若年者における24時間蓄尿法によるリン摂取量の把握およびリン摂取量に影響を及ぼす食品構成の評価

佐久間理英^{*1,*2}, 太田 紘之^{*1}, 新井 英一^{*1}

^{*1}静岡県立大学食品栄養科学部臨床栄養管理学研究室 ^{*2}相山女学園大学生生活科学部応用栄養学研究室

【目的】近年、我が国で見られる食の欧米化や加工食品の摂取量増大は、リンの摂取量を増大させている可能性が高い。そこで本研究は、健康な若年者の日常的なリン摂取量を把握するとともに、どのような食生活がリン摂取量に影響を及ぼすか明らかにすることを目的とした。

【方法】健康な男女32名（男性14名、女性18名）、平均年齢 22.1 ± 1.5 （平均値±標準偏差）歳を対象に、24時間蓄尿、秤量法による食事記録を行った。24時間蓄尿よりリンおよびたんぱく質摂取量を推定した。また食事記録よりエネルギー摂取量、18群別食品群別摂取量、加工食品摂取割合を算出し、リン摂取量との関連性を解析した。

【結果】対象者のリン摂取量は平均 951 ± 179 mg/day であり、最小値は 564 mg/day、最大値は 1,445 mg/day であった。リンをリン食事摂取基準における性・年齢区分別の目安量以上に摂取している者の割合は、対象者全体の70.8%であった。リン摂取量およびエネルギー当たりのリン摂取量の結果から、リンの多い摂取量に寄与する食品群として、肉類、乳類、嗜好飲料類が該当した。また加工食品では、インスタント食品、菓子類、嗜好飲料（炭酸）、調理済みそう菜、弁当がリンの多い摂取量に寄与していた。

【結論】高リン摂取を防ぐためには、肉類・乳類および嗜好飲料類を適量範囲内で摂取するとともに、インスタント食品、菓子類、嗜好飲料（炭酸）および調理済みそう菜、弁当などの加工食品の摂取量に留意すべきであると示唆された。

栄養学雑誌, Vol.75 No.5 131-140 (2017)

キーワード: 血清リン濃度, 24時間蓄尿法, リン摂取量, 加工食品

I. 緒 言

血清リン濃度の上昇は、血管の石灰化、動脈硬化および頸動脈内膜中膜肥厚（Intima-media thickness: IMT）を誘発し¹⁾、心血管疾患（Cardiovascular disease: CVD）の発症に関与することが、慢性腎不全（Chronic kidney disease: CKD）患者のみならず健常者においても報告されている^{2,3)}。したがって、リンの過剰摂取を防ぐことは、腎機能障害の有無に関わらず重要である。

近年、我が国では食の欧米化が進んでおり、農林水産省が発表した食糧需給表によると、2013年度における国民1人あたりの供給量の概算は1960年度と比較して、米の消費量が半減した一方で、油脂類、乳・乳製品および肉類が著しく増加した⁴⁾。また、摂取食品群別推定リン摂取量は、1960年から1995年までに穀類からのリン摂取量が減少し、乳・乳製品や肉類からのリン摂取量が増加している⁵⁾。

食品中のリンは、有機リンと無機リンに大別され、有機リンはさらに動物性と植物性に分けられる。動物性のリンは、たんぱく質や脂質、糖質とエステル結合したものが主であり、植物性のリンは、大部分がフィチン酸の

構成成分として存在する。ヒトの生体内において、動物性の有機リンは、消化により無機リンに分解され吸収されるが、植物性の有機リンは、ヒトがフィチン酸の分解酵素であるフィターゼを持たないため、動物性のリンに比して吸収率が低い⁶⁾。したがって動物性食品からのリン摂取は、植物性食品からのリン摂取よりも生体への影響が大きいと考えられる。一方、無機リンは食品添加物として保存性や嗜好性を高めるために使用されており、加工食品に多く使用されている。近年、加工技術の発達や食の簡便化に伴い、加工食品が広く普及したことにより、無機リンの摂取量増大が問題視されている。西欧諸国では、総リン摂取量の5割は食品添加物由来であるという報告があり⁷⁾、我が国においても食品添加物がリン摂取量増大に寄与している可能性が高い。無機リンは、有機リンと比べて吸収率が高く⁸⁾、糸球体濾過量（estimated Glomerular filtration rate: eGFR） ≥ 60 ml/分/1.73 m²である腎機能が正常な成人において、食品添加物由来のリン摂取量は、IMT値の上昇に関連することや⁹⁾、末期腎不全患者および透析患者に対してリン由来の添加物表示のある食品を避けるよう栄養指導を行うことで、血清リン濃度が低下すると報告されていることか

連絡先：佐久間理英 〒464-8662 愛知県名古屋市中千種区星が丘元町17番3号 相山女学園大学生生活科学部応用栄養学研究室
電話 052-781-4390 FAX 052-782-7265 E-mail sakuma@sugiyama-u.ac.jp

ら^{10, 11)}、食事性のリンの中でも、特に食品添加物由来のリン摂取量を制限することが血清リン濃度の管理において重要であると考えられる。

現在、栄養素摂取量を把握するためのゴールドスタンダードとして、秤量法による食事記録が用いられている。しかし、この方法は対象者自身が秤量および記録をするため、摂取量を過大または過小評価する可能性がある^{12, 13)}。さらに、市販食品における栄養成分表示にリン含有量の記載が義務付けられていないことや¹⁴⁾、調理による損失および、産地や季節による栄養成分の変動が考慮されないなどから、リン摂取量を正確に把握することは困難である。そこで我々は、食事記録に代わるリン摂取量把握の方法として24時間蓄尿法に着目し、有用性を検討してきた^{15, 16)}。我々の先行研究において、24時間蓄尿法はリン摂取量の推定に有用であり、食事記録では把握が不十分である食品添加物由来のリン摂取量を反映する可能性を報告してきた¹⁵⁾。また尿中リン排泄量および尿中尿素窒素排泄量を用いたリン摂取量の推定式を報告した¹⁶⁾。

