

無機質代謝に及ぼす運動の影響

鈴木正敏 高橋徹三 藤原章司*

The Effect of Physical Exercise on Mineral Metabolism

Masatoshi SUZUKI, Tetsuzo TAKAHASHI and Shoji FUJIWARA*

Daily excretion and circadian rhythm of minerals were studied with human subjects under non-exercised and exercised condition. Four healthy well-trained male students took an experimental diet which was constant both in quantity and quality for 10 days. The meal frequency was 2 meals a day only on 9th and 10th day, and 3 meals a day on the other days. For two of the subjects 6th, 9th and 7th, 10th day were used as exercised and non-exercised day, respectively. For the other two subjects 7th, 10th and 6th, 9th were used as exercised and non-exercised day, respectively. The exercise was given without breakfast, and lunch included the food for breakfast in the case of 2 meals a day. The work load was 60 per cent of maximal oxygen uptake of each subjects. Thirty minutes exercise with Monark Bicycle Ergometer at the speed of 60 cycle/min. was given once a day in the morning.

The urine volume and Na, K, Ca, Mg and P in urine, feces, sweat and experimental diet were determined. Urine collection was made 7 times a day, at 2 hours' interval from 8:00 a.m. to 8:00 p.m. and for 12 hours' from 8:00 p.m. to 8:00 a.m. next morning to observe the circadian rhythm.

The results obtained are as follows;

- (1) The balance, daily intake minus daily excretion, was positive in Na, K, Mg and P, while was negative in Ca.
- (2) Na and K were mostly excreted in urine (Na; Cont. -92%, Exer. -89%, K; Cont. -86%, Exer. -84%), while the excretion of Ca and Mg were relatively high in feces (Ca; Cont. -60%, Exer. -58%, Mg; Cont. -63%, Exer. -60%). The excretion of P was considerably high in urine (Cont. -73%, Exer. -71%), but was very low in sweat.
- (3) Daily urinary excretion of Na, K, Ca and P tended to decrease on exercised day, while daily dermal excretion of Na, K, Ca, Mg and P in sweat was remarkably increased on exercised day.
- (4) Urine volume decreased from the morning to the afternoon and then increased until evening, followed by decrease during sleeping. No significant effect by physical exercise was observed.
- (5) Effect of physical exercise on circadian rhythm of the urinary excretion of minerals;
 - i) As to the effect of feeding condition, the amounts of Ca and Mg in the urine were significantly higher and that of K was lower in the morning, in the case of 3 meals a day than that of 2 meals

* 香川大学 (The University of Kagawa)

- a day, while that of P was almost the same.
- ii) Urinary Na excretion on both exercised and non-exercised day tended to decrease from the morning to 4:00 p.m. under the feeding condition of 3 meals a day and to 2:00 p.m. under 2 meals a day, and then increased until evening. Physical exercise produced the lowered effect on the urinary Na excretion, especially the effect was significant in the case of 2 meals a day.
 - iii) Under all experimental conditions, urinary K excretion decreased until afternoon after temporary increase and then remarkably increased until evening, followed by decrease during sleeping. No significant effect by physical exercise was observed.
 - iv) The level of urinary Ca excretion decreased from the morning to noon and then increased in the case of 2 meals a day, though it continued to decrease in the case of 3 meals a day. Exercise seemed to lower the urinary Ca excretion, however the effect was not significant. Urinary Ca excretion was higher before 4:00 p.m. and lower after 4:00 p.m. in the case of 3 meals a day than that of 2 meals a day. It may be due to the different feeding condition.
 - v) The level of urinary Mg excretion increased remarkably during sleeping under all conditions. No significant effect by physical exercise was observed.
 - vi) Urinary P excretion was tend to increase from the daytime to night, it was especially after evening. No significant effect by physical exercise and feeding condition was observed.

無機質は体成分のなかでも比較的少量を占めるにすぎないが、硬組織の形成のほか種々の生命過程において必須のものである。とくに可溶性塩類として筋肉、神経などの機能に関係したり、酵素の活性化に関与するなど、代謝調節過程において非常に重要である。

運動の負荷が生体の無機質代謝に及ぼす影響についての報告^{19)~23)}は種々あるが、摂取食物を一定したうえでの実験報告はほとんどない。また尿中排泄量とともに、糞および汗中への損失を考慮に入れた知見⁹⁾もあまり見られない。著者らは、摂取栄養量を一定とし運動を負荷したときの無機質代謝に及ぼす運動の影響について、尿中、糞中への排泄および汗への損失の面から検討した。

