静岡県立大学
短期大学部
研究紀要第10号
1996年度

食生活及び健康状態の観察方法としての尿成分分析

―尿中N･Ca･K排出量に対する摂取タンパク量及び運動の影響―

亀山(松岡)良子・白木まさ子・窪田隆裕*

静岡県立大学短期大学部
＊大阪医科大学第二生理学教室

Usefulness of Urine Analysis for the Control of Diet and Health

Effects of Protein Intake or Exercise on Urinary Excretion of Urea Nitrogen,Calcium and Potassium

KAMEYAMA(MATSUOKA), Yoshiko
SHIRAKI, Masako
KUBOTA, Takahiro

Ⅰ　はじめに

ヒトの健康観というのは各個人のおかれている環境の違い，生活習慣の違いにより一様ではない．しかし，ヒトの健康状態をより的確に把握するためには，具体的な指標を設定することが必要であると考える．そのような指標を得る手がかりとして尿は最も身近で，苦痛を伴わず最も容易に採取できる生体試料である．また，各物質の尿中排泄量は，体内での種々の代謝を反映しているため，ヒトの健康状態を検討するための有効な試料であると思われる．それ故に古代より病気の診断の材料として使用されており，７世紀頃には，既に尿検査法がより組織的かつ精密なものになるなど，尿は早い時期からかなりの関心を持たれてきたようである[1)]．

近年，栄養学的な研究としての尿分析については，タンパク質摂取レベルと尿中 Ca 排泄量の関係[2～4)]や，食事と尿中カテコールアミン，あるいは尿中 Na・K・Mg 等電解質との関連などについて多くの知見が得られている[5～7)]．しかし，生活習慣と尿中物質との関係について報告されたものは数少ない．

本研究は，健康な大学生を対象とし，異なる生活習慣（特に運動の有無，食事内容）の下で尿を採取し，生活習慣と尿中物質の量（分析値）の関係を探ることを目的とする．手はじめに今回は，摂取タンパク量の高・低と運動の有・無が尿中物質の排泄量にどのように影響を及ぼすかについて検討を試みた．

Ⅱ　実験方法

１．対象者

健康な本学学生（バスケットボール部員）５名を被験者とした．被験者の身体的特性を表１に示す．

2．時　期

1995年10月・11月.

3．実験計画

1)食事条件

実験期間中に被験者に供する食事について，エネルギー量及びタンパク質量の調整を行った．エネルギー量は被験者が18～19歳であること，隔日に運動（部活動）を行っていることを考慮し，19歳女子，生活活動強度Ⅱのエネルギー所要量[8]に準じ，2050kcalとした.

表１　被験者の身体的特性

被験者	年齢 (yr)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI[a]
1	19	152.5	47	20
2	19	149.2	42	19
3	19	162.1	51	19
4	18	156.5	58	24
5	18	163.5	55	21

a)BMI＝体重(kg)／(身長(m))^2

タンパク質量は，高タンパク質 90g/day，普通タンパク質60g/day，低タンパク質 30g/day の３区分とした．３区分とも植物性タンパク質量は 24g/day とし，残りを動物性タンパク質量で調整した．植物性タンパク質量の 24g/day は，基準となる普通タンパク質量60g の動物性タンパク質と植物性タンパク質の摂取比率を６対４とし，その比率から算出した.

食事は１日３食と間食を含み，７日間を一周期とするサイクルメニューを作成し，被験者に食事に対するストレスがかからないように配慮した．表２に実験期間中に用いた献立例を示す.

表２　実験食の一例

	献立名	食品名	使用量（g） 普通タンパク質	高タンパク質	低タンパク質
朝食	パン	ロールパン	30		60
		フランスパン	20		-
		マーマレード	15	10	15
		マーガリン	4		15
	オムレツの挽肉ソースかけ	卵	60		-
		にら	10		-
		植物油	3		-
		牛ひき肉	15	30	-
		生しいたけ	10		-
		植物油	3		-
		トマトケチャップ	15		-
		ウスターソース	8		-
		酒	5		-
		レタス	15		-
	キャベツと人参のサラダ	キャベツ	40		-
		にんじん	10		-
		ﾄﾞﾚｯｼﾝｸﾞ(乳化型)	15		-
	野菜とじゃがいもの重ね煮	じゃがいも	-		100
		たまねぎ	-		30
		トマト	-		100
		ベーコン	-		15
		バター	-		10