本研究は、先行研究で確立したリン摂取量推定式を用いて、健康な若年者の日常的なリン摂取量を把握するとともに、どのような食生活がリンの多い摂取量につながるのかを明らかにすることで、リンの過剰摂取を防ぐ栄養指導の一助となるエビデンスの構築を目的とした。

Ⅱ. 方 法

1. 対 象 者

本研究は、平成23年9月～平成24年7月に静岡県S大学の食品・栄養に係る学部在籍する20歳以上の学生を対象に、調査内容や方法について事前に十分な説明を行い、文書による同意が得られた者を対象として実施した。対象者は、健康な成人男女32名（男性14名、女性18名）とした。

2. プロトコール

調査は平成23年9月～平成24年7月に実施した。調査日において、対象者は24時間蓄尿および秤量法による食事記録を実施した。対象者は、大量の汗をかくような激しい運動を禁止されたが、それ以外の食事や活動について制限をされず、日常通りの生活を心掛けるよう指示された。翌朝、対象者は空腹状態で試験室に来室し、安静を保った後に看護師による採血を受けた。その際に、食事記録と24時間蓄尿サンプルを提出した。対象者は、同様の調査を計3回実施した。日常通りの生活を反映させるため、各調査日の間に1日以上の間隔を設けた。対象

者は3回の調査を2週間から3週間の間で完了した。

3. 身体計測および血液生化学検査

身体計測は、3回の調査日のいずれか1日において、空腹時採血後に実施した。生体電気インピーダンス法を用いた高精度体組成成分分析装置 TANITA TBF-215（株式会社タニタ）にて、身長、体重および体脂肪率を測定した。得られた身長および体重から、Body Mass Index (BMI) を算出した。

採取した血液は真空採血管に分注した後、ただちに遠心分離し（4°C, 3,000 rpm, 10 min）、血清および血漿を測定まで冷蔵または冷凍にて保存した。検査項目は、中性脂肪、LDL-コレステロール、HDL-コレステロール、ヘモグロビン A1c、総たんぱく質、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ、アラニンアミノトランスフェラーゼ、γ-グルタミルトランスペプチダーゼ、尿素窒素、クレアチニン、ナトリウム、カリウム、カルシウム、リン、インタクト副甲状腺ホルモンとし、分析は株式会社エスアールエル（東京）に依頼した。

4. 24時間蓄尿法

対象者は、ユリンメート P（住友ベーク株式会社）を用いて蓄尿を行った。ユリンメート P は、尿全体の成分割合を正確に反映しつつ、全体量を50分の1量にして収集することが出来る器具である。対象者は、調査日の初回尿を廃棄し、以後の尿をすべて採取した。尿採取開始から24時間後に尿意を感じなくても排尿し、24時間分の尿を採取した。採取した尿サンプルを計量後、保存容器に分注して測定まで冷蔵または冷凍保存した。検査項目は、尿中尿素窒素（尿 UN）、尿中クレアチニン（尿 Cre）、尿中ナトリウム（尿 Na）、尿中無機リン（尿 Pi）とし、分析は株式会社エスアールエルに依頼した。

得られた検査結果から、以下の推定式により、クレアチニークリアランス（Ccr）、リン摂取量（Urine collection-Phosphorus intake : UC-P 値）、たんぱく質摂取量（Urine collection-Protein intake : UC-Pro 値）を算出した。リン摂取量は我々の先行研究にて構築したリン摂取量推定式¹⁶⁾を用い、たんぱく質摂取量は既存の推定式¹⁷⁾を用いて算出した。

$$\text{Ccr (ml/min)} = [\text{尿 Cre (mg/dl)} \times \text{尿量 (ml/min)} / \text{血清 Cre (mg/dl)}] \times 1.73 / \text{体表面積 (m}^2\text{)}$$

$$\text{UC-P (mg/day)} = 100/75 \times \text{尿 Pi (mg/day)} - 63.668 \times \text{尿 UN (g/day)} + 596.671$$

$$\text{UC-Pro (g/day)} = [\text{尿 UN (g/day)} + 0.031 \times \text{体重 (kg)}] \times 6.25$$

5. 秤量法による食事記録

対象者は、デジタルスケールを用いて24時間蓄尿を実

施した日に摂取した飲食物（水を除く）をすべて秤量し、記録用紙に記録した。対象者自身が調理した飲食物については、生重量で記載するよう指導した。また、デジタルカメラを用いて摂取した飲食物の写真を撮影した。市販食品で栄養成分ならびに原材料名の表示があるものについては、表示部分の切抜きまたは写真を提出した。調査者は、食事記録を受け取る際に不明瞭な点について聞き取り調査を行った。エクセル栄養君 Ver.4.5（建帛社）を用いて栄養価計算を行い、エネルギー摂取量および18群別食品群別摂取量を計算した。調理済み食品の重量については、「ゆで」や「焼き」の成分値を用いて計算した。18群とは、エクセル栄養君において栄養価計算に基づいて作成される「栄養摂取状況成績表」に記載される食品群別摂取量に基づき、穀類（めし、ゆで麺等）、いも類、砂糖・甘味料類、種実類、緑黄色野菜類、その他の野菜類、果実類、きのこ類、海藻類、豆類、魚介類、肉類、卵類、乳類、油脂類、菓子類、嗜好飲料類、調味料・香辛料類とした。加工食品摂取割合は、食事記録をもとに表1に示す加工食品分類定義に従って、摂取した加工食品を抽出して重量を算出し、この値を総食事重量で除することで得た。加工食品の重量は調理前の重量を用いて算出した。加工食品は加工の仕方によって、農・畜産物などの原料を著しく変更することなく、物理的あるいは微生物的な処理・加工を行った一次加工食品（精米、原糖、植物油など）、一次加工食品を1～2種類以上用いて変化に富む加工をした二次加工食品（製パン、製麺、精糖、マヨネーズなど）、一次あるいは二次加工食品を2種以上組み合わせ、本来のものと異なる形に加工した三次加工食品（菓子類、嗜好飲料など）、加工度