I 実験方法

健康な男子大学生4名(表1)を被験者とし、一定の実験食を10日間与え、最初の5日目までを

調整期としできるだけ安静な生活をさせた。その後、被験者2名は6日目を対照日、7日目を運動負荷日とし、他2名は順序を変えて、6日目を運動負荷日、7日目を対照日とした。9日目、10日目は朝食を摂らせず、その分を昼食に加えて与え、他の2名は9日目を対照日、10日目を運動負荷日とし、他2名はその順序を逆にした。運動の負荷には自転車エルゴメーター(モナーク社製)を用い、負荷強度は各被験者の最大酸素摂取量の60%とし、60rpmで30分間運動を遂行させた。その間の各被験者の仕事量は被験者Bが720kpm/min.であり、他3名は900kpm/min.であった。

運動負荷日の実験スケジュールを図1に示した。10分間の安静後、10時30分より30分間運動を行わせ、終了後1時間を回復期として安静状態に保った。午前8時より午後8時までは2時間ごとに採尿し、それぞれ①~⑥尿、午後8時より翌日の午前8時までを⑦尿とした。糞は実験後期に2日分、

Table 1. Physical and physiological measurements of subjects

Sub.	Age (yr.)	Height (cm)	Weight (kg)	VO ₂ max/kg (ml/kg/min.)	60%VO ₂ max (l/min.)
A	21	177	85	39.3	2.00
B	21	175	68	37.6	1.53
C	21	162	64	51.0	2.00
D	21	170	62	47.3	1.76

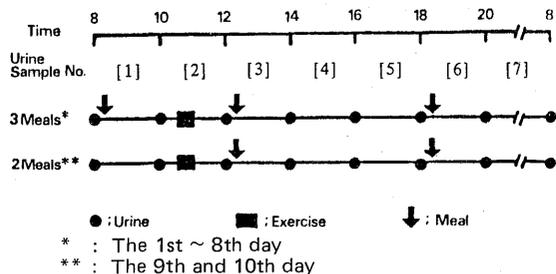


Fig. 1 Experimental schedule of the exercised day

汗は対照日, 運動負荷日にそれぞれ1日分採取した。実験食の材料は均質のものを用い, 各被験者ごとに規定量の材料をはかり1食分ずつ別々に調理した。調理, 飲料水等にはすべて蒸留水を用い,

Table 2. Experimental diet

Food	Daily intake (g)
Rice	400 (300*)
Soda cracker	50
Milk	500 (150**) ml
Dried egg	35
Powdered "Miso"	10
Fish sausage	50
"Kamaboko"	30
Potato	200
Onion	140
Carrot	30
Radish	30
"Takuan-zuke"	20
Soy sauce	20 ml
Soup	7.1
Margarine	20
Corn oil	19.9
Sugar	5
NaCl	5
Cookie	
Corn starch	56
Sugar	28
Butter (non-salted)	24
B.P.	2
C.M.C.	1.2

* : Subject C and D
 ** : Subject C
 B.P. : Baking powder
 C.M.C: Carboxymethyl cellulose

また食品材料, 調理器具などの洗浄も蒸留水で行い, 食事中に食品以外から無機質が混入しないように十分注意した。実験食の材料および1日あたりの摂取量を表2に示した。なお日本食品標準成分表⁷⁾から計算した1日の摂取熱量は, 体重1kgあたり44.1Calであった。

尿は尿量, Na, K, Ca, MgおよびPを測定した。NaおよびKの定量は炎光分析法により, CaおよびMgは原子吸光分光分析法により, 日本電子JAA-7000原子吸光分光分析装置を用いて行った。PはTaussky法¹⁷⁾により測定した。糞, 汗および食塩, 油を除く食品についてNa, K, Ca, MgおよびPを測定した。糞は乾式法^{10) 18)}で灰化し, 食品は乾燥全卵および乾燥ミソについては湿式法¹⁸⁾, 他の食品については乾式法^{10) 18)}で処理し試料とした。なお食塩中Naは計算値により求め, 油の無機質含量については無視しうる⁷⁾と考え測定しなかった。

汗の採取は次のように行った。被験者の身体をよく洗った後蒸留水で洗い, 蒸留水で洗ったタオルを用い身体を拭き, あらかじめ蒸留水で洗っておいた衣類をつけさせた。運動負荷時には多量の発汗があるので運動後衣類を着替えさせた。また運動時の手からの汗を採取するため手にビニール袋をつけさせた。翌日, 同時刻に衣類を脱がせタオルを用い蒸留水で十分に身体を拭いた。それぞれの衣類, タオル等は蒸留水で十分抽出し, 抽出液をエバポレーターで蒸発させ内容を蒸留水で洗い出し一定量とし後の分析に供した。

