報 文

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

村 松 成 司^{*}，高 橋 徹 三^{**}

^{*} 千葉大学教養部

^{**} 筑波大学体育科学系

Effect of Energy Intake Levels on Changes in Urinary and Dermal Nitrogen Losses during Exercise Training

Shigeji MURAMATSU^{*} and Tetsuzo TAKAHASHI^{**}

^{*}The College of Arts and Sciences, Chiba University, Chiba, 260

^{**}The Institute of Health and Sports Sciences, the University of Tsukuba, Niihari-gun, Ibaraki, 305

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 39, 257~263 (1986)

The present study was carried out to investigate the effect of energy intake levels on the inter-relationship between dermal nitrogen loss and urinary nitrogen excretion during exercise. Urinary, fecal and dermal nitrogen losses were analysed daily with four male subjects during three consecutive periods of 6-7 days; control-maintenance energy (CM), exercise-maintenance energy (EM) and exercise-high energy (EH) periods. Nitrogen intake level was 190 mg/kg/day in all periods and energy supplies were 44 kcal/kg/day in CM and EM periods and 52 kcal/kg/day in EH period. During exercise periods, treadmill running of ten minutes was loaded three times with intervals of ten minutes, from 10:00 hr to 11:00 hr in the morning.

The amounts of urinary nitrogen excretion both in the mean values and in each subject were in the order of EM>CM>EH periods, and were significantly low in EH period compared with those in EM and CM periods. Exercise loading induced transient increase of urinary nitrogen excretion for one hour immediately after exercise in both EM and EH periods. In EH period, urinary nitrogen excretion for 24 hours was decreased compared with that in CM period, because of subsequent decrease. The amounts of dermal nitrogen loss were in the order of EM>EH>CM periods with significant differences. Nitrogen balances in CM and EM periods were almost the same, but in EH period significantly greater positive nitrogen balance was observed compared with those in CM and EM periods.

(Received November 9, 1985)

従来，経皮窒素損失量が増加するような身体条件下では尿中窒素排泄量が代償的に減少する場合^{1)~4)}と減少しない場合^{5)~7)}とが報告されている。われわれも先に減少する場合⁸⁾と減少しない場合⁹⁾とを観察した。これら異なった報告がなされている背景には環境条件，エネルギー摂取量，窒素摂取量，運動負荷条件および被験者の実験条件に対する適応度など多くの因子が関与していると考えられる。われわれの先の実験⁹⁾では季節による環境条件の違いでは経皮窒素損失量の増加に対して尿中窒素排泄量は代償的に減少したが，運動負荷に対しては経皮

窒素損失量の増加にもかかわらず尿中窒素排泄量は減少しなかった。その原因として運動期間が2日間と短かったこと，また運動負荷によって増大した消費エネルギー量にみあうエネルギー量を添加しなかったことなどが考えられた。その後の実験⁹⁾で運動期間を比較的長くしてしかも運動負荷によって消費されるエネルギー量を添加することによって運動時の経皮窒素損失量の増加に対して尿中窒素排泄量は代償的に減少することを認めた。このように運動時の経皮窒素損失量と尿中窒素排泄量の相互関係に関してはエネルギー摂取量の適否が大きく影響することが示唆されている。そこで本実験ではタンパク質摂取レベルを一定にし，エネルギー供給条件を変えることによって運動負荷時の経皮窒素損失量と尿中窒素排

^{*} 〒260 千葉市弥生町 1-33

^{**} 〒305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1

泄量の相互関係に及ぼすエネルギー供給条件の影響についてさらに検討を加えてみた。また同時に運動負荷時の尿中窒素排泄量の一過性の変動についても検討した。

実験方法

健康な男子大学生4名を被験者とした。身体的特性をTable 1に示した。被験者はいずれも運動熟練者である。

実験は連続する3期に分けて行なった。すなわち、対照(非運動)・維持エネルギー期(control-maintenance energy period, 以下CM期)、運動・維持エネルギー期(exercise-maintenance energy period, 以下EM期)、運動・高エネルギー期(exercise-high energy period, 以下EH期)とした。実験期間はCM期7日、EM期6日、EH期6日の計17日間であった。