表1 加工食品分類定義

加工食品群	食品例（備考）
乳類加工品	プロセスチーズ、アイスクリーム
菓子類（加工食品）	スナック菓子、チョコレート、クッキー、ゼリー（菓子パン類は除外）
嗜好飲料（酒類）	ビール、ワイン、日本酒、焼酎
嗜好飲料（炭酸飲料）	コーラ、ソーダ
嗜好飲料（その他）	缶コーヒー、ジュース（100%果汁飲料は除外）
インスタント食品	カップ麺、粉末スープ
冷凍食品	コロッケ、餃子、から揚げ（冷凍食品素材は除外）
レトルト食品	カレールー、パスタソース
水産・畜肉加工食品	ちくわ、かまぼこ、ソーセージ、ベーコン
缶・瓶詰食品	ツナ缶、焼き鳥缶、瓶詰なめたけ
調理済みそう菜、弁当	
外食	

の高い数次加工食品（インスタント食品、冷凍食品、レトルト食品など）に分類される。本研究における加工食品分類定義は、消費者庁の加工食品品質表示基準の別表1に含まれる食品から¹⁸⁾、対象者の食事記録に出現した三次加工食品および数次加工食品を抽出して決定した。

6. 推定エネルギー必要量および推定エネルギー必要量摂取比率の算出

対象者の推定エネルギー必要量を算出するため、エクセル栄養君食物摂取頻度調査 FFQg（建帛社）の生活活動調査票を用いて身体活動レベルを把握した。対象者の推定エネルギー必要量は、日本人の食事摂取基準（2015年版）に基づいて決定した。

推定エネルギー必要量摂取比率は、食事記録より算出したエネルギー摂取量と推定エネルギー必要量を用いて、以下の式により算出した。

$$\text{推定エネルギー必要量摂取比率 (\%)} = \frac{\text{エネルギー摂取量 (kcal)}}{\text{推定エネルギー必要量 (kcal)}} \times 100$$

7. 統計処理

各統計手法は、Shapiro-Wilk 検定により解析に使用するデータの正規性を検定した上で決定した。SPSS (17.0J for Windows)（日本アイ・ビー・エム株式会社）を用いて統計解析を行い、有意水準は5%（両側検定）とした。

リンの多い摂取量に関与する食品を明らかにするため、UC-P 値、エネルギー摂取量、エネルギー当たりの UC-P 値（UC-P/1,000 kcal）およびたんぱく質当たりの UC-P 値（UC-P/UC-Pro 値）と、食事記録を用いて算出した18群別食品群別摂取量および加工食品摂取割合との関連を Spearman の順位相関係数を算出した。また、UC-P 値、エネルギー摂取量、UC-P/1,000 kcal および UC-P/UC-Pro 値を従属変数とし、18群別食品群別摂取量を独立変数とした場合と、加工食品摂取割合を独立変数とした場合のそれぞれにおいて、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。なお、18群別食品群別摂取量および加工食品摂取割合については、エネルギー補正を行っていない値を用いて解析した。

8. 倫理的配慮

本研究は静岡県立大学倫理審査委員会に研究計画書を提出し、承認を得て行った（受付番号23-6）。調査開始前に研究の意義や目的、研究方法、個人情報保護などについて十分に説明した後、本人の自由意思により同意を得られた者を対象とした。データを匿名化して解析に用いた。

Ⅲ. 結 果

1. 対象者の身体所見および血液生化学検査値

対象者は、年齢 22.1 ± 1.5 （平均値 $\pm$ 標準偏差）歳、体脂肪率 $21.8 \pm 5.6\%$ 、BMI $21.1 \pm 2.6 \text{ kg/m}^2$ であり、糖代謝、脂質代謝および肝機能、腎機能の指標はいずれも正常範囲内を示した。対象者所見の詳細は、我々の先行研究にて報告している¹⁵⁾。

2. 対象者の食事摂取量

食事記録より算出した対象者の摂取エネルギーは、 $1,984 \pm 699 \text{ kcal/day}$ であり、推定エネルギー必要量摂取比率は $94.7 \pm 29.3\%$ であった。リン摂取量推定式より算出した UC-P 値は $951 \pm 179 \text{ mg/day}$ であり、最小値 564 mg/day 、最大値 $1,445 \text{ mg/day}$ であった。UC-P 値が日本人の食事摂取基準（2015年版）の目安量以上である割合は 70.8% であった。推定エネルギー必要量摂取比率 100% とした場合（推定エネルギー必要量相当量）の UC-P 値は $1,099 \pm 402 \text{ mg/day}$ であり、最小値 380 mg/day 、最大値 $2,461 \text{ mg/day}$ であった。Maroni の式より

算出した UC-Pro 値は、 $56.6 \pm 15.8 \text{ g/day}$ であった（表2）。

3. リン摂取量と18群別食品群別摂取量との関連性

UC-P 値、UC-P/1,000 kcal および UC-P/UC-Pro 値と関連する食品群について検討するため、Spearman の順位相関係数を算出した。UC-P 値は、穀類、いも類、肉類、卵類、乳類および嗜好飲料類の摂取量と有意な正の相関を示し、魚介類の摂取量と有意な負の相関を示した。食事記録より算出したエネルギー摂取量は、穀類、いも類、砂糖・甘味料類、肉類、卵類、乳類、油脂類、菓子類（18群）および嗜好飲料類の摂取量と有意な正相関を示し、魚介類の摂取量と有意な負の相関を示した。UC-P/1,000 kcal は、穀類、いも類、砂糖・甘味料類、卵類、油脂類および菓子類（18群）の摂取量と有意な負の相関を示した。UC-P/UC-Pro 値は、卵類の摂取量と有意な負の相関を示した（表3）。

UC-P 値、UC-P/1,000 kcal および UC-P/UC-Pro 値を個々に従属変数とし、18群別食品群別摂取量を独立変数として重回帰分析を行った。UC-P 値に寄与する因子