II 実験結果および考察

1. 無機質の1日摂取量および1日排泄量での検討

無機質の出納を表3に示した。1日あたりの無機質摂取量はNa-10.14g, K-3.22g, Ca-438mg, Mg-260mg, P-1574mgとなった。これらの値を現在推奨されている所要量^{1)~5), 8), 16)}と比較検討した結果, CaおよびMgについてはやや少ない傾向はあるものの, すべてについては, 適量の範囲にあると判断された。無機質の出納は, Na, K, Mg, Pは正であったがCaは負と

Table 3. Mineral balance

		Daily intake	Excretion			Total	Balance
			Urine (mean±SD)	Feces (mean±SD)	Sweat (mean±SD)		
Na(g)	Cont.	10.14	7.40±0.27	0.53±0.21	0.09±0.05	8.02	2.12
	Exer.		6.46±0.77		0.31±0.11		7.30
K(g)	Cont.	3.22	2.52±0.14	0.37±0.12	0.05±0.03	2.94	0.28
	Exer.		2.43±0.17		0.10±0.04		2.90
Ca(mg)	Cont.	438	143 ± 45	269 ± 108	37 ± 13	449	-11
	Exer.		132 ± 45		66 ± 18		467
Mg(mg)	Cont.	260	72 ± 13	133 ± 25	6 ± 2	211	49
	Exer.		81 ± 12		9 ± 3		223
P (mg)	Cont.	1574	1040± 91	385 ± 93	0.4 ± 0.3	1425	149
	Exer.		933 ± 118		0.5 ± 0.3		1319

Table 4. Effect of feeding condition on the circadian rhythm of urinary mineral excretion

		Feeding condition	Morning	Afternoon	Night
			8:00-12:00	12:00-20:00	20:00-8:00
Na	(mEq/hr.)	3M.	13.88	12.18	12.21
		2M.	12.54	12.71	12.92
K	(mEq/hr.)	3M.	2.64	2.94	2.60
		2M.	3.33	2.64	2.26
Ca	(mg/hr.)	3M.	9.8	5.0	5.1
		2M.	5.7	5.4	5.8
Mg	(mg/hr.)	3M.	3.5	2.3	3.7
		2M.	2.1	2.3	4.1
P	(mg/hr.)	3M.	15.4	32.3	53.7
		2M.	17.2	35.9	54.4

3M.: Case of 3 meals a day

2M.: Case of 2 meals a day

となった。実験方法でふれたように尿は1日を7回に分けて採取しており、1日あたりの尿中無機質排泄量は、各尿サンプルの測定結果の合計であることからある程度の誤差も考えられる。また、糞の採取回数が少なかったことや、被験者により排便周期に差のあることなどが原因と思われるが、糞中無機質排泄量については被験者間の変動が大きかった。以上のような理由から出納については

結果を示すにとどめる。なお、Caの代謝はPの代謝と関係が深く、ビタミンDの摂取が適当であればその比率は1:2から2:1の範囲にあればよいとされているが、本実験における摂取比率は、Ca:P=1:3.6でPの比率がやや高かった。

尿中無機質排泄量を1日単位で見ると、Mgを除きNa, K, CaおよびPは運動負荷日において減少の傾向にある。この原因として運動負荷日にお

ける汗中への排泄増の影響が考えられる。Mg は各被験者とも運動負荷日において尿中排泄量の増加がみられる。Na, K, Ca, Mg, Pの汗中への損失は、各被験者とも運動負荷日において著しい増加の傾向にあった。これは運動の負荷による発汗量の増加に起因すると考えられる。

