihara, Ayumi Shintani, Ribeka Takachi. Effect of monitoring salt concentration of home-prepared dishes and using low-sodium seasonings on sodium intake reduction. *Eur J Clin Nutr*. 2018;72(10):1413-1420.

12) Kenichiro Yasutake, Yoko Umeki, Noriko Horita, Rieko Morita, Yusuke Murata, Kenji Ohe, Takuya Tsuchihashi, Munechika Enjoji. A self-monitoring urinary salt excretion level measurement device for educating young women about salt reduction: A parallel randomized trial involving two groups. *J Clin Hypertens (Greenwich)*.

2019;21(6):730-738.

13) 小林 由紀子, 石井 有理, 寺本 祐之. 社員食堂における減塩食と減塩情報の提供が 24 時間尿中 Na 排泄量(食塩換算量)におよぼす影響. 栄養学雑誌 2019;77(2):46-53.

14) Sachiko Maruya, Ribeka Takachi, Maki Kanda, Misako Nakadate, Junko Ishihara. Short-Term Effects of Salt Restriction via Home Dishes Do Not Persist in the Long Term: A Randomized Control Study. *Nutrients*. 2020;12(10):3034.

15) 米倉 登美代, 中村 美詠子, 木村 雅芳, 尾島 俊之. 減塩指導の指標としての 24 時間蓄尿中ナトリウム/カリウム比率. 東海公衆衛生雑誌 2020;8(1):85-89.

16) Yoko Umeki, Hitomi Hayabuchi, Hisashi Adachi, Masanori Ohta. Feasibility of Low-Sodium, High-Potassium Processed Foods and Their Effect on Blood Pressure in Free-Living Japanese Men: A Randomized, Double-Blind Controlled Trial. *Nutrients*. 2021;13(10):3497.

17) Mari Mori. Well-Balanced Lunch Reduces Risk of Lifestyle-Related Diseases in Middle-Aged Japanese Working Men. *Nutrients*. 2021;13(12):4528.

18) Tomoko Muroya, Michihiro Satoh, Takahisa Murakami, Shingo Nakayama, Kei Asayama, Takuo Hirose, Yukako Tatsumi, Ryusuke Inoue, Megumi Tsubota-Utsugi, Azusa Hara, Mana Kogure, Naoki Nakaya, Kyoko Nomura, Masahiro Kikuya, Hirohito Metoki, Yutaka Imai, Atsushi Hozawa, Takayoshi Ohkubo. Association between urinary sodium-to-potassium ratio and home blood pressure and ambulatory blood pressure: the Ohasama study. *J Hypertens*. 2022;40(5):862-869.

19) Tomoka Matsuno, Ribeka Takachi, Junko Ishihara, Yuri Ishii, Kumiko Kito, Sachiko Maruya, Kazutoshi Nakamura, Junta Tanaka, Kazumasa Yamagishi, Taiki Yamaji, Hiroyasu Iso, Motoki Iwasaki, Shoichiro Tsugane, Norie Sawada, JPHC-NEXT Protocol Validation Study Group. Validity of the Food Frequency Questionnaire-Estimated Intakes of Sodium, Potassium, and Sodium-to-Potassium Ratio for Screening at a Point of Absolute Intake among Middle-Aged and Older Japanese Adults. *Nutrients*. 2022;14(13):2594.

資料

若年女性における尿から算出する推定食塩摂取量の適切な方法の検討

仲山美穂^{*1} 原田若菜^{*1} 小田笑海子^{*1} 茂木佑希美^{*1}
 吉田紘子^{*2} 岩瀬梨紗^{*2} 守由佳莉^{*3} 山本エリカ^{*2}
 吉田有里^{*3} 石田裕美^{*2} 上西一弘^{*1}

Investigation of appropriate methods for the calculation of estimated salt intake among young women using urine samples

Miho NAKAYAMA^{*1}, Wakana HARADA^{*1}, Emiko ODA^{*1}, Yukimi MOGI^{*1},
 Hiroko YOSHIDA^{*2}, Lisa IWASE^{*2}, Yukari MORI^{*3}, Erika YAMAMOTO^{*2},
 Yuri YOSHIDA^{*3}, Hiromi ISHIDA^{*2}, Kazuhiro UENISHI^{*1}

Abstract**Objectives:**

Estimating salt intake using 24-hour urine is considered the gold standard; however, this is difficult to implement as it places a high burden on the participant. The method of calculating salt intake using spot urine is has been reported to be less reliable than the method of estimating salt intake using 24-hour urine. Therefore, this study aimed to determine the most accurate method of spot urine assessment of salt intake that was comparable to the 24-hour urine method (Tanaka, INTERSALT, and Kawasaki methods) for three consecutive days.

Methods:

A cross sectional study was conducted on nine postgraduate university students in 2022. Dietary records were obtained for four consecutive days and urine samples were collected for three consecutive days. The estimated salt intake calculated from 24-hour urine was compared to estimated salt intake from spot urine methods.

Results:

The methods that showed the closest values to those of 24-hour urine were the Tanaka (9 samples) and INTERSALT methods (18 samples) out of 27 samples. The estimated salt intake calculated from 24-hour urine using the Tanaka method was 9.0 ± 1.8 g, whereas that calculated using the INTERSALT method was 5.0 ± 1.5 g. The Tanaka method had a significantly higher value ($p < 0.01$).

Using the Kawasaki methods, the values of estimated salt intake from spot urine were significantly higher than the estimated salt intake from 24-hour urine (Day 1, $p < 0.01$; Day 2, $p < 0.05$; and Day 3, $p < 0.01$; 3-day mean, $p < 0.01$).

Conclusions:

When salt intake calculated from 24-hour urine is approximately 9.0 g/day and approximately 5.0 g/day, the Tanaka method and the INTERSALT method, respectively, may be used to accurately estimate the salt intake from spot urine and give values that are similar to those calculated from 24-hour urine. The Kawasaki method has been reported to overestimate salt intake, and the same result was obtained in this study. These results suggest that the method that can be used to calculate the same level of salt intake as that calculated using the 24-hour urine method may differ depending on the salt intake calculated from 24-hour urine. Further studies need to be conducted to determine the most suitable method for estimating salt intake using spot urine.