表2 推定される栄養素の摂取量および食品群別摂取量

		平均値 $\pm$ 標準偏差	最小値	最大値	95%信頼区間
エネルギー摂取量 [†]	(kcal/day)	$1,984 \pm 699$	497	3,696	$1,844 \sim 2,124$
推定エネルギー必要量 [‡]	(kcal/day)	$2,103 \pm 450$	1,650	3,050	$2,012 \sim 2,194$
UC-P [§]	(mg/day)	951 ± 179	564	1,445	$915 \sim 987$
UC-P [§] （推定エネルギー必要量相当量）	(mg/day)	$1,099 \pm 402$	380	2,461	$1,019 \sim 1,179$
UC-Pro [§]	(g/day)	56.6 ± 15.8	22.4	115.7	$53.4 \sim 59.8$
UC-P/UC-Pro [§]	(mg/g)	17.7 ± 4.5	8.7	37.7	$16.8 \sim 18.6$
穀類 [†]	(g/day)	461 ± 250	0	1,896	$410 \sim 512$
いも類 [†]	(g/day)	27 ± 46	0	213	$17 \sim 36$
砂糖・甘味料類 [†]	(g/day)	11 ± 10	0	40	$9 \sim 13$
種実類 [†]	(g/day)	3 ± 8	0	75	$1 \sim 5$
緑黄色野菜 [†]	(g/day)	126 ± 127	0	637	$100 \sim 152$
その他の野菜 [†]	(g/day)	169 ± 119	10	702	$145 \sim 193$
果実類 [†]	(g/day)	70 ± 91	0	367	$52 \sim 89$
きのこ類 [†]	(g/day)	17 ± 25	0	100	$12 \sim 22$
海藻類 [†]	(g/day)	3 ± 8	0	70	$1 \sim 4$
豆類 [†]	(g/day)	45 ± 68	0	280	$32 \sim 59$
魚介類 [†]	(g/day)	53 ± 65	0	304	$40 \sim 66$
肉類 [†]	(g/day)	82 ± 80	0	327	$66 \sim 98$
卵類 [†]	(g/day)	37 ± 35	0	136	$30 \sim 44$
乳類 [†]	(g/day)	169 ± 174	0	799	$133 \sim 204$
油脂類 [†]	(g/day)	12 ± 12	0	82	$9 \sim 14$
菓子類 [†]	(g/day)	34 ± 49	0	345	$24 \sim 44$
嗜好飲料類 [†]	(g/day)	701 ± 456	0	1,753	$608 \sim 793$
調味料・香辛料 [†]	(g/day)	44 ± 25	3	162	$39 \sim 49$

UC-P、推定リン摂取量；UC-Pro、推定たんぱく質摂取量

[†] エネルギー摂取量および食品群別摂取量は食事記録より算出した。

[‡] 推定エネルギー必要量は日本人の食事摂取基準（2015年版）における参考表の値を用いた。

[§] UC-P および UC-Pro は24時間蓄尿サンプルの尿中排泄量より算出式を用いて算出した。

表3 リン摂取量と18群別食品群の関連性

18群別食品群	UC-P [†]		エネルギー摂取量 [‡]		UC-P/1,000 kcal [†]		UC-P/UC-Pro [‡]	
	$r^§$	p 値	$r^§$	p 値	$r^§$	p 値	$r^§$	p 値
1 穀類	0.26	0.01	0.61	<0.01	-0.54	<0.01	-0.12	0.26
2 いも類	0.23	0.02	0.63	<0.01	-0.57	<0.01	-0.10	0.33
3 砂糖・甘味料類	0.05	0.60	0.23	0.03	-0.24	0.02	-0.08	0.45
4 種実類	0.06	0.57	0.17	0.09	-0.13	0.22	0.02	0.88
5 緑黄色野菜	-0.01	0.91	0.17	0.10	-0.19	0.07	-0.08	0.46
6 その他の野菜	-0.10	0.34	-0.04	0.67	-0.02	0.87	-0.03	0.79
7 果実類	0.07	0.50	0.14	0.19	-0.07	0.47	-0.07	0.47
8 きのこと類	-0.18	0.08	-0.10	0.34	0.02	0.86	0.10	0.33
9 海藻類	0.01	0.89	0.04	0.68	-0.04	0.67	-0.20	0.05
10 豆類	0.00	0.96	-0.04	0.69	0.03	0.76	-0.17	0.09
11 魚介類	-0.25	0.01	-0.23	0.02	0.16	0.13	-0.03	0.78
12 肉類	0.25	0.02	0.27	0.01	-0.16	0.13	-0.16	0.12
13 卵類	0.27	0.01	0.67	<0.01	-0.56	<0.01	-0.22	0.03
14 乳類	0.32	<0.01	0.25	0.01	-0.10	0.33	-0.12	0.25
15 油脂類	0.10	0.33	0.30	<0.01	-0.27	0.01	-0.06	0.56
16 菓子類	0.19	0.06	0.42	<0.01	-0.32	<0.01	-0.04	0.69
17 嗜好飲料類	0.21	0.04	0.23	0.02	-0.13	0.20	-0.02	0.85
18 調味料・香辛料	0.10	0.33	0.12	0.26	-0.11	0.30	0.04	0.72

UC-P, 推定リン摂取量; UC-Pro, 推定たんぱく質摂取量

[†] UC-P および UC-Pro は24時間蓄尿サンプルの尿中排泄量より算出式を用いて算出した。[‡] エネルギー摂取量は食事記録より算出した。[§] r はスピアマンの順位相関係数を示す。

表4 リン摂取量に影響を及ぼす18群別食品群の評価

独立変数 [†]	β	p 値	偏相関係数	調整済み R ²
UC-P [‡]				
肉類	0.361	0.000	0.391	0.267
乳類	0.219	0.019	0.243	
嗜好飲料類	0.207	0.025	0.232	
魚介類	-0.190	0.038	-0.216	
UC-P/1,000 kcal [‡]				
いも類	-0.471	0.000	-0.535	0.449
卵類	-0.401	0.000	-0.472	
緑黄色野菜	-0.188	0.016	-0.248	
UC-P/UC-Pro [‡]				
卵類	-0.272	0.007	-0.274	0.084
緑黄色野菜	-0.205	0.041	-0.210	

UC-P, 推定リン摂取量; UC-Pro, 推定たんぱく質摂取量

[†] 重回帰分析 (ステップワイズ法) により選択された変数のみを示す。[‡] UC-P および UC-Pro は24時間蓄尿サンプルの尿中排泄量より算出式を用いて算出した。