尿、糞および汗への無機質排泄量の総排泄量に占める割合を図2に示した。Na, K はほとんどが

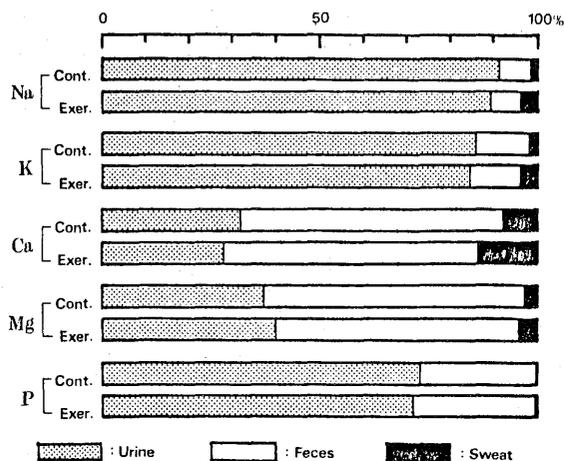


Fig. 2 Excretion ratio expressed as percentage to total excretion

尿中へ排泄される (Na-Cont. ; 92%, Exer. ; 89%, K-Cont. ; 86%, Exer. ; 84%) がCa, Mgは糞中への排泄がかなりの量を占める (Ca-Cont. ; 60%, Exer. ; 58%, Mg-Cont. ; 63%, Exer. ; 60%)。Pは70%余りが尿中へ排泄され汗中への損失はほとんどみられなかった。

2. 尿中無機質排泄量の日内変動の状況からみた検討

図3は尿量の日内変動を①尿に対する増減の割合で示したものである。以下、尿中無機質排泄量の日内変動についても同様に示した。1日3食とした場合の対照日においては、午前中から午後へと漸次減少していき、④尿(14-16時尿)を最低値とし以後増加する。運動負荷日においては②尿(10-12時尿)がやや増加し、以後対照日と同じく④尿を最低値とする減~増のパターンを示した。②尿において尿量の増加が観察されたのは、被験者Bの当該尿量の著しい増加の影響と思われる。1日2食とした場合には、対照日、運動負荷日とも③尿(12-14時尿)を最低値とし⑤尿(16-18時尿)に至るまで同様の変動を示した。運動負荷日における⑥尿(18-20時尿)の増加は被験者Bの著しい増加に起因すると思われる。統計的には各

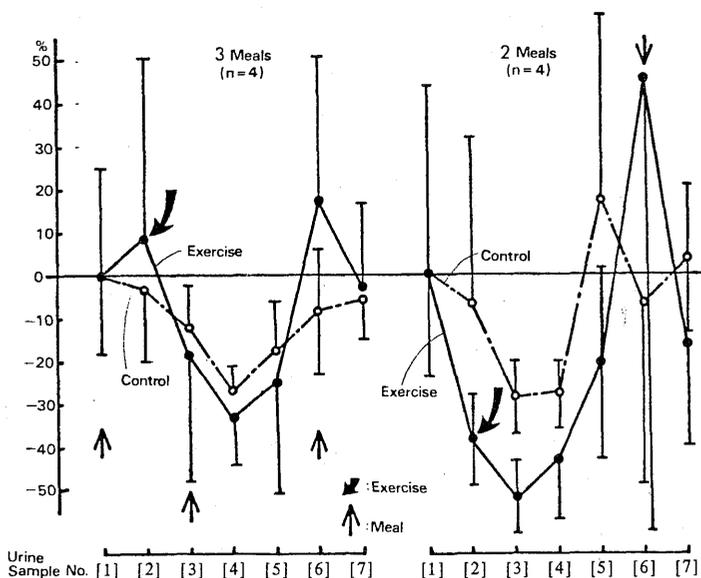


Fig. 3 Circadian rhythm of urine volume

期の間に有意差はみられなかった。尿量は摂取水分量、発汗量に影響される¹³⁾。本実験では水分摂取量は自由とし発汗量も測定していないのでその影響は明らかではない。しかし、朝食摂取の有無にかかわらず運動負荷日において⑥尿が増加しているのは、運動負荷に伴う発汗等による水分損失を補うため、午後から夕方にかけて水分摂取量が増加した結果によると考えられる。

尿中無機質排泄量の日内変動に及ぼす食事摂取条件の影響を表4に示した。午前は①～②尿(8～12時尿)、午後は③～⑥尿(12～20時尿)、夜は

⑦尿(20～8時尿)とし、運動負荷の有無にかかわらず、それぞれの食事摂取条件下における1時間あたりの排泄量で示した。CaおよびMgの排泄レベルは、1日3食のときには2食の場合に比べ、午前中に有意に高く、Kは逆に低かった。Pは食事摂取条件の違いによる差は認められなかった。

尿中Na排泄量の日内変動を図4に示した。1日3食の場合には、対象日も運動負荷日もともに午前から午後にかけて減少傾向をみせ、④尿(14～16時尿)を最低値とし以後増加の傾向を示し夜間尿において再び減少する。各期の間