タンパク質摂取レベルは全期間を通して窒素として190 mg/kg/日、エネルギー摂取量はCM期とEM期は維持レベルとして44 kcal/kg/日、EH期は高レベルとして52 kcal/kg/日とした。タンパク質供給源としては白米のほか分離大豆タンパク質製品、乾燥鶏卵、粉末味噌、チーズなど比較的均質な食品を用い、タンパク質摂取量が一定になるように十分に配慮した。エネルギー摂取量の調節にはコーンスターチ、ショ糖、マーガリンを用いた。実験食組成について被験者Aの一例をTable 2に示した。食事は朝食8時から8時30分、昼食12時から13時、夕食18時から19時の時間帯にそれぞれ完全に摂取するようにした。なお、朝食はソーダクラッカー、チーズ、スキムミルクなどを主体に比較的簡便にしかも正確に摂取できるものを与え、昼食、夕食についてはそれ以外の食品をほぼ均等に与えた。

非運動期であるCM期は特別な運動を避けた比較的安全な日常生活をさせた。一方、EM期とEH期は各被験者に毎日10時から11時の時間帯に150 m/分の速度の10分間のトレッドミル走を、間に10分の休息を入れて3回行なわせた。

体重は毎朝、朝食前に完全排尿を行なった後測定した。尿は全期間24時間尿を採集したが、CM期の4日目、EM期とEH期のそれぞれ3日目には経時的变化を観察するため、8時より22時まで1時間ごとに採尿し、続く22時より翌日の8時までではプールした。糞はCM期4～6日目、EM期とEH期は3～5日目のそれぞれ3日間をプールした。経皮窒素損失量はCM期5～6日目、EM期とEH期は4～5日目のそれぞれ2日間をプールした。なお、経皮窒素の採集方法は先の実験⁹⁾と同じとした。尿、糞、皮膚からの窒素排泄量をKjeldahl法により測定した。尿中クレアチニン排泄量の測定にはJaffe反応による比色法¹⁰⁾を用いた。

運動負荷による血液諸成分の変動を検討するために各

Table 1. Characteristics of subjects.

Sub.	Age (yr)	Body height (cm)	Body weight (kg)	BSA* (m ²)
A	21	170.0	64.0	1.70
B	21	174.0	59.0	1.66
C	21	170.0	70.0	1.76
D	21	174.5	66.5	1.75

* BSA, body surface area.

Table 2. Composition of experimental diet (Subject A: CM period).[‡]

Soda cracker	48(g)
Cheese	28(g)
Dried egg	40(g)
Skim milk	30(g)
Powdered miso	25(g)
Dried mashed potato	20(g)
SPI-product*	340(g)
Corn oil	20(g)
Margarine	20(g)
Cornstarch	110(g)
Sucrose	90(g)
Radish	50(g)
Umeboshi	10(g)
Table salt	5(g)
Soy sauce	15(cc)
Black tea	1(pack)

* SPI-product was made from soy protein isolate, starch, sucrose and NaCl.

[‡] CM, control-maintenance energy period.

期の最終日に右腕肘静脈より採血した。採血時間は9時、10時、11時、12時の4回とし、とくに運動期であるEM期とEH期はさらに10時20分と10時40分の2回採血した。血清中グルコース(ムタローゼ・GOD法)、尿素窒素(アセチルモノオキシム変法)、乳酸(酵素法)を測定した。本実験に用いたトレッドミル走は被験者の心拍数が平均して最大時でほぼ150拍/分を示す強度であった。

実験結果

実験期間中の体重、尿中クレアチニン排泄量はいずれの被験者においてもほぼ一定に保たれていた。

尿中窒素排泄量の経日的变化をTable 3に示した。CM期の4日目、EM期、EH期の3日目はいずれも経時的に分割採集した尿の値を合計したものである。経日

Table 3. Daily changes in urinary nitrogen excretion in each period.