Key words: 推定食塩摂取量, 24時間尿, 随時尿

^{*1} 栄養生理学研究室, 女子栄養大学: Laboratory of Physiological Nutrition, Kagawa Nutrition University

^{*2} 給食・栄養管理研究室, 女子栄養大学: Laboratory of Administrative Dietetics, Kagawa Nutrition University

^{*3} 食生態学研究室, 女子栄養大学: Laboratory of Nutrition Ecology, Kagawa Nutrition University

緒 言

世界では、心疾患や脳血管疾患などの循環器疾患による死亡が死因全体の20%以上を占めており¹⁾、日本においても同水準であることが報告されている²⁾。高血圧は、循環器疾患の危険因子として報告されている^{3,4,5)} ことに加え、日本で最も多い生活習慣病であることから、一次予防が重要である。世界保健機関 (WHO) のナトリウム摂取量に関するガイドライン⁶⁾ は、食塩摂取量を5g/日未満にすることが、血圧を下げ、循環器疾患のリスクを減らすことに役立つとしている。しかし、「令和元年国民健康・栄養調査⁷⁾」の食塩摂取量の結果では、男性10.9g/日、女性9.3g/日と、日本人の食事摂取基準⁸⁾ の目標量である男性7.5g/日未満、女性6.5g/日未満と比べ、依然として多い。

高血圧を予防、改善する上で減塩が重要であり、そのためには食塩摂取量を把握する必要がある⁹⁾。食塩摂取量を把握する方法として、食事調査法や24時間蓄尿 (以下、24時間尿)、随時尿から推定する方法がある。

食事調査法には、食事記録法や陰膳法、24時間思い出し法、食物摂取頻度調査法などがある。食事記録法のうち、秤量記録法は、食品や食塩の主な摂取源となる調味料の重量をリアルタイムで記録するため、他の調査法に比べて算出した値が真の値に近いとされている¹⁰⁾。しかし、対象者の負担が大きく、過大評価や過小評価の課題もある¹⁰⁾。

24時間尿を用いた食塩摂取量の推定は、摂取した食塩の90%以上が腎臓経由で尿から排泄されるため、ゴールドスタンダードとされている¹¹⁾。しかし、秤量記録法と同様に対象者の負担が大きいため、一般診療等の臨床現場において実施することは難しい¹¹⁾。一方、対象者の負担が小さい方法として、随時尿を用い食塩摂取量を推定する田中法¹²⁾、INTERSALT法¹³⁾、川崎法¹⁴⁾がある。田中法、INTERSALT法は、どの時点の随時尿を用いても食塩摂取量を推定できるのに対して、川崎法は起床後第2尿を用いるとされている。これらの方法は、対象者の負担が小さく簡便であることから評価法として推奨されているが、24時間尿と比較して推定値の信頼度は劣る⁹⁾ という課題もある。

以上のことから、本研究では連続した3日間の24時間尿、随時尿 (田中法、INTERSALT法、川崎法) を用い、食塩摂取量を正確かつ簡便に評価できる方法を明らかにすることを目的とした。そこで、24時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿から算出した推定食塩摂取量をもとに、随時尿を用いる際に、どの方法が良いかを検討することとした。

方 法

1. 対象者

2022年度A大学大学院所属の22~29歳の女子学生9名

を対象とした。

2. 調査項目および調査期間

身体計測、食事調査、尿検査を2022年4月に実施した。

2-1. 身体計測

身長は、0.1cmまで測定可能な身長計を用いて測定し、体重、体脂肪率についてはInBody720 (株式会社インボディ・ジャパン) を用いて測定した。Body Mass Index (BMI) は以下の式を用いて算出した。

$$\text{BMI (kg/m}^2\text{)} = \text{体重 (kg)} \div [\text{身長 (m)}]^2$$

2-2. 食事調査

秤量記録法を用いた食事調査を、平日2日間と休日2日間の連続した4日間で行った。対象者が、朝食・昼食・夕食・間食の時刻と調理前又は調理後の食品、調味料および1日に摂取した水分など、摂取したものを全てを秤量し記録した。栄養素等摂取量の計算には、日本食品標準成分表2020年版 (八訂) (以下、八訂成分表) に準じた、Excelアドイン「栄養プラス」(建帛社株式会社) を用いた。

2-3. 尿検査

(1) 尿採取

2022年4月の平日1日と休日2日間の連続した3日間で尿採取を行った。起床後第1尿の採尿時刻は午前6時±5分に統一し、採尿は採尿カップを用い、1回の排尿ごとにポリエチレン製容器に入れて保管した。24時間の尿量 (以下、総尿量) は、随時尿の合計量とし、採尿時間、採尿場所、採尿回数を記録した。

(2) 尿分析

随時尿量については硝子製メスシリンダーを用いて測定した。Na分析用の24時間尿は、総尿量に対する各随時尿の尿量から割合を算出し、マイクロピペットを用い、各随時尿から計り入れた。24時間尿と各随時尿の尿Na、K、Cr濃度の分析は株式会社SRLに依頼し、尿Na濃度と尿K濃度は電極法、尿Cr濃度は酵素法で測定した。

(3) 24時間尿・随時尿からの食塩摂取量の推定式

24時間尿からの推定食塩摂取量は、以下の式より算出した。

推定食塩摂取量 (g/日)

$$= \text{総尿量 (L/日)} \times \text{24時間尿Na濃度 (mEq/L)} \times 23 \text{ (mmol)} \times 2.54 / 1000$$

随時尿からの推定食塩摂取量は、以下の式より算出した。

<田中法¹²⁾>

24時間尿Cr排泄量予測値 (mg/日)

$$= 14.89 \times \text{体重 (kg)} + 16.14 \times \text{身長 (cm)} - 2.04 \times \text{年齢 (歳)} - 2244.45$$