として、肉類、乳類、嗜好飲料類および魚介類の摂取量が選択され、標準偏回帰係数 (β) はそれぞれ0.361, 0.219, 0.207, -0.190を示した。調整済み R^2 は0.267であった。UC-P/1,000 kcal に寄与する因子として、いも類、卵類および緑黄色野菜類の摂取量が選択され、 β

はそれぞれ-0.471, -0.401, -0.188を示した。調整済み R^2 は0.449であった。UC-P/UC-Pro 値に寄与する因子として、卵類および緑黄色野菜類の摂取量が選択され、 β はそれぞれ-0.272, -0.205を示した。調整済み R^2 は0.084であった (表4)。また、男女別に解析を行ったと

表5 リン摂取量と加工食品群の関連性

加工食品群	UC-P [†]		エネルギー摂取量 [‡]		UC-P/1,000 kcal [†]		UC-P/UC-Pro [†]	
	r [§]	p 値	r [§]	p 値	r [§]	p 値	r [§]	p 値
1 乳類加工品	0.02	0.83	0.20	0.05	-0.19	0.06	0.04	0.69
2 菓子類（加工食品）	0.23	0.02	0.16	0.13	-0.04	0.67	0.12	0.24
3 嗜好飲料（酒類）	0.13	0.21	0.29	<0.01	-0.24	0.02	0.01	0.90
4 嗜好飲料（炭酸飲料）	0.24	0.02	0.22	0.03	-0.16	0.12	-0.02	0.88
5 嗜好飲料（その他）	-0.01	0.93	0.11	0.31	-0.17	0.11	-0.01	0.95
6 インスタント食品	-0.06	0.59	-0.22	0.03	0.22	0.03	-0.10	0.35
7 冷凍食品	0.11	0.27	0.13	0.20	-0.08	0.47	-0.09	0.41
8 レトルト食品	0.06	0.55	0.08	0.45	-0.03	0.76	0.08	0.44
9 水産・畜肉加工食品	0.12	0.23	0.16	0.13	-0.13	0.22	0.07	0.51
10 缶・瓶詰食品	0.13	0.22	0.19	0.06	-0.16	0.11	-0.04	0.73
11 調理済みそう菜、弁当	0.21	0.04	0.21	0.04	-0.11	0.27	0.00	0.98
12 外食	-0.02	0.82	-0.14	0.22	-0.14	0.18	-0.14	0.16

UC-P, 推定リン摂取量；UC-Pro, 推定たんぱく質摂取量

[†] UC-P および UC-Pro は24時間蓄尿サンプルの尿中排泄量より算出式を用いて算出した。

[‡] エネルギー摂取量は食事記録より算出した。

[§] r はスピアマンの順位相関係数を示す。

ころ、男性において、UC-P 値に寄与する因子として、肉類、乳類および緑黄色野菜の摂取量が選択され、 β はそれぞれ0.394, 0.341, -0.293を示し、調整済み R^2 は0.310であった。UC-P/1,000 kcal に寄与する因子として、調味料・香辛料、果実類、穀類および緑黄色野菜類の摂取量が選択され、 β はそれぞれ0.552, 0.303, -0.872, -0.264を示し、調整済み R^2 は0.427であった。男性において、UC-P/UC-Pro 値に寄与する因子は見られなかった。女性において、UC-P/1,000 kcal に寄与する因子として、果実類、卵類、いも類および肉類の摂取量が選択され、 β はそれぞれ0.387, -0.518, -0.491, -0.242を示し、調整済み R^2 は0.584であった。UC-P/UC-Pro 値に寄与する因子として、その他の野菜類の摂取量が選択され、 β は-0.278を示し、調整済み R^2 は0.060であった。女性において、UC-P 値に寄与する因子は見られなかった。

4. リン摂取量と加工食品摂取割合との関連性

UC-P 値、UC-P/1,000 kcal および UC-P/UC-Pro 値と関連する加工食品について検討するため、Spearman の順位相関係数を算出した。UC-P 値は菓子類（加工食品）、嗜好飲料（炭酸飲料）、調理済みそう菜、弁当の摂取割合と有意な正の相関を示した。エネルギー摂取量は、乳類加工品、嗜好飲料（酒）、嗜好飲料（炭酸）、調理済みそう菜、弁当の摂取割合と有意な正の相関を示し、インスタント食品の摂取割合と有意な負の相関を示した。UC-P/1,000 kcal は、インスタント食品の摂取割合と有意な正の相関を示し、嗜好飲料（酒）の摂取割合と有意な負の相関を示した。UC-P/UC-Pro 値と有意な関

連が見られた加工食品はなかった（表5）。

UC-P 値および UC-P/1,000 kcal および UC-P/UC-Pro 値を個々に従属変数とし、表1に示した12個の加工食品摂取割合を独立変数として重回帰分析を行った。UC-P 値に寄与する因子として、菓子類（加工食品）が選択され、 β は0.273を示した。調整済み R^2 は0.065であった。UC-P/1,000 kcal に寄与する因子として、嗜好飲料類（酒）が選択され、 β は-0.206を示した。調整済み R^2 は0.032であった。UC-P/UC-Pro 値に寄与する因子は見られなかった。男女別に解析を行ったところ、男性において UC-P 値に寄与する因子として、菓子類（加工食品）、嗜好飲料類（その他）および外食が選択され、 β はそれぞれ0.403, -0.523, -0.309を示し、調整済み R^2 は0.345であった。UC-P/UC-Pro 値に寄与する因子として、レトルト食品が選択され、 β は0.322を示し、調整済み R^2 は0.081であった。男性において、UC-P/1,000 kcal に寄与する因子は見られなかった。女性において、UC-P/1,000 kcal に寄与する因子として、インスタント食品および嗜好飲料類（酒）の摂取量が選択され、 β はそれぞれ0.462, -0.241を示し、調整済み R^2 は0.265であった。女性において、UC-P 値および UC-P/UC-Pro 値に寄与する因子は見られなかった。

IV. 考 察

本研究の対象者におけるリンの推定摂取量は、平均値が 951 ± 179 mg/day であり、最小値が 564 mg/day、最大値が 1,445 mg/day であった。平成26年に行われた国