(g/day)

Period	Day	Subject				Mean±S.D.
		A	B	C	D	
CM‡	1	8.36	7.75	10.41	5.96	8.12±1.84
	2	8.44	6.97	8.51	7.59	7.88±0.74
	3	9.28	10.08	8.58	7.44	8.85±1.12
	4	(8.92)	(8.90)	(8.32)	(7.77)	(8.48±0.55)*
	5	9.20	8.87	8.16	8.16	8.60±0.52
	6	9.24	9.93	7.91	7.69	8.69±1.07
	7	9.00	11.04	8.47	7.69	9.05±1.43
	Mean±S.D.	9.15	9.95	8.18	7.85	8.78±0.99
EM‡	1	7.97	9.58	8.69	9.02	8.82±0.67
	2	8.91	9.10	7.93	7.01	8.24±0.97
	3	(9.45)	(10.01)	(9.72)	(8.81)	(9.50±0.51)*
	4	9.84	9.61	8.65	7.99	9.02±0.86
	5	9.52	10.89	9.01	7.98	9.35±1.21
	6	10.04	9.69	8.72	7.79	9.06±1.01
	Mean±S.D.	9.80	10.06	8.79	7.92	9.14±0.98
	(4-6 days)	0.26	0.72	0.19	0.11	
EH‡	1	9.42	9.33	8.39	5.81	8.24±1.68
	2	9.08	8.76	7.73	5.94	7.88±1.41
	3	(7.81)	(9.46)	(7.29)	(6.36)	(7.73±1.30)*
	4	7.00	9.99	7.65	5.26	7.48±1.96
	5	7.36	9.74	6.68	5.66	7.36±1.73
	6	6.75	10.00	6.95	5.12	7.21±2.04
	Mean±S.D.	7.04	9.91	7.09	5.35	7.35±1.73
	(4-6 days)	0.31	0.15	0.50	0.23	

* Sum of nitrogen in hourly urine from 8:00 to 22:00 and in ten-hour urine from 22:00 to 8:00 next morning.

‡ CM, control-maintenance energy period; EM, exercise-maintenance energy period; EH, exercise-high energy period.

的な変動の状況から、各期の代表値には後半3日間の平均値を用いることにした。各期の代表値は各被験者においても、また平均値においても EM 期>CM 期>EH 期の順であった。EH 期は EM 期、CM 期の両期に対して 5% 水準で有意差が認められたが、CM 期と EM 期の間では 10% 水準となり傾向をみるにとどまった。

CM 期の4日目、EM 期、EH 期の3日目の尿中窒素排泄量の経時的变化を Fig.1 に示した。CM 期では 11~12 時、および 14~15 時にピークがみられ、10 時から 17 時の間は 0.4 g/時の排泄量を越えていた。一方、

EM 期では同じく 11~12 時にピークがみられ、またそれは CM 期の同時間帯よりも高い値であった。運動開始時より 22 時まで、16~17 時の時間帯を除き、0.4 g/時の排泄量を越える高いレベルを示した。EH 期は同じく 11~12 時の時間帯にピークを示したが、それは EM 期の同時間帯よりも低く、CM 期とほぼ同じレベルであった。EH 期と CM 期を比較すると EH 期では 12 時以降に CM 期でみられた 0.4 g/時の排泄量を越える時間帯が 13~14 時以外にはみられなかった。22 時以降の排泄レベルは 22 時から翌日の 8 時までブールした尿中の

Fig.1. Changes in urinary nitrogen excretion per hour in CM, EM and EH periods.

Values were represented as the Mean $\pm$ S.D. for four subjects.

Dotted area, over 0.4 g/hr; slashed area, 0.3-0.4 g/hr; blank area, below 0.3 g/hr.