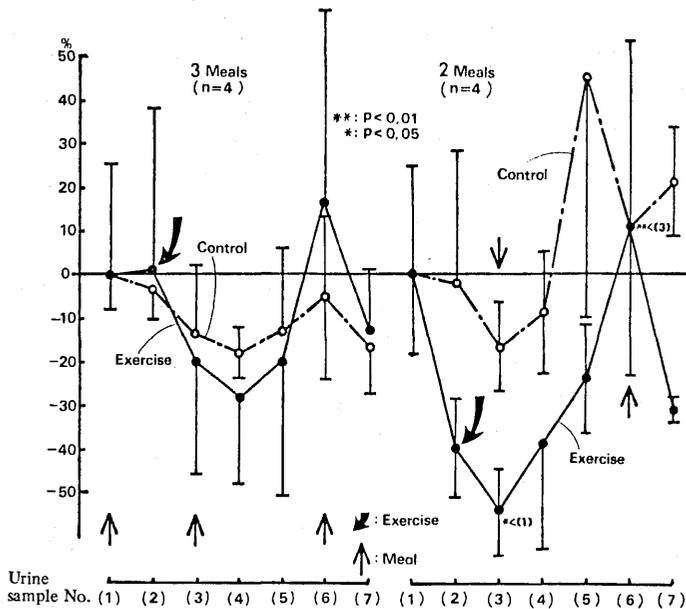


Fig. 4 Circadian rhythm of urinary Na excretion

は認められなかった。1日2食のときの対照日においても各期の間に差はなく、③尿(12～14時尿)を谷とする変動を示す。運動負荷日では①尿(8～10時尿)から③尿にかけて著しく減少し、その後⑥尿(18～20時尿)まで急激な増加を示した。①尿に対する③尿での排泄減および③尿に対する⑥尿での排泄増は有意であった。朝食を摂らず運動を負荷した場合、運動負荷時および負荷後尿中のNa排泄が著しく減少したということは、運動負荷による影響とともに、朝食を摂っていないこともNa排泄を抑制する一因子となったと考え

られる。鈴木らは¹⁴⁾精神緊張作業負荷実験において、精神緊張はNaの体内貯留の促進をもたらし、それは脳下垂体-副腎皮質系機能の亢進につながるとしている。本実験における空腹下の運動というストレスも、Naの体内貯留の促進をもたらし副腎皮質系機能の亢進が考えられる。

尿中K排泄量の日内変動を図5に示した。1日3食とした場合、対照日、運動負荷日とも同様の変動を示し、①尿(8～10時尿)、④尿(14～16時尿)に対する⑥尿(18～20時尿)での増加および⑥尿に対する⑦尿(20～8時尿)での減少は統

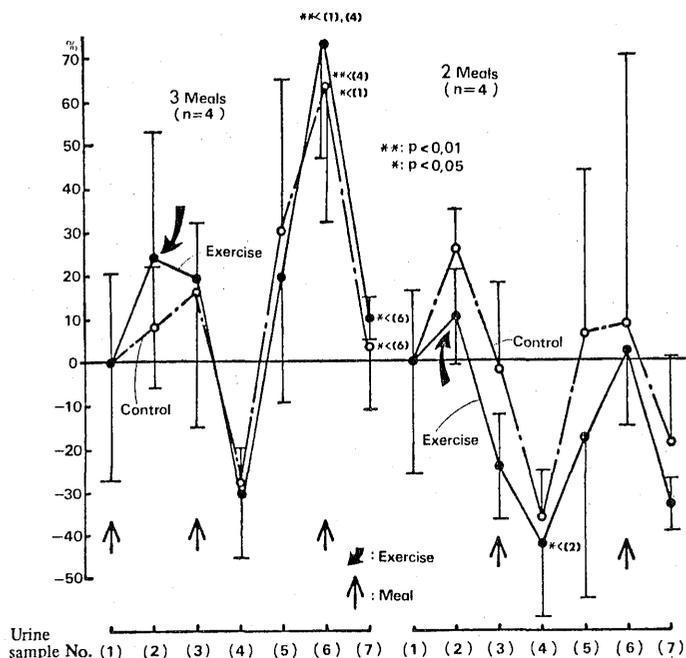


Fig. 5 Circadian rhythm of urinary K excretion

計的に有意であった。1日2食としたときも対象日、運動負荷日とも同様の日内変動のパターンを示した。(4)尿を最低値とし(2)尿(10~12時尿)および(6)尿を山とする変動である。運動負荷日の(2)尿に対する(4)尿での排泄減は有意であった。尿中K排泄量は2食、3食の2実験条件下とも(4)尿を最低値とする同様の日内変動を示したが、1日3食とした場合には(6)尿にピークがあるのに対し、2食のときには(2)尿での排泄量が最高値を示したのは食事摂取条件の影響を示唆する。齊藤¹²⁾は、重筋労働によって尿中K排泄量は増大し、またK排泄は労働による増加が最も早く現われ睡眠時では著しくないと述べており、渡辺²²⁾ 23)も合宿トレーニングにおける尿中K排泄量の変動につき、練習時ないし練習後の排泄増をみている。また鈴木¹⁴⁾は精神緊張作業負荷はKの排泄促進をもたらすと報告している。本実験においては、日内変動の面では1日3食摂取した場合の運動負荷時尿で対照日の当該尿に比し増加をみたが、統計的