民健康・栄養調査によると、日本人における1日当たりのリン摂取量は、20から29歳の男女において平均値が914 mg/day であり¹⁹⁾、本研究の対象者におけるリン摂取量は、国民健康・栄養調査結果と同程度であった。しかし、国民健康・栄養調査におけるリン摂取量には、食品添加物由来のリンが考慮されていない。厚生労働省が行った、平成25年度マーケットバスケット方式による酸化防止剤、防かび剤等の摂取量調査結果によると、結着剤として使用されるリン酸化合物の摂取量は20歳以上で265.6 mg/人/日であり²⁰⁾、日本人の食事摂取基準（2015年版）における18歳以上の男女における摂取目安量の約3分の1～4分の1に相当する²¹⁾。また、調査対象が結着剤由来のリン酸化合物のみであるため、他のリン酸化合物からの摂取を考慮すると、日本人のリン酸化合物総摂取量はさらに高値を示すと示唆される。本研究における推定リン摂取量は食品添加物由来のリン摂取量も含まれており、その結果が国民健康・栄養調査の結果と同程度であった理由として、本研究は食品や栄養を学ぶ学生を対象に行ったため、食事や健康に対する意識が高い集団であった可能性が考えられる。日本人の食事摂取基準（2015年版）によると、1日当たりのリン摂取目安量は、18から29歳の男性が1,000 mg/day、女性が800 mg/day であり²¹⁾、本研究の平均値と同程度であったが、対象者の最大リン摂取量は1,445 mg/day であり、摂取目安量を超えていた。仮に、エネルギー摂取量が食事摂取基準の推定エネルギー必要量と同一とした場合におけるリン摂取量を算出したところ、 $1,099 \pm 402$ mg/day となり、男女双方のリン摂取目安量を超えていた。つまり、現在のリン摂取量は目安量以内である対象者においても、推定エネルギー必要量以下である者の場合、推定エネルギー必要量と同量を摂取すると、ある一定の栄養状態を維持するのに十分なリン摂取量を上回る可能性が考えられた。

リンの多い摂取量に寄与する食品を明らかにするため、食事記録を用いて算出した18群別食品群別摂取量と、リン摂取量、エネルギー摂取量、UC-P/1,000 kcal および UC-P/UC-Pro 値との関連について相関分析を行った。エネルギー摂取量と正の関連を示し、UC-P/1,000 kcal と負の関連を示す食品は、リン密度が低く、エネルギー摂取量の増加にリン摂取量の増加を伴わない食品であることを意味しており、砂糖・甘味料類、油脂類、菓子類が該当した。これらは、エネルギーを充足させつつリン摂取量を抑えた食事が推奨される腎疾患患者に適した食品であることが示唆される。リン摂取量およびエネルギー摂取量と正の関連を示し、UC-P/1,000 kcal と負

の関連を示す食品は、比較的リン密度の低い食品であるが、エネルギー摂取量が過剰になると、リン摂取量も多くなることを意味し、穀類、いも類および卵類が該当した。また、重回帰分析において、UC-P/1,000 kcal を少なくさせる変数として選択された食品は、いも類、卵類および緑黄色野菜類であった。以上より、穀類、いも類、卵類および緑黄色野菜類は、エネルギー摂取量が適正範囲内であれば、食事からのリンの少ない摂取に効果的な食品であることが示唆された。相関分析において、リン摂取量およびエネルギー摂取量の両方と正の相関を示す食品は、エネルギー摂取量の増加に伴いリン摂取量を増加させることを示し、肉類、乳類および嗜好飲料類が該当した。これらは、重回帰分析においてもリンの多い摂取量に寄与する変数として選択された。中でも嗜好飲料類は、たんぱく質など他の栄養素をほとんど含まず、食品中に含まれるリンはほぼ食品添加物由来である。以上より、これらの食品は過剰摂取とならないように注意すべき食品であることが示された。一方、相関分析および重回帰分析においてリン摂取量と負の関連を示した食品として魚介類が該当した。このことから、リン摂取量が少ない者が多い者に比して魚介類をより多く摂取していたと考えられる。また、重回帰分析において UC-P/UC-Pro 値と負の関連を示した食品（UC-P/UC-Pro 値を少なくさせる食品）として卵類および緑黄色野菜類が該当した。これらの食品は、リン摂取量またはリン／たんぱく質比の低い食事をする上で有用であることが示唆された。リン／たんぱく質比は、リン摂取量を評価する指標の一つであり、自然界の食品では平均値が15となり²²⁾、高値であるほどたんぱく質量当たりのリン量が多いことを示す。この指標は、食品中のたんぱく質含有量やサービングサイズが異なる食品同士を比較できることや、CKD 患者の食事管理において重要な、リンとたんぱく質の両方に注目することができること等の利点がある。卵類は個数単位で摂取することが多く、1食当たりの摂取量が過剰になりにくいいため、肉類を中心とした食事よりもリンの過剰摂取を招きにくい食品である可能性が考えられた。また、緑黄色野菜のリン／たんぱく質比は15より高値を示すものが多いが、野菜に含まれるたんぱく質が少ないことや、植物性たんぱく質由来のリンは、動物性たんぱく質由来のリンと比較して吸収率が低いことから⁶⁾、野菜類が総リン摂取量へ及ぼす影響は大きくないと考えられる。以上の結果より、リン密度を低く保ち、リンの過剰摂取を防ぐには、肉類や乳類、嗜好飲料類などの過剰摂取に注意することが有効であると示唆された。