窒素排泄量を時間当たりで表わしたものであるが、EM期が他の2期よりやや高かった。

経皮窒素損失量は Table 4 にみられるようにいずれの被験者ともに CM 期より EM 期、EH 期のほうが高値を示した。EH 期は EM 期よりも低かった。4 人の平均値でみると各期の間に有意な差がみられた。

糞中窒素排泄量は平均値でみると CM 期 > EH 期 > EM 期の順にあり、両運動期は CM 期に対していずれも有意な差がみられた。EM 期と EH 期の間には有意な差はみられなかった。

窒素出納値の結果を Table 4 に示した。個々にみると被験者 A と C では EH 期 > CM 期 > EM 期の順に正の方向にあり、被験者 D では EH 期 > EM 期 > CM 期の順に正の方向にあった。被験者 B では EH 期と EM 期がほぼ同じであったが CM 期はこの両期よりもやや負の方向にあった。4 人の平均値でみると EH 期 > CM 期 > EM 期の順に正の方向にあり、EH 期は CM 期、EM 期いずれに対しても有意であった ($p < 0.05$)。

血清グルコース、血清尿素窒素および全血中の乳酸の

変化を Table 5 に示した。絶対値のほか、10 時の測定値を 100 とした相対変化をも示した。血清グルコースは CM 期では 10 時に対して 11 時にはほとんど変わらず、12 時にやや上昇傾向を示した。EH 期では 10 時 20 分に減少の傾向をみたが、10 時 40 分、11 時には運動前の値にもどり、12 時にはやや上昇傾向を示した。EM 期では 10 時 20 分、10 時 40 分と増加傾向を示し、その後も CM 期、EM 期よりも高い増加率を示した。しかしながら、いずれの時期においても各期の間に、また運動前の値に対しても有意な差は認められなかった。血清尿素窒素は EM 期、EH 期いずれも 10 時 40 分まで上昇傾向を示し、11 時にはやや減少する傾向を、そして 12 時には EM 期がやや減少の、EH 期ではやや増加傾向を示した。しかしながら、いずれも有意な変化ではなかった。全血中乳酸は運動前の値に対して EM 期の 11 時に、EH 期の 10 時 20 分、10 時 40 分、11 時に有意な増加がみられた。12 時にはいずれの運動期においても運動前の値にもどる様子を示した。

考 察

これまで運動時の尿中窒素排泄量については安静時と比較して増加する場合^{11)~13)}と変動しないかあるいは減少する場合^{14)~17)}とが報告されている。本実験では 1 日あたりの尿中窒素排泄量をみるとすべての被験者において CM 期 (非運動・維持エネルギー) に比べて EM 期 (運動・維持エネルギー) のほうが多く、エネルギー供給量が維持レベルの場合は運動による尿中窒素排泄量の増加の傾向が認められた。一方、エネルギー供給量が十分になされている EH 期 (運動・高エネルギー) には EM 期より尿中窒素排泄量は少なかった。これらのことは運動による尿中窒素排泄量の変化にエネルギー供給条件が大きく関与し、運動時の尿中窒素排泄量の変化に対してエネルギー供給条件が重要な影響因子であり、運動によって尿中窒素排泄量が増加したとする報告の多くは運動時のエネルギー供給量が不足したためであると指摘する報告^{15)~17)}を支持する結果となった。

尿中窒素排泄量の経時変化をみると EM 期、EH 期ともに 10~11 時の運動負荷時間帯には著明な増加をみなかったが、続く 11~12 時の時間帯にはいずれの運動期も著しい増加をみた。山地¹⁴⁾は 2 週間の労働実験で 1 日にエネルギー量 1,100 kcal を必要とする労働を 150 分間行なわせたところ、尿中窒素排泄量は実験初期において労働負荷終了時から 1 時間の時間帯に増加を観察し、また Millward ら¹⁸⁾は最大酸素摂取量の 50% 強度の運動を 3 時間 45 分負荷すると運動終了後 18 時間以上にわたって窒素の排泄量が増加することを示した。投与 ^{13}C -ロイシンからの $^{13}\text{CO}_2$ 生成の動態や血漿尿素濃

Table 4. Nitrogen balance data.