24時間尿Na排泄量 (g/日)

$$= 21.98 \times \{ \text{随時尿Na (mEq/L)} / \text{随時尿Cr (mg/dL)} /$$

$$10 \times 24\text{時間尿Cr排泄量予測値 (mg/日)}^{0.392}$$

$$\text{推定食塩摂取量 (g/日)} = 24\text{時間尿Na排泄量 (g/日)} / 17 <\text{INTERSALT法}^{13)}>$$

女性：24時間尿Na濃度 (mmol/L)

$$= \{5.07 + 0.34 \times \text{随時尿Na (mmol/L)}\} - 2.16 \times \text{随時尿Cr}^* \text{ (mmol/L)} - \{0.09 \times \text{随時尿K (mmol/L)}\} + \{2.39 \times \text{BMI (kg/m}^2\}) + 2.35 \times \text{年齢 (歳)} - \{0.03 \times \text{年齢}^2 \text{ (歳)}\}$$

$$* \text{随時尿Cr (mmol/L)} = \text{随時尿Cr (mg/dL)} \times 88.4 / 1000$$

$$\text{推定食塩摂取量 (g/日)}$$

$$= 24\text{時間尿Na濃度 (mmol/L)} \times 23 \times 2.54 / 1000$$

<川崎法¹⁴⁾>

女性：24時間尿Cr排泄量予測値 (mg/日)

$$= -4.72 \times \text{年齢} + 8.58 \times \text{体重 (kg)} + 5.09 \times \text{身長 (cm)} - 74.5$$

24時間尿Na排泄量 (g/日)

$$= 16.3 \times \{\text{起床後第2尿Na (mEq/L)} / \text{起床後第2尿Cr (mg/dL)} / 10 \times 24\text{時間尿Cr排泄量予測値 (mg/日)}\}^{0.5}$$

推定食塩摂取量 (g/日)

$$= 24\text{時間尿Na排泄量 (g/日)} / 17$$

3. 統計解析

24時間尿と各算出方法による推定食塩摂取量は、平均値±標準偏差で示した。また、24時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿から算出した推定食塩摂取量を対象者および日別に示し、随時尿を用いる3種類の算出方法（田中法、INTERSALT法、川崎法）のうち、24時間尿から算出した推定食塩摂取量に最も近い値となった算出

方法を示した。その結果をもとに、田中法に近い値を示したサンプルとINTERSALT法に近い値を示したサンプルとで、それぞれの24時間尿から算出した推定食塩摂取量の比較を行った。比較は、F検定（等分散性の検定）を行い、Studentのt検定を用いた。また、24時間尿から算出した推定食塩摂取量と川崎法から算出した推定食塩摂取量の比較は、対応のあるt検定を用いた。統計解析はSPSS IBM SPSS Statistics28を使用し、有意水準は両側検定5%とした。

4. 倫理的配慮

本研究は、香川栄養学園倫理審査委員会の審査・承認を得て実施した。（承認番号第403号：令和4年5月）

結 果

1. 対象者の身体特性

対象者特性をTable 1に示す。

2. 食事記録から算出したエネルギー摂取量と食塩摂取量

連続した4日間の食事記録から算出したエネルギー摂取量と食塩摂取量をTable 2に示す。4日間の平均エネルギー摂取量は、対象者Hの2,462±960kcal/日が最も多く、対象者Aの1,244±105kcal/日が最も少なかった。また、4日間の平均食塩摂取量は、対象者Cの11.8g±3.4g/日が最も多く、対象者Aの4.2±1.4g/日が最も少なかった。本集団において、食事記録から算出した平均食塩摂取量が、食事摂取基準の目標量である6.5g/日未満（女性）を上回るものは5名（55.6%）であった。

Table 1. Characteristics of all subjects

Subject	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	Body fat percentage (%)
A	29	159.2	47.4	18.7	25.1
B	22	159.2	55.8	22.0	28.9
C	22	160.2	55.0	21.4	34.7
D	22	157.3	56.9	23.0	32.7
E	22	156.8	42.6	17.3	22.4
F	22	158.3	47.8	19.1	23.3
G	24	163.5	81.9	30.6	45.0
H	22	154.6	50.0	20.9	24.8
I	23	159.8	57.8	22.7	33.4

BMI: body mass index n=9

Table 3. Estimated daily salt intake from 24-hour urine

Subject	1st day	2nd day	3rd day	Mean	SD
	(g/day)	(g/day)	(g/day)	(g/day)	
A	5.2	4.1	3.5	4.3	±0.9
B	12.4	2.4	5.2	6.7	±5.2
C	10.6	5.0	7.4	7.7	±2.8
D	6.8	10.3	4.0	7.0	±3.2
E	7.3	5.2	4.4	5.6	±1.5
F	6.6	5.9	2.9	5.1	±2.0
G	6.6	7.9	4.4	6.3	±1.8
H	5.1	8.8	7.6	7.2	±1.9
I	9.5	5.9	4.2	6.5	±2.7

n=9

Table 2. Estimated daily energy and salt intake for dietary record

Subject	1st day		2nd day		3rd day		4th day		Mean	SD	Mean	SD
	(kcal/day)	(g/day)	(kcal/day)	(g/day)	(kcal/day)	(g/day)	(kcal/day)	(g/day)	Energy (kcal/day)		Salt (g/day)	
A	1,094	5.9	1,251	4.2	1,316	2.5	1,316	4.2	1,244	±105	4.2	±1.4
B	1,877	8.1	1,540	7.0	1,002	2.0	1,631	5.7	1,513	±369	5.7	±2.7
C	1,718	7.4	2,110	12.8	1,998	11.5	2,436	15.5	2,066	±297	11.8	±3.4
D	1,361	4.2	1,669	6.3	1,633	10.7	1,443	5.2	1,527	±148	6.6	±2.9
E	2,219	7.6	1,689	4.4	1,657	4.1	1,295	6.4	1,715	±381	5.6	±1.7
F	1,499	5.6	1,220	3.7	1,183	6.9	1,423	5.8	1,331	±154	5.5	±1.3
G	1,490	5.8	1,679	7.4	1,839	7.7	2,252	7.0	1,815	±324	7.0	±0.8
H	3,846	11.1	1,678	6.0	1,995	9.4	2,328	5.9	2,462	±960	8.1	±2.6
I	1,514	6.6	1,579	8.0	1,512	6.8	1,381	5.0	1,497	±83	6.6	±1.2

n=9

3. 24時間尿から算出した推定食塩摂取量

3日間の24時間尿から算出した推定食塩摂取量を Table 3 に示す。3日間を通して推定食塩摂取量が最も多かった者、少なかった者は共に対象者Bで、それぞれ12.4g/日、2.4g/日であった。