加工食品には、保存性や嗜好性を高めるために多くの食品添加物が使用されている。食品添加物の中にはリン化合物を含むものが多数あり、「隠れたリン供給源」と考えられている^{7, 23, 24)}。加工食品の摂取量増大はリン摂取量を増加させ²⁴⁾、血清リン濃度も上昇させる可能性がある²⁵⁾。そこで、リンの多い摂取量に寄与する加工食品を明らかにするため、食事記録から算出した総食事重量に対する加工食品摂取量の割合と、リン摂取量およびエネルギー摂取量との関連について分析を行った。その結果、インスタント食品の摂取割合は、エネルギー摂取量と有意な負の相関を示し、UC-P/1,000 kcalと有意な正の相関を示した。このことから、インスタント食品の多い摂取量はリンの多い摂取量に繋がるため、摂取量に注意しなければならない食品であると考えられる。嗜好飲料（炭酸）と調理済みそう菜、弁当は、リン摂取量およびエネルギー摂取量と有意な正の相関を示した。日本食品標準成分表2015年版（七訂）によると、コーラ 100 gあたりのリン含有量は 11 mg であり²⁶⁾、日本人が通常摂取する量でリンの過剰摂取になる可能性は低いが、海外の研究においてコーラなどの嗜好飲料が高リン摂取の原因食品として挙げられている^{7, 27)}。本研究結果からも、炭酸嗜好飲料はエネルギーの多い摂取量に伴ってリンの多い摂取量を示したため、摂取量が過剰にならないように留意しなければならないと考えられる。菓子類（加工食品）の摂取割合は、リン摂取量と有意な正の相関があり、重回帰分析においてもリンの多い摂取量に関連する変数として選択された。これは市販の菓子類もリンの供給源となる可能性を示しており、小児を対象とした食事記録の解析においても、リンの供給源としてたんぱく源である主菜のみならず、菓子類も注意すべきであると報告されている²⁸⁾。食品添加物由来のリンは、単独で CVD リスク因子である頸動脈内膜中膜肥厚の増大と関連があると報告されているが⁹⁾、本研究結果より、加工食品の中でも特にインスタント食品、菓子類、嗜好飲料（炭酸）および調理済みそう菜、弁当の摂取量がリンの多い摂取量をもたらすことが示唆された。

加工食品には食品添加物として多くの無機リンが使われているが、食品中のリン含有量の表示義務がないことや¹⁴⁾、表示されていたとしても実際の含有量とズレが生じている可能性があるため^{29, 30)}、正確にリン摂取量を把握できないことが問題となっている。消費者がリンの過剰摂取を防ぐために、リン含有量の少ない製品を選択することが出来るよう、食品の栄養成分表示にリンの記載を義務化することが必要であると考えられる。

本研究の限界点として、対象者が食品や栄養を学ぶ学

生に限定されていたこと、サンプルサイズが32名と少なかったことから、結果が一般化されるか不明な点が挙げられる。また、食事記録および24時間蓄尿を行った調査日の食事が普段と異なっていた可能性もあり、真の日常的なリン摂取状況を反映していない可能性もある。今後は、対象者の幅を広げ、さらに対象者を増やした検討が必要であると考えられる。

V. 結 論

本研究により健康な若年者において、リンを目安量以上に摂取している者が多数存在することが明らかになった。また、高リン摂取を防ぐためには、肉類・乳類および嗜好飲料類を適量範囲内で摂取する食事が望ましいと示唆された。また加工食品の中では、特にインスタント食品、菓子類、嗜好飲料（炭酸）および調理済みそう菜、弁当の摂取はリンの多い摂取量につながる事が示唆された。現在日本ではリンの栄養成分表示義務がないため、消費者が食品中のリン含有量を知ることは困難である。現代社会において加工食品を完全に排除した食生活を送ることは不可能に近いが、食品の栄養成分表示にリンの記載を義務化することで、リン過剰摂取の抑制に繋がると示唆される。

謝 辞

本研究は「やずや食と健康研究所」の研究助成を得て行った。

本研究に対象者としてご協力いただきました皆様に御礼申し上げますと共に、本研究を推進するに当たりデータの収集および解析に多大なるご尽力を賜りました静岡県立大学食品栄養科学部の森本優香さん、鈴木秋津さん、松下亜沙実さん、西野夏奈帆さん、静岡県立大学看護学部の石川真助教に深謝申し上げます。

利益相反

利益相反に相当する事項はない。

文 献

- 1) Ruan, L., Chen, W., Srinivasan, S.R., et al.: Relation of serum phosphorus levels to carotid intima-media thickness in asymptomatic young adults (from the Bogalusa Heart Study), *Am. J. Cardiol.*, **106**, 793–797 (2010)
- 2) Kestenbaum, B., Sampson, J.N., Rudser, K.D., et al.: Serum phosphate levels and mortality risk among people with chronic kidney disease, *J. Am. Soc. Nephrol.*, **16**, 520–528 (2005)