(g/day)

Sub.	Period [‡]	N intake	Urinary N	Fecal N	Dermal N	N balance
A	CM	11.94	9.15 ^a	1.41 ^b	0.35 ^c	1.03
	EM	11.94	9.80	1.27	0.61	0.26
	EH	11.95	7.04	1.34	0.54	3.03
B	CM	12.02	9.95	1.66	0.31	0.10
	EM	12.02	10.06	1.17	0.60	0.19
	EH	12.03	9.91	1.48	0.46	0.18
C	CM	12.03	8.18	1.69	0.27	1.89
	EM	12.03	8.79	1.45	0.57	1.22
	EH	12.04	7.09	1.44	0.46	3.05
D	CM	11.86	7.85	1.59	0.18	2.24
	EM	11.86	7.92	1.05	0.53	2.36
	EH	11.87	5.35	1.20	0.43	4.89
Pooled mean	CM	11.96	8.78	1.59 ^f	0.28 ^d	1.32 ^f
	EM	11.96	9.14 ^f	1.24 ^f	0.58 ^e	1.01 ^f
	EH	11.97	7.35 ^f	1.37	0.47 ^e	2.79 ^f

[‡] CM, control-maintenance energy period; EM, exercise-maintenance energy period; EH, exercise-high energy period.

^a Mean for the last 3 days in each period; ^b mean for the 3 days in each period; ^c mean for the 2 days in each period; ^d significant difference ($p < 0.001$); ^e significant difference ($p < 0.01$); ^f significant difference ($p < 0.05$).

度の変動からタンパク質代謝の昂進は運動中におこると考えられるにもかかわらず尿中窒素排泄量の増加が運動後にみられる原因は尿素の腎透過抑制や尿素プールの代謝回転の遅れであると説明している。このように運動は尿中窒素排泄量を一過性に増加させるがその増加は運動終了後にみられている。

1日量でみた場合、山地¹⁴⁾は運動負荷直後の尿中窒素排泄量の増加はその後の減少によって相殺され、安静日も運動日も差はみられないとした。本実験ではEH期では運動による尿中窒素排泄量の一過性の増加を運動負荷直後に観察したがその後目立った尿中窒素排泄量の増加はみられず、安静期であるCM期と比較してむしろ減少する傾向を示し、1日量としてはCM期よりむしろ減少した。一方、EM期ではEH期と比較し、17時以降もかなり高い排泄量を示し、1日量としても尿中窒素排泄量はCM期、EH期よりも高いという結果となった。このようにEH期にエネルギー供給量を増加させたことが尿中窒素排泄量の運動後の回復に大きく影響していた。また山地¹⁴⁾も労働期に負荷労働量に等しいエネルギーを増加させており、このことも今回のEM期とEH期における尿中窒素排泄量の違いがエネルギーの供給条件の違いによるものであることを示唆するものであると思われる。

運動を負荷することによりあるいはタンパク質摂取量

を多くすることにより経皮窒素損失量が増加することはこれまでも多くの研究者により報告されている⁵⁾⁶⁾⁸⁾⁹⁾。本実験では同じ運動負荷条件であり、しかもタンパク質摂取量もまったく同様であるにもかかわらずEM期はEH期よりも有意に高いレベルにあった。異なったタンパク質摂取レベルの実験ではあるが、経皮窒素損失量と血中尿素窒素濃度との間には正の相関があることが報告されている^{19)~21)}。ことから血中尿素窒素の増加は尿中窒素排泄量を増加させる一要因であると同時に経皮窒素損失量を増加させることが考えられる。本実験では運動負荷時の血中尿素窒素の動きはTable 5に示したように10時を基準にした相対変化ではEH期とEM期とはほぼ同様であったが、その変動レベル(絶対値)は全体的にEM期はEH期よりも高い傾向を示していた。それが経皮窒素損失量の増加に影響したという可能性も考えられる。しかし、EM期にEH期より血清尿素窒素濃度が高い傾向がみられた理由がエネルギー供給条件の違いによるものであるかどうか明らかではない。