4. 3日間の24時間尿から算出した推定食塩摂取量と各算出方法との比較

対象者AからIの24時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿から算出した推定食塩摂取量を、採尿日ごとに Fig. 1-1~1-3 に示した。

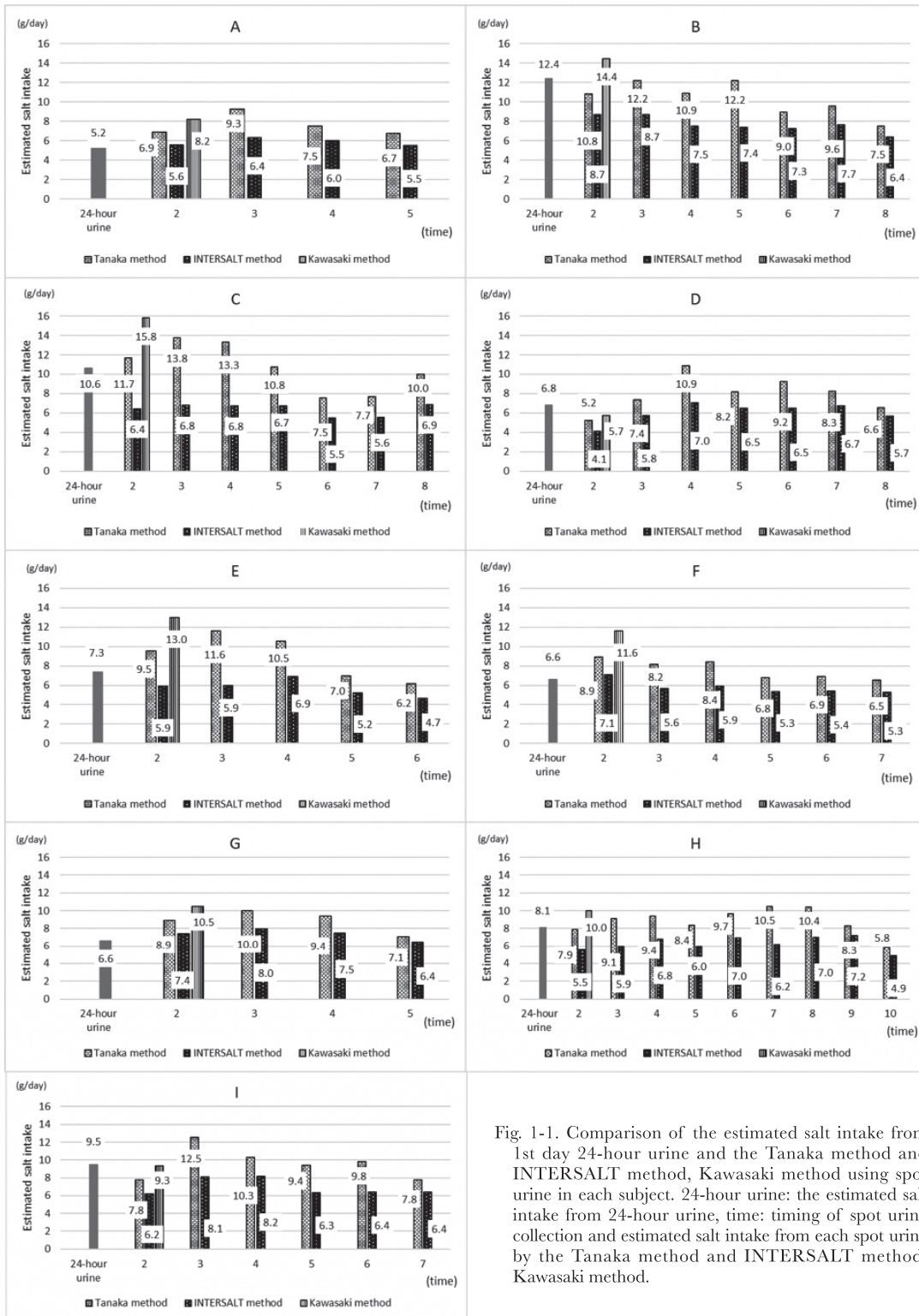


Fig. 1-1. Comparison of the estimated salt intake from 1st day 24-hour urine and the Tanaka method and INTERSALT method, Kawasaki method using spot urine in each subject. 24-hour urine: the estimated salt intake from 24-hour urine, time: timing of spot urine collection and estimated salt intake from each spot urine by the Tanaka method and INTERSALT method, Kawasaki method.