表２のつづき

	献立名	食品名	使用量（g） 普通タンパク質	高タンパク質	低タンパク質
昼食	カレーライス	精白米	70		
		牛もも肉	35	105	-
		牛ひき肉	-		11
		じゃがいも	50		
		たまねぎ	50		
		にんじん	15		
		植物油	9		
		カレールウ	25		
		ワイン	5		
		はちみつ	-		7
	いかとセロリの和え物	いか	20	60	-
		セロリ	20		-
		チンゲン菜	40		-
		赤ピーマン	10		-
		植物油	4		-
		ごま油	2		-
		しょうゆ	3.5		-
		みりん	5	-	-
	コーヒー	コーヒー	180		-
		グラニュー糖	6	-	-
		コーヒー用クリーム	5		-
夕食		精白米	65		60
	鶏肉の唐揚げ	鶏もも肉	90	120	-
		小麦粉	9		-
		植物油	9	12	-
	にんじんのグラッセ	にんじん	40		-
		砂糖	3		-
		マーガリン	2		-
		ブロッコリー	30		-
		プチトマト	10		-
		ﾄﾞﾚｯｼﾝｸﾞ(乳化型)	10		-
	コンソメスープ	コンソメ	2		-
		ミックスベジタブル	15		-
	黄金煮(大学いも)	さつまいも	-		60
		植物油	-		6
		粉あめ	-		25
	野菜	ブロッコリー	-		50
		マヨネーズ	-		10
	人参とベーコンのソテー	にんじん	-		25
		ベーコン	-		15
		植物油	-		5
間食	お菓子・飲物	マクトンプチゼリー	3こ	-	-
		ドロップ	3こ	-	2こ
		ぶどうジュース	-		200
		りんごジュース	-		200
1日のタンパク質量			60g/day	90g/day	30g/day

2)運動種目と条件

運動は，バスケットボールとした．バスケットボールは，そのゲームの特質からみて，全身的持久力はもちろん，瞬発性・敏捷性・巧緻性・スピード等の身体的能力が広範に求められるスポーツである．また，可変性・可動性に富むボールを，個人及びチームが支配する技術がゲームの勝敗を左右するために，プレイヤー全員にボールコントロール，ボディーワーク，プレイワーク等の能力が要求されると同時に，エネルギー代謝率の比較的高いスポーツといえよう．いいかえれば，バスケットボールは数あるスポーツ種目の中でも，身体的機能を総合的に刺激し，片寄りなく運動量を稼ぐことに優れたスポーツの一つであるといえる[9)10)]．

運動量の調整は，部活動を毎日2～2.5時間行う期間（運動期）と全く行わない期間（非運動期）の２区分とした．バスケットボールのＲＭＲ（Relative Metabolic Rate）は7.0～8.0/min である[11)]．

3)食事条件・運動条件の組み合わせ

摂取栄養量及び運動量の違いによる影響をみるために，高タンパク質期，低タンパク質期（両期間の運動は隔日とした），普通タンパク質・非運動期，普通タンパク質・運動期の４期に分け，それぞれ連続した５～７日間を実験期間とした．５～７日間という期間については，各実験食を与えたのち，その影響が出始める頃であること，高タンパク質食を与えたときの尿中 Ca 排泄量に及ぼす影響が一番大となる時期であること[2)]からこの日数を設定した．

なお，実験期間中は合宿を行い，食事管理をした．

4)尿の採集と分析

採尿は，住友ベークライト社の24時間尿比例採集器‘ユリンメートＰ’を使用し，各実験期間の最終日の起床後２回目の尿より翌朝起床後１回目までの24時間尿とした．

尿の分析は，外部の分析機関に依頼した．

5)分析値の統計処理

対照群間の尿中Ｎ，Ca，及びＫの平均排泄量の比較にはｔ検定を用い，危険率５％以下を有意差ありとした．

Ⅲ　結果と考察

（１）尿中Ｎ排泄量について

各実験期間の尿中Ｎ排泄量を表３に示す．高タンパク質期と低タンパク質期の尿中Ｎ平均排泄量は 10896mg/day と3687mg/day であり，両者間に有意差（p< 0.01）が認められたが，これは摂取したタンパク質量の差がそのまま反映されていると思われる．普通タンパク質・非運動期と普通タンパク質・運動期の比較では，平均排泄量±標準偏差が非運動期 7260±760mg/day，運動期 5838±1154 mg/day と，運動期に尿中Ｎ排泄量が