窒素出納値を運動期のEH期とEM期で比較すると、被験者Bでは両期の間はなかったが、他の被験者はEH期のほうがEM期よりも正の方向にあり、エネルギー供給量の増加が窒素出納値を正の方向に傾けるという結果になっている。

運動時の尿中窒素排泄量と経皮窒素損失量の相互の関

Table 5. Changes in serum glucose, urea-N and lactate contents.*

(mg/dl)

Period	Time	SG	Urea-N	Lactate
CM#	9:00	72.5±8.6	15.6±4.1	18.0±2.2
	10:00	73.5±8.7 (100)	16.3±3.2 (100)	17.4±1.0 (100)
	11:00	71.5±4.4 (99±17.5)	16.5±2.6 (102±6.4)	19.3±1.9 (111±7.9)
	12:00	79.3±5.1 (109±15.8)	16.9±2.8 (104±8.2)	17.8±1.4 (102±5.0)
EM#	9:00	66.8±12.6	18.7±1.2	10.6±0.5
	10:00	64.3±13.0 (100)	19.3±1.9 (100)	11.1±1.3 (100)
	10:20	57.5±7.6 (91±17.1)	19.7±1.1 (103±11.1)	13.4±1.5 (123±17.2)
	10:40	65.5±9.5 (98±30.1)	22.1±5.1 (116±30.5)	16.0±3.9 (148±46.2)
	11:00	65.8±15.6 (104±24.2)	20.9±2.5 (108±13.1)	22.4±2.5 (205±36.6)
	12:00	71.3±23.6 (110±21.7)	20.4±4.3 (107±27.6)	12.9±2.3 (119±31.9)
EH#	9:00	63.5±2.6	13.9±4.2	17.1±1.3
	10:00	66.8±2.6 (100)	14.2±4.0 (100)	16.7±1.1 (100)
	10:20	68.8±7.5 (103±10.2)	14.5±3.4 (105±28.5)	21.5±2.6 (129±9.4)
	10:40	78.0±4.5 (117±9.3)	16.6±5.9 (115±26.9)	27.6±3.7 (166±19.7)
	11:00	74.5±1.3 (112±6.3)	15.7±4.6 (111±15.9)	38.9±2.9 (234±3.2)
	12:00	79.5±4.9 (119±11.6)	16.7±5.1 (118±18.3)	20.2±2.2 (121±18.4)

* Data were shown as mean±S.D. for the 4 subjects in each period. Relative changes*compared with the data at 10:00 were shown in the parentheses.

CM, control-maintenance energy period; EM, exercise-maintenance energy period; EH, exercise-high energy period.

係についてこれまでも多くの報告がある⁸⁾⁹⁾。本実験では EM 期, EH 期ともに経皮窒素損失量は CM 期より増加したが, 尿中窒素排泄量は CM 期に比べ EH 期は減少し, EM 期は増加した。このようにエネルギー供給量を増加させた EH 期では CM 期に比べすべての被験者で経皮窒素損失量の増加に対して尿中窒素排泄量が減少したが量的には尿中窒素排泄量は経皮窒素損失量の変動よりもはるかに高いレベルで変動していることから尿中窒素排泄量の減少が経皮窒素損失量の増加に対する代償的な減少といえるか否か明らかではない。

今回の結果から運動時の尿中窒素排泄量と経皮窒素損失量の代償的關係について論じることが困難であるが, 運動時の尿中窒素排泄量と経皮窒素損失量の相互関係については運動負荷時において運動負荷によってもたらされたエネルギー消費量の増加に対して適切なエネルギー供給が重要な影響因子であることが確認された。今後はさらにタンパク質摂取量の影響についても検討する必要