4-1. 3日間の24時間尿から算出した推定食塩摂取量と各算出方法から算出した推定食塩摂取量

3日間の24時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿の各算出方法を比較し、24時間尿と最も近い値を示した方法を Table 4 に示す。

最も多かった算出方法は、1日目は田中法で6名、2日目はINTERSALT法で7名、3日目はINTERSALT法で8

名であり、川崎法を示した者はいなかった。田中法で最も近い値を示した際の24時間尿から算出した推定食塩摂取量は、最も多かった者で12.4g/日、最も少なかった者で6.6g/日であった。INTERSALT法で最も多かった者は7.9g/日、最も少なかった者は2.4g/日であった。

24時間尿と最も近い値を示した、田中法（9サンプル）とINTERSALT法（18サンプル）において、24時間尿か

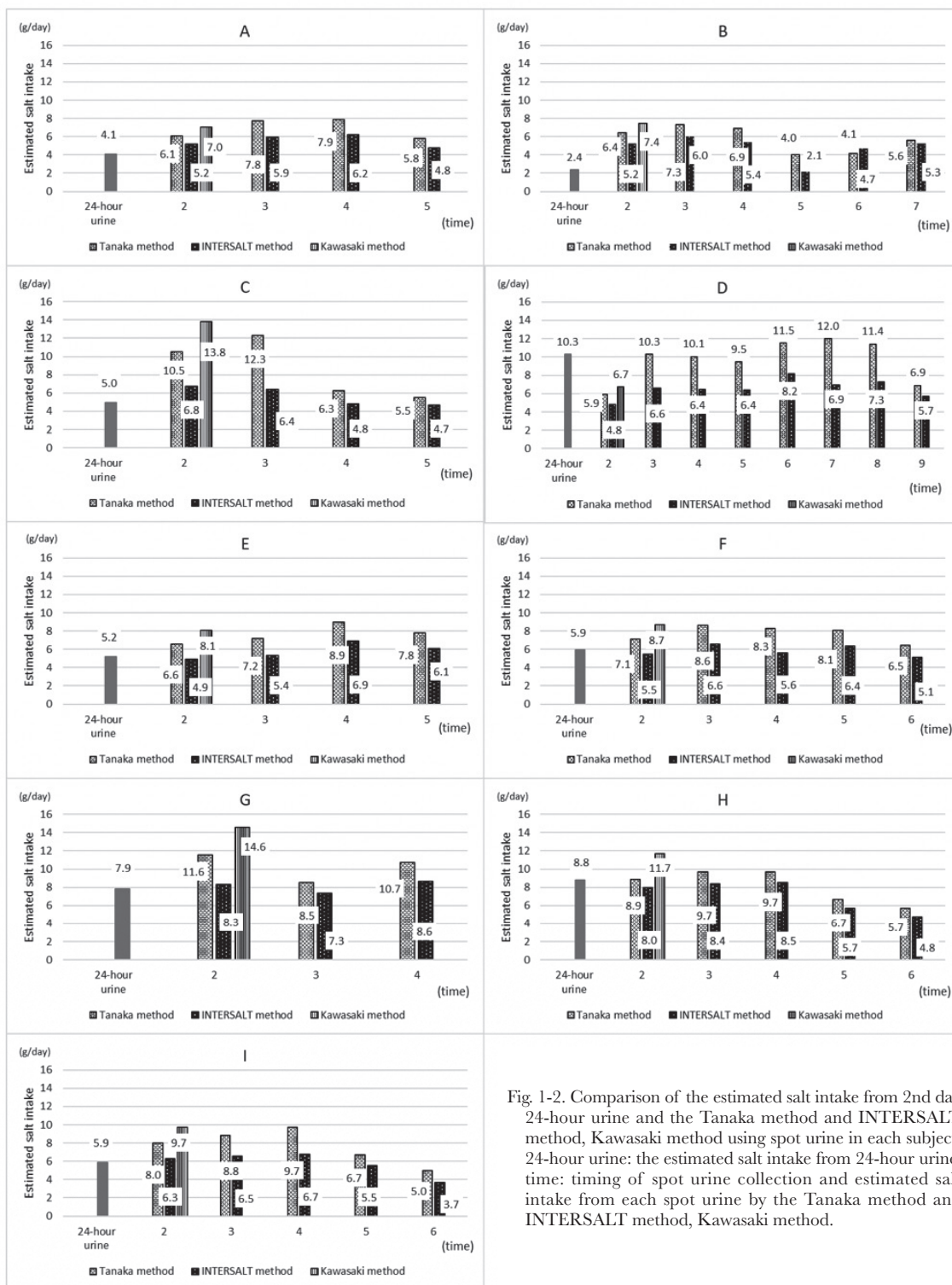


Fig 1-2. Comparison of the estimated salt intake from 2nd day 24-hour urine and the Tanaka method and INTERSALT method, Kawasaki method using spot urine in each subject. 24-hour urine: the estimated salt intake from 24-hour urine, time: timing of spot urine collection and estimated salt intake from each spot urine by the Tanaka method and INTERSALT method, Kawasaki method.