な差はなく運動負荷による明らかな影響は認められなかった。夜間尿での排泄減については上記の報告¹⁹⁾ 22)と一致する。

無機質代謝とくにNa, Kに対する副腎皮質ホルモンの作用は、Naの蓄積およびKの排泄促進作用であり、その結果として副腎皮質機能亢進時にNa/K比が低下することが知られている⁶⁾ 11) 14)。著者ら¹⁵⁾はさきに本実験における運動負荷時尿および合宿時における運動時尿での尿Na/K比の低下をみている。

尿中Ca排泄量の日内変動を図6に示した。1日3食のときには対照日、運動負荷日とも午前より午後にかけて順次減少の傾向があり、夜間尿ではやや増加する。対照日では(1), (2)尿(8~12時尿)に対し(5)~(7)尿(16~8時尿)で、また運動負荷日では(1), (2)尿に対し(5), (6)尿(16~20時尿)での減少が有意であった。1日2食のときには対照日、運動負荷日とも午前では漸減、午後には漸増しており、夜間尿は(6)尿(18~20時尿)に対し、

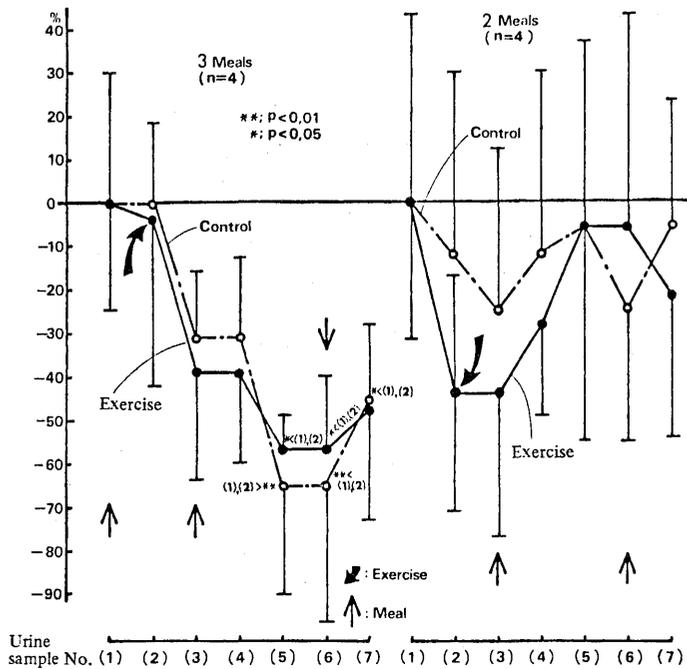


Fig. 6 Circadian rhythm of urinary Ca excretion

対照日で増加，運動負荷日で減少するが各期の間には有意差は認められなかった。尿中Ca排泄量は1日3食のときと2食のときでその変動の様相が明らかに異なる。すなわち朝食を摂取しなかった日には，摂取した日に比べ午前中の排泄レベルが低い，夕方以降では3食摂取日に比べむしろ高くなった。これは食事摂取条件による影響と考えられる。本実験においては日内変動からは運動負荷による尿中Ca排泄量への影響は認められなかった。この結果は，重筋労働におけるCa排泄の動態を調査し，Ca排泄が著しく多量であること，そして労働終了後1～3時間でCaの尿中排泄が著しく高まることをみている齊藤¹²⁾の報告とは一致しない。Caは発汗による損失も見逃すことができない。南⁹⁾は，運動時のCa排泄は尿中では増加しなくても，高温運動時の発汗に伴う汗中Ca排泄が40mg/hもあり，総排泄量としては著しく増大することをみている。本実験の運動負荷日においても，Caの汗中への損失の上昇がみられ，そのうちのかなりの量が運動負荷時