- 3) Kanbay, M., Goldsmith, D., Akcay, A., et al.: Phosphate - the silent stealthy cardiorenal culprit in all stages of chronic kidney disease: a systematic review, *Blood Purif.*, **27**, 220–230 (2009)
- 4) 農林水産省：平成25年度食糧需給表, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001131797> (2016年11月1日)
- 5) Takeda, E., Sakamoto, K., Yokota, K., et al.: Phosphorus supply per capita from food in Japan between 1960 and 1995, *J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)*, **48**, 102–108 (2002)
- 6) Moe, S.M., Zidehsarai, M.P., Chambers, M.A., et al.: Vegetarian compared with meat dietary protein source and phosphorus homeostasis in chronic kidney disease, *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.*, **6**, 257–264 (2011)
- 7) Winger, R.J., Uribarri, J., Lloyd, L.: Phosphorus-containing food additives: An insidious danger for people with chronic kidney disease, *Trends. Food. Sci. Tech.*, **24**, 92–102 (2012)
- 8) Karp, H.J., Vaihia, K.P., Kärkkäinen, M.U., et al.: Acute effects of different phosphorus sources on calcium and bone metabolism in young women: a whole-foods approach, *Calcif. Tissue Int.*, **80**, 251–258 (2007)
- 9) Itkonen, S.T., Karp, H.J., Kemi, V.E., et al.: Associations among total and food additive phosphorus intake and carotid intima-media thickness—a cross-sectional study in a middle-aged population in Southern Finland, *Nutr. J.*, **12**, 94 (2013)
- 10) Sullivan, C., Sayre, S.S., Leon, J.B., et al.: Effect of food additives on hyperphosphatemia among patients with end-stage renal disease: a randomized controlled trial, *JAMA*, **301**, 629–635 (2009)
- 11) Cupisti, A., D'Alessandro, C., Baldi, R., et al.: Dietary habits and counseling focused on phosphate intake in hemodialysis patients with hyperphosphatemia, *J. Ren. Nutr.*, **14**, 220–225 (2004)
- 12) 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.*, **7**, 911–917 (2004)
- 13) Bokhof, B., Günther, A.L., Berg-Beckhoff, G., et al.: Validation of protein intake assessed from weighed dietary records against protein estimated from 24 h urine samples in children, adolescents and young adults participating in the Dortmund Nutritional and Longitudinally Designed (DONALD) Study, *Public. Health Nutr.*, **13**, 826–834 (2010)
- 14) 消費者庁：食品表示基準, http://www.caa.go.jp/foods/pdf/150320_kijyun.pdf (2017年1月18日)
- 15) Morimoto, Y., Sakuma, M., Ohta, H., et al.: Estimate of dietary phosphorus intake using 24-h urine collection, *J. Clin. Biochem. Nutr.*, **55**, 62–66 (2014)
- 16) Sakuma, M., Morimoto, Y., Suzuki, Y., et al.: Availability of 24-h urine collection method on dietary phosphorus intake estimation, *J. Clin. Biochem. Nutr.*, **60**, 125–129 (2017).
- 17) Maroni, B.J., Steinman, T.I., Mitch, W.E.: A method for estimating nitrogen intake of patients with chronic renal failure, *Kidney. Int.*, **27**, 58–65 (1985)
- 18) 消費者庁：加工食品品質表示基準, http://www.caa.go.jp/foods/pdf/kijun_02_120611.pdf (2017年1月18日)
- 19) 厚生労働省：平成26年国民健康・栄養調査報告, <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h26-houkoku.pdf> (2016年11月1日)
- 20) 厚生労働省：平成25年度マーケットバスケット方式による酸化防止剤、防かび剤等の摂取量調査の結果について, http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzendu/0000052442_1.pdf (2016年11月1日)
- 21) 菱田 昭, 佐々木敏監修：日本人の食事摂取基準 (2015年版), p. 285 (2014) 第一出版, 東京
- 22) Boaz, M., Smetana, S.: Regression equation predicts dietary phosphorus intake from estimate of dietary protein intake, *J. Am. Diet. Assoc.*, **96**, 1268–1270 (1996)
- 23) Uribarri, J., Calvo, M.S.: Hidden Sources of Phosphorus in the Typical American Diet: Does it Matter in Nephrology?, *Semin. Dial.*, **16**, 186–188 (2003)
- 24) Bell, R.R., Draper, H.H., Tzeng, D.Y., et al.: Physiological responses of human adults to foods containing phosphate additives, *J. Nutr.*, **107**, 42–50 (1977)
- 25) Gutiérrez, O.M., Anderson, C., Isakova, T., et al.: CRIC Study Group.: Low socioeconomic status associates with higher serum phosphate irrespective of race, *J. Am. Soc. Nephrol.*, **21**, 1953–1960 (2010)
- 26) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編：日本食品標準成分表2015年版 (七訂), (2015) 全国官報販売協同組合, 東京
- 27) Karalis, M., Murphy-Gutekunst, L.: Patient education. Enhanced foods: hidden phosphorus and sodium in foods commonly eaten, *J. Ren. Nutr.*, **16**, 79–81 (2006)
- 28) Ahlenstiel, T., Pape, L., Ehrich, J.H., et al.: Self-adjustment of phosphate binder dose to meal phosphorus content improves management of hyperphosphatemia in children with chronic kidney disease, *Nephrol. Dial. Transplant.*, **25**, 3241–3249 (2010)
- 29) Sullivan, C.M., Leon, J.B., Sehgal, A.R.: Phosphorus-containing food additives and the accuracy of nutrient databases: implications for renal patients, *J. Ren. Nutr.*, **17**, 350–354 (2007)
- 30) Benini, O., D'Alessandro, C., Gianfaldoni, D., et al.: Extra-phosphate load from food additives in commonly eaten foods: A real and insidious danger for renal patients, *J. Ren. Nutr.*, **21**, 303–308 (2011)

(受付：平成28年11月28日, 受理：平成29年8月17日)

Assessment of Dietary Phosphorus Intake Using 24-hour Urine Collection and Effects of Dietary Pattern on Phosphorus Intake in Young Adults

Masae Sakuma^{*1,*2}, Hiroyuki Ohta^{*1} and Hidekazu Arai^{*1}

^{*1}Laboratory of Clinical Nutrition and Management, Graduate School of Nutritional and Environmental Sciences, University of Shizuoka

^{*2}Department of Human Nutrition, School of Life Studies, Sugiyama Jogakuen University

ABSTRACT

Objective: In Japan, phosphorus intake may be increasing because a westernized diet and processed foods have become more popular among Japanese people. The objective of this research was to assess the daily phosphorus intake in young healthy adults, and to reveal the effects of dietary patterns on phosphorus intake.

Methods: 32 healthy participants (14 males, 18 females) were enrolled. The mean values $\pm$ standard deviation for age was 22.1 ± 1.5 years. Urine samples were collected over 24 hours and dietary intake was weighed and recorded. We estimated dietary phosphorus and protein intake from the 24-hour urine collection. Energy intake, the intake of 18 food groups, and a ratio of processed food intake, were calculated from dietary records, and investigated associations with phosphorus intake.

Results: The mean dietary phosphorus intake was 951 ± 179 mg/day (minimum: 564 mg/day, maximum: 1,445 mg/day). A total of 70.8% of participants consumed more phosphorus than the recommended dietary intake. The food groups contributing high phosphorus levels were meat, dairy and preferred beverages. Processed foods contributing to a high phosphorus intake were instant foods, confectionery, preferred beverages (soda) and ready-made meals.

Conclusions: Our research suggests that meat, dairy and preferred beverages should be consumed within the appropriate range to prevent a high phosphorus intake, and consumers with a high intake of instant foods, confectionery, preference beverages (soda) and ready-made meals should be advised accordingly.

Jpn. J. Nutr. Diet., **75** (5) 131~140 (2017)

Key words: serum phosphorus level, 24-h urine collection, dietary phosphorus intake, processed food