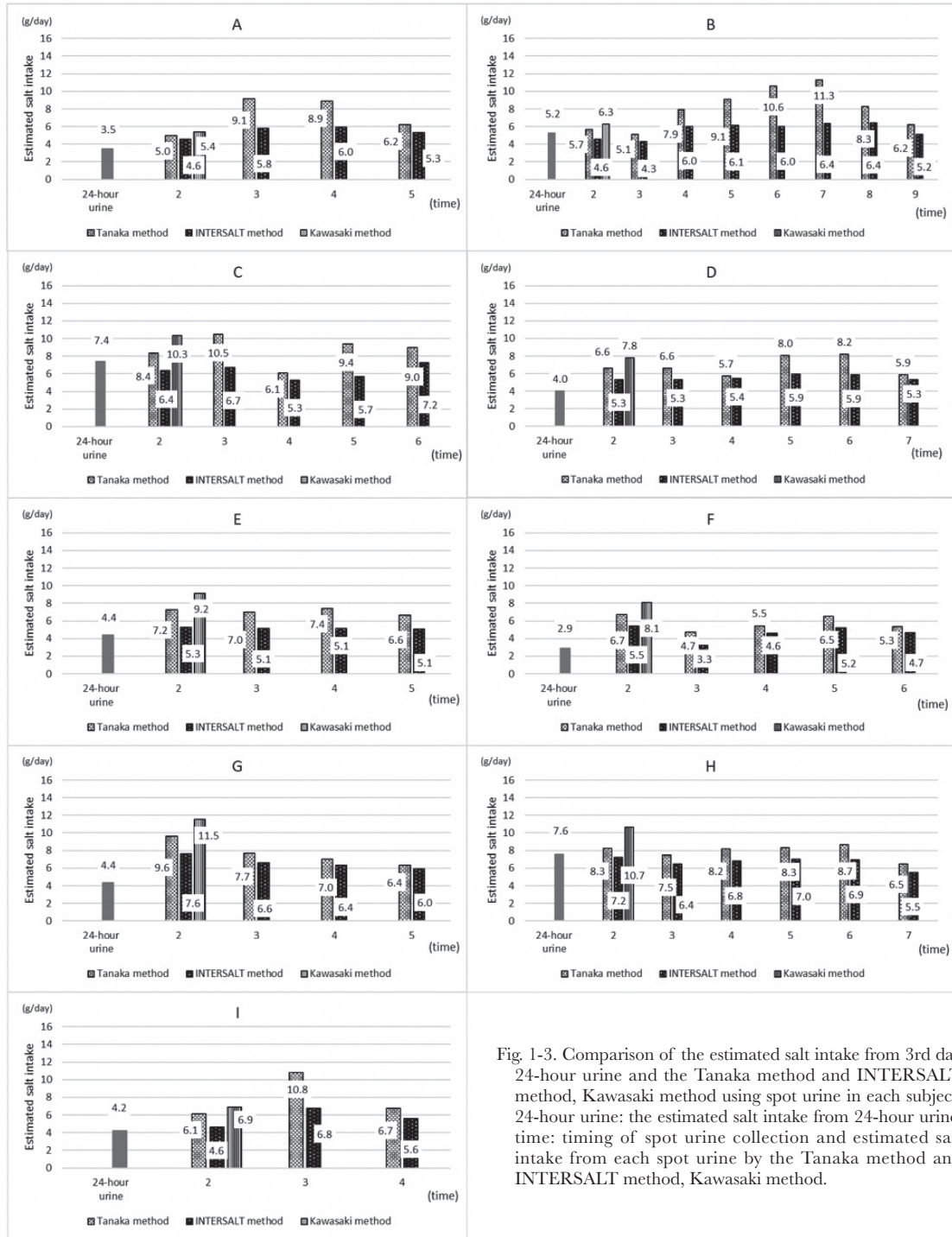


Fig 1-3. Comparison of the estimated salt intake from 3rd day 24-hour urine and the Tanaka method and INTERSALT method, Kawasaki method using spot urine in each subject. 24-hour urine: the estimated salt intake from 24-hour urine, time: timing of spot urine collection and estimated salt intake from each spot urine by the Tanaka method and INTERSALT method, Kawasaki method.

Table 4. Estimated salt intake for Spot urine closest to estimated salt intake for 24-hour urine

Subject	Method	1st day		Method	2nd day		Method	3rd day	
		Estimated daily salt intake from spot urine	Estimated daily salt intake from 24-hour urine		Estimated daily salt intake from spot urine	Estimated daily salt intake from 24-hour urine		Estimated daily salt intake from spot urine	Estimated daily salt intake from 24-hour urine
A	INTER-SALT	5.5	5.2	INTER-SALT	4.8	4.1	INTER-SALT	4.6	3.5
B	Tanaka	12.2	12.4	INTER-SALT	2.1	2.4	INTER-SALT	5.2	5.2
C	Tanaka	10.8	10.6	INTER-SALT	4.8	5.0	INTER-SALT	7.2	7.4
D	INTER-SALT	6.7	6.8	Tanaka	10.3	10.3	INTER-SALT	5.3	4.0
E	Tanaka	7.0	7.3	INTER-SALT	5.4	5.2	INTER-SALT	5.1	4.4
F	Tanaka	6.5	6.6	INTER-SALT	5.6	5.9	INTER-SALT	3.3	2.9
G	INTER-SALT	6.4	6.6	INTER-SALT	8.3	7.9	INTER-SALT	6.0	4.4
H	Tanaka	7.9	8.1	Tanaka	8.9	8.8	Tanaka	7.5	7.6
I	Tanaka	9.4	9.5	INTER-SALT	5.5	5.9	INTER-SALT	4.6	4.2

ら算出した推定食塩摂取量を比較した結果をFig. 2に示した。

最も近い値を示した際の24時間尿から算出した推定食塩摂取量は、田中法で 9.0 ± 1.8 g、INTERSALT法で 5.0 ± 1.5 gであった。また、田中法とINTERSALT法とで比較した結果、24時間尿から算出した推定食塩摂取量は、田中法の方が有意に多かった ($p < 0.01$)。

4-2. 24時間尿と田中法による推定食塩摂取量の比較

24時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿から

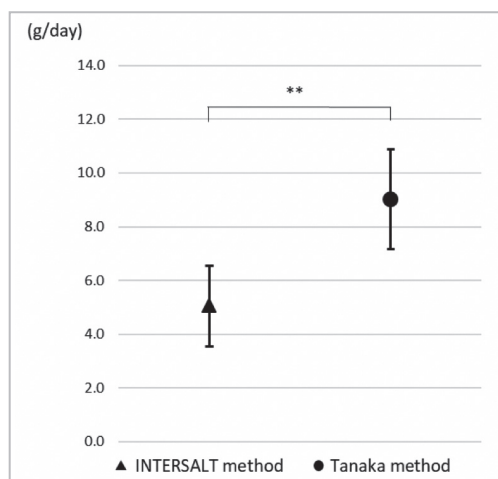


Fig. 2. Comparison of INTERSALT method group and Tanaka method group using the estimated salt intake from 24-hour urine.

The comparison used Student t-test (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$). 24-hour urine: the estimated salt intake from 24-hour urine.