における発汗によるものと予測される。

尿中Mg排泄量の日内変動を図7に示した。尿中Mg排泄量においてもCaと同様，午前から昼にかけて，1日3食の場合の方が排泄量が多い。これは，食事摂取条件によると考えられる。1日2食のときの夜間尿における排泄増は，対照日では②-⑥尿(10～20時尿)に対し，運動負荷日では②,③尿(10～14時尿)に対し有意であった。渡辺²²⁾はMgの動態は多くの点でCaのそれと類似しており，運動負荷に伴う排泄増が推察されると報告しているが，本実験においては日内変動の面からは運動による尿中Mg排泄への影響は認められなかった。夜間尿での排泄増はすべての例で著しいが，この点は渡辺²²⁾と一致する。

尿中P排泄量の日内変動を図8に示した。1日3食としたときも2食のときも，また対照日においても運動負荷日においても，午前から午後にかけての漸増傾向，夕方から夜にかけての著しい排泄増が観察される。齊藤¹²⁾は重筋労働負荷において尿中Pの排泄増をみており，渡辺²³⁾も合宿時

におけるPの排泄増を観察している。本実験においては日内変動の面からは運動負荷による影響は認められなかったが、日内変動において夜間に排泄増をみたことは渡辺²³⁾の報告と一致する。

Ⅲ 要 約

健康な男子大学生4人を被験者とし、無機質代謝に及ぼす運動の影響について、無機質の1日尿中排泄量およびその日内変動、さらに糞、汗中への損失の面から検討した。

実験期間は10日間でありその間一定の実験食を摂取させた。1日摂取栄養量は一定であったが食事摂取条件は1日3食の場合と朝食を摂らず2食にした場合とにした。食事は一定時刻に摂取させ、朝食を摂らないときはその分を昼食に加えた。6, 9日目を対照日, 7, 10日目を運動負荷日にした群と、順序を逆にした群とにした。運動の負荷には自転車エルゴメーターを用い、負荷の強度は各被験者の最大酸素摂取量の60%とし、午前10時30分より30分間負荷した。尿は8時より20時までは2時間おきに、20時より翌日の午前8時までは12時間尿を採取した。糞は実験後期に2日分、汗は対照日、運動負荷日にそれぞれ1日分採取した。尿量のほか、尿、糞、汗および食品中のNa, K, Ca, Mg, Pを測定した。

得られた主要な結果は次のとおりである。

- 1) 無機質の出納; Na, K, Mg, Pは正の出納を示したが、Caは負であった。
- 2) 無機質総排泄量に対する尿、糞および汗への排泄割合; Na, Kは大部分が尿中へ排泄されたが、Ca, Mgは糞中への排泄が多かった。Pは尿中への排泄が多く、汗中へはほとんど排泄されなかった。
- 3) 無機質の1日排泄量からみた運動の影響; 1日あたりの尿中無機質排泄量は、Mgを除きNa, K, CaおよびPは運動負荷日において減少の傾向があった。Na, K, Ca, Mg, Pの汗中への損失は、各被験者とも運動負荷日において著しい増加の傾向にあった。
- 4) 尿量の日内変動; 午前より午後にかけて減少し以後夜にかけて増加する。睡眠時では再び減少する。運動負荷による有意な差は認められなかったが、

朝食を摂取しなかったときの運動負荷時尿で減少の傾向がみられた。

5) 尿中無機質排泄量の日内変動からみた運動の影響

- ① 食事摂取条件の違いによる影響をみると、CaおよびMgについては、1日3食摂取した場合は2食のときに比べ午前中に排泄レベルが有意に高く、Kは逆に低かった。Pは食事摂取条件による差はみられなかった。
- ② Na; 朝から減少傾向がみられ、1日3食の場合は14~16時尿、2食のときは12~14時尿を最低値とし夕方にかけて増加した。朝食を摂取せず運動を負荷した場合には、運動後尿において排泄量の有意な減少がみられた。
- ③ K; 朝食摂取の有無にかかわらず、一時増加後、午後にかけて減少しついで夜にかけて著明な増加がみられ、夜間尿では再び減少した。運動負荷による影響は認められなかった。
- ④ Ca; 1日3食の場合は2食のときに比べて午後4時以前は排泄量が高く、それ以後は低くなり食事摂取条件の影響が考えられる。尿中排泄の面からは運動負荷による影響は認められなかったが、汗中への損失割合が大きいのでその量をもあわせて検討する必要がある。
- ⑤ Mg; 朝食を摂取しなかった日には午前での排泄レベルが低かった。夜間尿ではすべての例において著しい排泄増がみられたが、これは睡眠による影響と考えられる。運動負荷による影響は認められなかった。
- ⑥ P; 運動および食事摂取条件の影響は認められず、午後から夜間へと順次増加の傾向がありその程度は夕方以降著しかった。