表３　尿中Ｎ排泄量

(mg/day)

被験者	期　　間（普通タンパク質）	
	非運動期	運　動　期
1	7257.00	6785.00
2	6264.00	5922.00
3	8170.75	6534.00
4	8034.00	6348.65
5	6574.00	3600.00
平均排泄量±SD	7260±760	5838±1154*

(mg/day)

被験者	期　　間	
	高タンパク質期	低タンパク質期
1	11773.50	3966.00
2	11340.00	2450.50
3	9757.55	3997.50
4	11213.45	4265.00
5	10395.00	3760.00
平均排泄量±SD	10896±723	3687±639**

*p< 0.05　　**p< 0.01

減少しており，有意差（$p<0.05$）がみられた．このことは，村松らの報告[12) 13)]をもとに考えると，今回の実験では，非運動期（安静時）のみならず運動期においても，設定したエネルギー量（2050kcal）が充分であり，タンパク質代謝が効率よく行われたのではないかと推察される．

（２）尿中Ca排泄量について

各実験期間の尿中Ca排泄量を表４に示す．

今回は，事前に摂取 Ca 量の調整を行わなかったが，四訂日本食品標準成分表を用いて[14)]作成した献立表から求めた Ca の平均摂取量は，普通タンパク質・非運動期と普通タンパク質・運動期で389mg/day，高タンパク質期で 434mg/day，低タンパク質期で241mg/day であった．

表４　尿中 Ca 排泄量

(mEg/day)

被験者	期　　間（普通タンパク質）	
	非運動期	運　動　期
1	6.77	8.63
2	6.12	6.90
3	8.70	6.60
4	5.58	7.28
5	7.98	3.36
平均排泄量±SD	7.03±1.16	6.55±1.74
Ca平均摂取量	389mg	
含硫アミノ酸平均摂取量	2478mg	

(mEg/day)

被験者	期　　間	
	高タンパク質期	低タンパク質期
1	8.11	4.73
2	10.13	4.86
3	7.61	4.28
4	8.43	3.70
5	6.02	3.00
平均排泄量±SD	8.06±1.32	4.11±0.69
Ca平均摂取量	434mg	241mg
含硫アミノ酸平均摂取量	3678mg	1152mg

表４をみると，普通タンパク質・非運動期と普通タンパク質・運動期において，非運動期に比べ運動期では Ca の平均尿中排泄量が減少傾向を示しているが，各被験者のデータをみると，運動期に尿中 Ca 排泄量が減少している者２名，増加している者３名に二分した．尿中 Ca 排泄量への運動の影響を明らかにするために，今後は例数を増やし，追実験をする必要があると考える．また，高タンパク質期と低タンパク質期を比べると，尿中 Ca 排泄量は高タンパク質期の方が高値を示しているが，この時の Ca 摂取量は，既述のように高タンパク質期が低タンパク質期の倍近くあり，また，Ca 排泄を促す含硫アミノ酸摂取量は，高タンパク質期が低タンパク質期の３倍近くあるので，当然，これら Ca 及び含硫アミノ酸の摂取量の影響も無視できない．

しかしながら，被験者個々のデータをみると，図１に示すように，この４つの実験期の尿中 Ca 排泄量とタンパク質代謝の指標となる尿中N排泄量との間に正の相関がみられた．さらにこれを，普通タンパク質・非運動期と普通タンパク質・運動期，及び高タンパク質期と低タンパク質期に分けて関係をみたものが図２である．実線が普通タンパク質食を与えて非運動期と運動期の関係をみたものであるが，前述のように，運動により尿中N排泄量が減少し，その尿中N排泄量と尿中 Ca 排泄量との間に，弱くはあるが正の相関が認められた．また，破線及び一点鎖線は高タンパク質期と低タンパク質期の関係をみたものである．特に，一点鎖線で表した回帰二次曲線をみると，尿中N排泄量が高いほど尿中 Ca 排泄量は高く，また，尿中N排泄量が低くても尿中 Ca 排泄量が高くなっていく傾向を示している．すなわち，‘摂取タンパク質量が高すぎても低すぎても尿中 Ca 排泄量は高くなる’のだとすれば，今回の被験者たちの体内での Ca 利用効率ということから考えられるタンパク質摂取の適正量は，所要量でもある 60g/day くらいであるということがいえるのかも知れない．いずれにせよ，タンパク質代謝と Ca 代謝が密接に関係していることが示唆されるが，条件を設定し直し例数を増やして，今後も検討していく予定である．