がある。

要 約

運動時の経皮窒素損失量と尿中窒素排泄量の変動に及ぼすエネルギー供給条件について検討した。

実験期は非運動・維持エネルギー期 (CM 期), 運動・維持エネルギー期 (EM 期), 運動・高エネルギー期 (EH 期) の 3 期とした。いずれの実験期ともにタンパク質摂取レベルは 190 mg/kg/日とし, エネルギー摂取量は CM 期と EM 期は維持レベルとして 44 kcal/kg/日, EH 期は高レベルとして 52 kcal/kg/日とした。運動期には 150 m/分の速度で 10 分間のトレッドミル走を, 間に 10 分間の休息を入れて 3 回行なわせた。

結果は以下のとおりである。

1) 尿中窒素排泄量は各被験者においてもまた平均値においても EM 期>CM 期>EH 期の順にあり, EH 期と EM 期, CM 期の間に有意な差がみられた。尿中

窒素排泄量の経時的变化においては運動負荷後に一過性の増加を観察した。しかしながら EH 期においてはその後の減少により 1 日量としては CM 期よりも減少する傾向を示した。

2) 経皮窒素損失量は EM 期>EH 期>CM 期に多く、いずれの間にも有意な差がみられた。

3) 窒素出納値は CM 期と EM 期はほぼ同レベルにあったが、EH 期はこれら両期に比べて有意に正の方向にあった。

文 献

- 1) Ashworth, A. and Harrower, A.D. : *Br. J. Nutr.*, **21**, 163 (1962)
- 2) Huang, P.-C., Lo, C.-C. and Ho, W.-T. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **28**, 494 (1975)
- 3) Weiner, J.S., Willson, J.O., Nell, H.E. and Wheeler, E.F. : *Br. J. Nutr.*, **27**, 543 (1972)
- 4) Sirbu, E.R., Margen, S. and Calloway, D.H. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **20**, 1158 (1967)
- 5) Consolazio, C.F., Nelson, R.A., Matoush, L.O., Harding, R.S. and Canham, J.E. : *J. Nutr.*, **79**, 399 (1963)
- 6) Consolazio, C.F., Johnson, H.L., Nelson, R.A., Dramise, J.G. and Skala, J.H. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **28**, 29 (1975)
- 7) Mitchell, H.H. and Edman, M. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **10**, 163 (1962)
- 8) 村松成司, 鈴木正敏, 高橋徹三 : 栄食誌, **39**, 9 (1986)
- 9) Takahashi, T., Muramatsu, S. and Suzuki, M. : *J. Nutr. Sci. Vitominal.*, **31**, 363 (1985)
- 10) 池本正生, 富田 仁 : 臨床化学検査マニュアル (奥田 清編), 50 (1983), 医歯薬出版 (東京)
- 11) Nakagawa, T. : *Jpn. J. Exp. Med.*, **16**, 347 (1938)
- 12) Cathcart, E.P. and Burnett, W.A. : *Proc. R. Soc. London, Ser. B*, **99**, 405 (1926)
- 13) Wilson, H.E.C. : *J. Physiol.*, **75**, 67 (1932)
- 14) 山地廉平 : 日本生理学雑誌, **13**, 491 (1951)
- 15) Young, V.R. and Price, R. : *J. Appl. Physiol.*, **16**, 351 (1961)
- 16) Keys, A. : *Fed. Sci. Proc.*, **2**, 164 (1943)
- 17) Hedman, R. : *Acta Physiol. Scand.*, **40**, 305 (1957)
- 18) Millward, D.J., Davies, C.T.M., Halliday, D., Wolman, S.L., Matthews, D. and Rennie, M. : *Fed. Sci. Proc.*, **41**, 2686 (1982)
- 19) Schwartz, I.L., Thaysen, J.H. and Dole, V.P. : *J. Exp. Med.*, **97**, 429 (1953)
- 20) Komives, G.K., Robinson, S. and Roberts, J.T. : *J. Appl. Physiol.*, **21**, 1681 (1966)
- 21) Calloway, D.H., O'dell, A.C.F. and Margen, S. : *J. Nutr.*, **101**, 775 (1971)

(昭和 60 年 11 月 9 日受理)