本研究の要旨は第32回日本体力医学会大会において発表した。

参 考 文 献

- 1) Blau, M., Spencer, H., Swernov, J., Greenberg, J. and Laszlo J: Effect of Intake level on the Utilization and Intestinal Excretion of Calcium in Man, *J. Nutr.* **61**, 507 (1957).
- 2) Dahl, L.K.: Salt intake and Salt need. *New Eng. J. Med.* **258**, 1152, 1205 (1958).
- 3) Food and Nutrition Board: National Research Council: Recommended Dietary Allowance, National, Academy of Sciences, Washington D.C. (1974).
- 4) 五島孜郎, 沢村経子, 関博磨: 日本人の日常食中のミネラル含量; Ca, P, Mg, K, Naについて, *栄養と食糧*, **25**, 359 (1972).
- 5) 速水決: カルシウム代謝をめぐる諸問題, *栄養学雑誌*, **22**, 71-94 (1964).
- 6) 井上貞子: 循環好酸球数の変動に関する研究, 第2編. 夏期, 精神および肉体作業負荷による循環好酸球数の変動について: *東邦医学会雑誌*, **7**, 292 (1960).
- 7) 科学技術庁資源調査会編: 三訂日本食品標準成分表による<最新>日本食品成分表, 医歯薬出版, (1975).
- 8) 厚生省公衆衛生局栄養課監修, 国民栄養振興会編: 昭和50年改定 日本人の栄養所要量と解説, 73-91. 第一出版, (1975).
- 9) 南勝一: 運動時及び安静時の学生のカルシウム代謝について(I)(II): *生化学*, **27** (1) 12~15, 51-52 (1975).
- 10) 満田久輝: 実験栄養化学(全), 修正3版 242-245, いずみ書房, (1973).
- 11) 宮坂登志子, 棚瀬延, 仲儀すみ子, 松田和子, 東海林幸子, 田中正志, 宮本佳子, 沢田菊代, 百瀬せつ子, 外山チエ: 肉体作業時における尿 17 Ketosteroids 排泄について, *東邦医学会雑誌*, **8**, 690 (1961).
- 12) 斎藤一: 疲労と労働の生体負担の生化学的側面, *労働科学*, **42** (6), 427-447 (1966).
- 13) 佐藤徳郎: 水分代謝に関する研究, 第一編, 水試験における各種尿成分の排出並に腎機能との関係について: *労働科学*, **28**(12) 869-875. (1952).
- 14) 鈴木伊豆美, 西崎亮一, 斎藤一: 精神緊張に関する生化学的研究, 第一報, *労働科学* **39** (5), 214-237, (1963).
- 15) 鈴木正敏, 高橋徹三, 藤原章司: 尿中17-KS, 17-OHCS, NaおよびK排泄量に及ぼす運動の影響. 筑波大学体育科学系紀要, **2**, 139-146 (1979).
- 16) 鈴木泰夫: 微量元素の再検討 Na, K, Fe の必要量をめぐって, *臨床栄養*, **42**, 333 (1973).
- 17) Taussky, H.H. and Shorr, E.: A Microcolorimetric Method for the Determination of Inorganic Phosphorus, *J. Bio. Chem.*, **202**, 675-685 (1953).
- 18) 東京農工大学農学部食糧化学教室: 食品学実験法, 初版, 64-65, 朝倉書店 (1960).
- 19) 堤達也, 後藤芳雄, 青木和江: 合宿練習の尿中電解質及び17-KS排泄量に及ぼす影響, *体力研究*, **11**, 24-35 (1967).
- 20) 堤達也, 黒沢和江, 後藤芳雄: 合宿練習時における尿中電解質及び17-KS排泄量, *体力研究*, **8**, 195-207 (1966).
- 21) 堤達也: 運動負荷時の電解質代謝, *体力研究*, **3**, 82-95 (1964).
- 22) 渡辺孝男, 加美山茂利: 運動の無機質代謝に及ぼす影響, I. ボート部選手の合宿トレーニングにおける尿中無機質排泄量および血清無機質量の変動, *体力科学*, **21**, 87-98 (1972).
- 23) 渡辺孝男, 金子勇, 島田彰夫, 加美山茂利, 高橋英次: 運動の無機質代謝に及ぼす影響, II. 女子大学生スキー合宿訓練時における尿中無機質排泄量の変動, *体力科学*, **21**, 99-106 (1972).