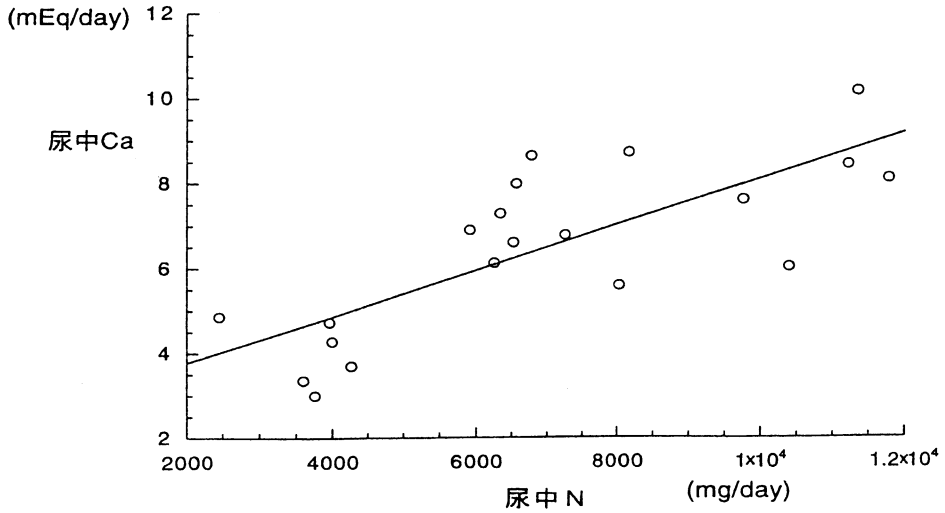

図1　尿中N排泄量と尿中Ca排泄量の関係　その1
r=0.768

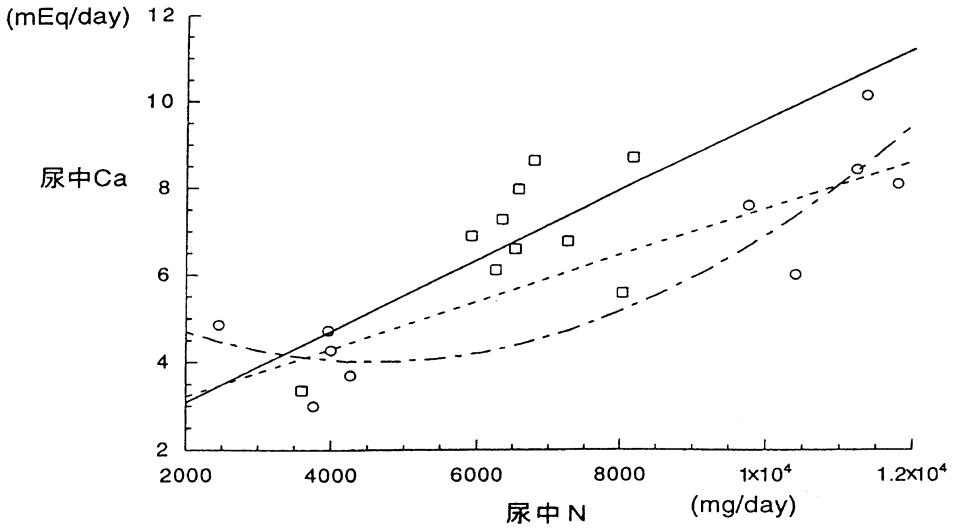

図2　尿中N排泄量と尿中Ca排泄量の関係　その2

□：非運動期と運動期（普通タンパク質食）
○：高タンパク質期と低タンパク質期
———：□点に対する回帰直線　r＝0.657
------：○点に対する回帰直線　r＝0.886
—-—：○点に対する回帰二次曲線　r＝0.914