算出した推定食塩摂取量について、2日目の対象者Dで同じ値を示した。一方、2日目の対象者Cでは7.3g/日の差がみられた。

4-3. 24時間尿とINTERSALT法による推定食塩摂取量の比較

24時間尿から算出した推定食塩摂取量と最も近い値を示す随時尿について、3日目の対象者Bにおいて、24時間尿と随時尿（第9尿）で同じ値を示した。また、他のほとんどの対象者では、24時間尿と最も近い値を示した随時尿との差は1.0g/日未満であった。一方、最も差が大きい者は6.0g/日の差があった。また、随時尿のみで比べても、尿採取の時間によって推定食塩摂取量に差がみられた。

4-4. 24時間尿と川崎法による推定食塩摂取量の比較

24時間尿と随時尿からの推定食塩摂取量の平均値を比較した結果をFig. 3に示した。24時間尿に比べ、随時尿から算出した推定食塩摂取量の方が有意に多い結果となった（1日目： $p < 0.01$ ，2日目： $p < 0.05$ ，3日目： $p < 0.01$ ，3日間平均： $p < 0.01$ ）。また、対象者ごとにみところ、24時間尿と随時尿から算出した推定食塩摂取量の差について、1日目の対象者Iは0.2g/日の差であるのに対して、2日目の対象者Cでは8.8g/日の差がみられた。3日間平均でみると、24時間尿と随時尿から算出した推定食塩摂取量の差について、対象者Dは0.3g/日であるのに対して、対象者Gでは5.9g/日の差がみられた。

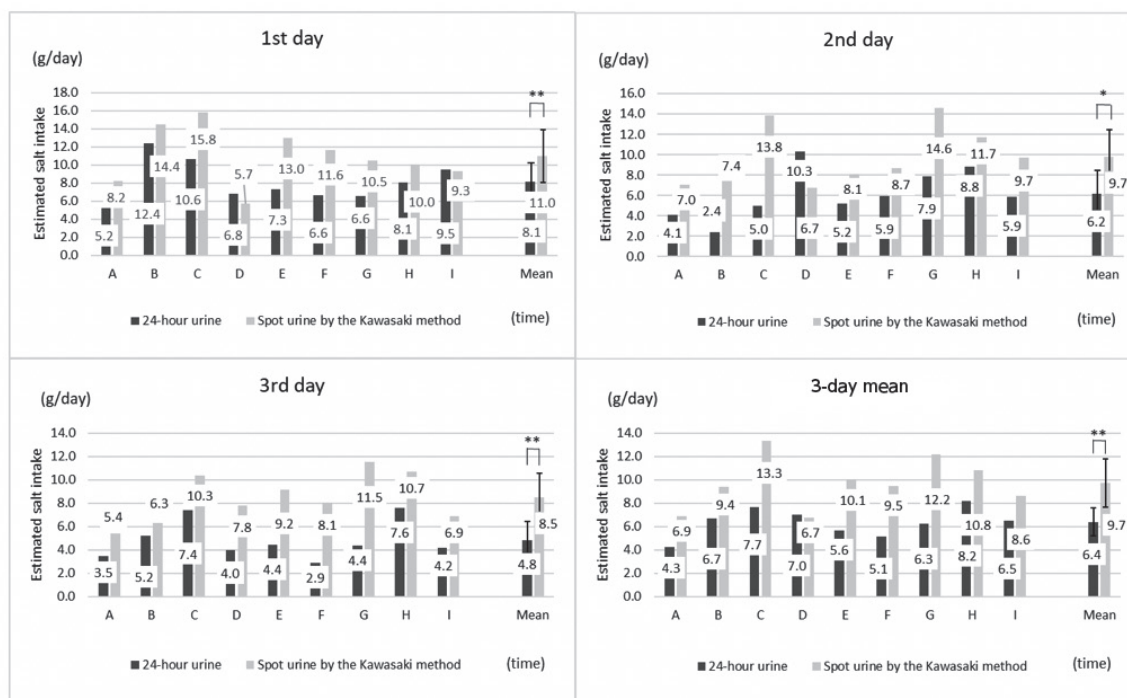


Fig. 3. Comparison of the estimated salt intake from 24-hour urine and by Kawasaki method using spot urine.

The comparison used Student t-test (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$).

24-hour urine: the estimated salt intake from 24-hour urine, spot urine by the Kawasaki method: the estimated salt intake by the Kawasaki method from the second morning urine.

考 察

本研究では、連続した3日間の24時間尿、随時尿（田中法、INTERSALT法、川崎法）を用い、食塩摂取量を正確かつ簡便に評価できる方法を明らかにすることとした。

3日間の24時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿を用いた各算出方法を比較した結果、24時間尿と最も近い値を示したのは、27サンプルのうち田中法で9サンプル、INTERSALT法で18サンプルであった。また、川崎法で近い値を示したものはなかった。そこで、田中法で近い値を示したサンプルと、INTERSALT法で近い値を示したサンプルとで、24時間尿から算出した推定食塩摂取量の比較を行った。その結果、田中法で近い値を示したサンプルの24時間尿から算出した推定食塩摂取量の方が有意に多い結果となった。

田中法が24時間尿と最も近い値を示した際の、24時間尿から算出した推定食塩摂取量は 9.0 ± 1.8 gであった。Jose Geraldo Millらの研究¹⁵⁾では、田中法において、随時尿から算出した推定食塩摂取量が9~12g/日の場合に近い値を算出すると報告されている。本研究においても、近い値を示した田中法の9サンプルのうち3サンプルは24時間尿から算出した推定食塩摂取量が9~12g/日であり、同様の傾向がみられた。

INTERSALT法は、欧米集団の食塩摂取量を推定することに適した方法であり、個人の食塩摂取量を推定するには限界があると述べられている¹³⁾。本研究において、3日間の24時間尿から算出した推定食塩摂取量と随時尿の各算出方法を比較した結果、INTERSALT法が近い値を示したのは18サンプルと、全体の半分以上を占める。また、INTERSALT法が24時間尿と最も近い値を示した際の、24時間尿から算出した推定食塩摂取量は 5.0 ± 1.5 gであった。よって、24時間尿から算出した推定食塩摂取量が少ない場合において、近い値が算出される可能性があると考えられる。