（3）尿中K排泄量について

各実験期間の尿中K排泄量を表５に示す．

Ca と同様，事前に摂取K量の調整を行わなかったが，献立表から求めたKの平均摂取量は，普通タンパク質・非運動期と普通タンパク質・運動期で2337mg/day，高タンパク質期で2731mg/day，低タンパク質期で1992mg/day であった．

同一食である普通タンパク質食を与えた非運動期と運動期では，運動期に尿中K排泄量が減少している．これは，運動により発汗が促進され，経皮K排泄量が増加したなどの理由が考えられるが，今後検討する必要があろう．

また，高タンパク質期と低タンパク質期では，Kの平均摂取量は高タンパク質期の方が多く1.4倍程度の差があるが，排泄量にはそれに見合う差は出なかった．生体では，Kの調節には大別して２つの調節機構がある．１つは，細胞外液自身の調節（すなわち，K摂取に対する腎臓での排泄を通じての調節）であり，もう１つは，細胞外液と細胞内液との間での調節である[15]．したがって，Kは摂取量に直接比例して排泄されるのではなく，体内でのK代謝も重要であると考えられる．

表５　尿中K排泄量

(mEg/day)

被験者	期　　間（普通タンパク質）	
	非運動期	運　動　期
1	46.43	35.88
2	21.42	27.90
3	45.69	30.69
4	40.56	22.21
5	46.55	24.80
平均排泄量±SD	40.13±9.61	28.30±4.75
K平均摂取量	2337mg	

(mEg/day)

被験者	期　　間	
	高タンパク質期	低タンパク質期
1	40.42	37.69
2	41.55	17.69
3	33.52	29.78
4	42.81	26.15
5	39.76	38.20
平均排泄量±SD	39.61±3.22	29.90±7.65
K平均摂取量	2731mg	1992mg

本研究を行うにあたり，ご協力いただいた本学バスケットボール部の学生の皆さんに心から感謝いたします．

文　献

1）ﾎｰﾏｰ W.ｽﾐｽ：藤本守,松岡良子訳：尿の歴史,大阪医科大学紀要 人文研究,52- 67,1994.
2）Spencer,H.et al.: Effect of a high protein（meat）intake on calcium metabolism in man. Am J.Clin.Nutr.,31:2167,1978.
3）Chu,J.Y.et al.: Studies in calcium metabolism.Ⅱ.Effect of low calcium and variable protein intake on human calcium metabolism.Am J.Clin.Nutr.,28:1028,1975.
4）Walker,R.M.and Linkswiler,H.M.: Calcium retention in the adult human male as affected by protein intake.J.Nutr.,102:1297,1972.
5）伊藤和枝：分割尿を用いたナトリウムならびにカリウム摂取量推定法の検討，日本公衆衛生雑誌，36,701- 709，1989.
6）土田満，他：ナトリウム，カリウム，カルシウム，リン，マグネシウム，亜鉛の摂取量と糞中，尿中排泄量または血清中濃度との関係について，栄養学雑誌，49,35- 44，1991.
7）添野尚子，他：ストレス負荷時の自覚症状及び尿中カテコールアミン等の変化に及ぼす食生活の影響，栄養学雑誌，50,153- 163,1992.
8）厚生省保健医療局健康増進栄養課監修：第五次改訂　日本人の栄養所要量,第一出版,1994.
９）伊藤朗著：図説・運動生理学入門，医歯薬出版,1990.

10) 保健体育理論研究会編：運動と健康，道和書院,1984.
11) McArdle,W.D. et al.: Exercise physiology,第３巻，Lea & Febiger,1991.
12) 村松成司，高橋徹三：運動時の尿中窒素排泄量，経皮窒素損失量の変動に及ぼすエネルギー供給条件の影響，日本栄養・食糧学会誌，39,257- 263,1986.
13) 村松成司，高橋徹三：運動時の尿中窒素排泄量，経皮窒素損失量および窒素出納値に及ぼすタンパク質およびエネルギー摂取レベルの影響，日本栄養・食糧学会誌，39,441- 447,1986.
14) 香川綾監修：四訂食品成分表，女子栄養大学出版部，1996.
15) Stanton,B. & Giebisch,G.: Renal physiology,vol1.ed.by E.E.Windhager. Handbook of physiology. New York:Oxford University Press,813- 874,1992.

[1996年10月30日受理]