以上より、随時尿を用いて推定食塩摂取量を算出する場合、24時間尿から算出した推定食塩摂取量の違いにより、同水準の値が算出できる方法が異なる可能性が示唆された。24時間尿から算出した推定食塩摂取量が田中法は約9.0g/日前後、INTERSALT法は約5.0g/日前後の場合に、随時尿から算出した推定食塩摂取量が24時間尿から算出した推定食塩摂取量と近い値を示す可能性があると考えられる。今後、随時尿を用いた適切な食塩摂取量の推定方法を選択するために、さらなる検討が必要であると考えられる。また、本研究の対象者の特性として、24時間尿から算出した推定食塩摂取量の3日間の平均は、対象者のほとんどが6.0g/日前後であった。そのため、食塩摂取量の幅が広い集団を対象に同様の傾向がみられるか、さらに検討する必要があると考えられる。

川崎法は、先行研究において起床後第2尿を用いて集団および個人の食塩摂取量を推定する方法として有用で

あり、より精度を高めるために3日間の平均で比較するとよいと述べられている^{14, 16)}。そのため、本研究においても3日間平均を含め比較を行った。しかし、各採尿日、3日間平均のすべてにおいて川崎法から算出した推定食塩摂取量の方が有意に多い結果となった。さらに、対象者ごとにみると、24時間尿と川崎法から算出した推定食塩摂取量の差に大きな幅がみられた。先行研究¹⁴⁾は、人種、年齢、性別が異なる対象集団での研究であり、食塩摂取量はいずれも10.0g/日を超えていた。それに対して、本研究の対象者は日本人若年女性であり、個人でみると食塩摂取量が10.0g/日を超えるものもいるが、各日にちの平均はすべて7.0g/日未満であった。また、本橋らの報告¹⁷⁾において、1日のみの採尿ではあるが、本研究と同様の結果を示している。さらに、女性の場合、川崎法は過大評価をするという報告もある¹⁵⁾。よって、川崎法は食塩摂取量を過大評価する可能性が考えられる。

本研究の限界として、Crの予測値と実測値との整合性について検討できていないことが挙げられる。田中法と川崎法は24時間尿Cr排泄量予測値を算出した。しかし、Cr排泄量予測値から算出した推定食塩摂取量と24時間尿のCr実測値を用いて算出した推定食塩摂取量を比較しておらず、同水準の値が算出されるか整合性を検討していない。したがって、今後尿中Crを測定する必要があるかについては検討が必要である。

結 論

24時間尿と随時尿からそれぞれ算出した推定食塩摂取量の比較において、随時尿から推定する際に、24時間尿と同水準の値が算出できる方法が、24時間尿から算出した推定食塩摂取量によって異なる可能性が示唆された。また、川崎法は推定食塩摂取量を過大評価する可能性が示唆された。

参考文献

- 1) World Health Organization: The top 10 causes of death <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (2022年8月15日)
- 2) 厚生労働省：令和3年(2021)人口動態統計月報年計(概数)の概況 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai21/dl/kekka.pdf> (2022年8月15日)
- 3) Levy, D., Wilson, PW., Anderson, KM., *et al.*: Stratifying the patient at risk from coronary disease: new insights from the Framingham Heart Study. *Am Heart J*, **119**, 712-717 (1990)
- 4) Kannel, WB., Wolf, PA., Castelli, WP., *et al.*: Fibrinogen and risk of cardiovascular disease. The Framingham Study. *J Amer Med Assoc*, **258**, 1183-1186 (1987)
- 5) Chambless, LE., Folsom, AR., Sharrett, AR., *et al.*: Coronary heart disease risk prediction in the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *J Clin Epidemiol*, **56**, 880-890 (2003)
- 6) WHO. Guideline: Sodium intake for adults and children. Geneva, World Health Organization (WHO), 2012

- 7) 厚生労働省：令和元年国民健康・栄養調査結果の概要
000687163.pdf (mhlw.go.jp) (2022年8月15日)
- 8) 伊藤貞嘉, 佐々木 敏 (監修)：日本人の食事摂取基準 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定委員会報告書. p26-270, 第一出版, 東京 (2020)
- 9) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会：高血圧治療ガイドライン2019. p65, ライフサイエンス出版, 東京 (2019)
- 10) 特定非営利活動法人日本栄養改善学会:食事調査マニュアルはじめの一步から実践・応用まで. p3-6, 南山堂, 東京 (2016)
- 11) 瀬川裕佳, 菅野義彦：腎疾患と食塩. 日腎会誌, **61**, 5, 571-578 (2019)
- 12) Tanaka, T., Okamura, T., Miura, K., *et al*: A simple method to estimate populational 24-h urinary sodium and potassium excretion using a casual urine specimen. *J Hum Hypertens*, **16**, 97-103 (2013)
- 13) Brown, IJ., Dyer, AR., Chan, Q., *et al*: Estimating 24-Hour Urinary Sodium Excretion From Casual Urinary Sodium Concentrations in Western Populations The INTERSALT Study. *Am J Epidemiol*, **Vol.177**, No.11 (2012)
- 14) 川崎晃一, 川村 実, 伊藤和枝：食塩及びKの1日摂取量を簡便に評価するために開発された起床後第2尿法—その開発経緯と有用性について—. 日本病態栄養学会誌, **11**, 3, P237-253 (2008)
- 15) Mill, JG., Rodrigues, SL., Baldo, MP., *et al*: Validation study of the Tanaka and Kawasaki equations to estimate the daily sodium excretion by a spot urine sample. *Rev Bras Epidemiol*, Suppl 2, 224-237 (2015)
- 16) 伊藤和枝, 川崎晃一, 上園慶子他：起床後2回目のスポット尿を用いた24時間尿中Na・K排泄量推定法の検討. 日循協誌, **vol.27**, 1, 39-45 (1992)
- 17) 本橋寛子, 児玉香音, 内田良子他：24時間尿と随時尿, 食事記録法を用いた推定食塩摂取量の比較. 女子栄養大学紀要, **vol.52** (2021)