

10. 短期間のクレアチン摂取が体重・除脂肪体重に及ぼす影響と筋肉量の関係

武蔵大学 山口 香

10. Relationships of influence of short-term creatine supplementation on body weight/fat free mass and muscle mass

Kaori YAMAGUCHI (Musashi University)

The purpose of this study was to clarify how muscle mass influences on gain of body mass (BM) / fat free mass (FFM) by creatine supplementation. As creatine is used for energy supply as a form of CP, consumption of creatine during exercise was also considered. Subjects had taken creatine supplement of 20g, 5g with 250ml water four times each day, for six days. BM, FFM, and circumferences of selected body parts of the subjects were measured before and after creatine supplementation. As a result, no significant value in any circumference measures indicates that muscular hypertrophy was not occurred by the 6-day supplementation. Although no significant values were appeared, the mean values of the BM and FFM showed increasing tendency after the supplementation. The mean value of %body fat did not show any significant change but decreasing tendency. It is suggested that increases of BW and FFM were affected by creatine supplementation due to the significant increase of creatine value between before and after blood tests.

Furthermore, an equilateral correlation was shown between a value of a BM change after the creatine supplementation and quantity of relative muscle mass of each subject. Therefore, the muscle mass gain seems to be one factor of the BM gain after the creatine supplementation. In addition, demand of water consumption tended to increase from the third day of the creatine supplementation.

I 序論

クレアチンは筋肉中に存在する高エネルギーリン酸結合の担体であり、アデノシン3リン酸(ATP)同様、エネルギー供与体として働く物質である。クレアチンは肝臓などでグリシン、アルギニン、メチオニンから合成された後、筋肉に取り込まれ、リン酸と結合してクレアチンリン酸(CP)として貯蔵される。

CPが用いられるエネルギー供給機構はATP-CP系である。ATPからリン酸結合が分離し、筋収縮のためのエネルギーが供給されるとアデノシン2リン酸(ADP)が生じ、クレアチンキナーゼの働きで、CPとADPからすばやくATPが再合成される。このATP-CP系で発揮されるハイパワーは、CPの蓄積量を増大させることでその枯渇を遅延させ、より高いレベルで維持することができ、またCPの蓄積はATP-CP系への依存度を高めるので、乳酸系への依存度が低くなり筋の酸性化を防ぐことで、より大きなパワーでの運動の持続を可能にする^{9,14)}。そこで、高レベルの最大無酸素パワーを要求される競技者の間で、サプリメントとしてクレアチンを経口摂取することにより、筋肉中にCPを蓄積させ、無酸素運動時間の延長・パワーの向上を図る選手が増加してきている¹⁷⁾。近年では、1992年のバルセロナ五輪陸上競技男子100mで金メダルを獲得したリンフォード・クリスティや、アメリカ大リーグで当時の本塁打記録を樹立したマーク・マグワイアがクレアチンサプリメントを使用していたことが報道された。

クレアチンの摂取方法に関しては、1日20g～30g、5～6日間の摂取により筋肉中のクレアチン濃度が約18%増加することが認められている^{2,9,12,14)}。さらに、総クレアチン濃度の増加とともにCP濃度も増加し、5～6日間のクレアチン摂取で約7～10%増加する^{2,12,14)}。このような筋の総クレアチン濃度およびCP濃度を増加させることを目的としたクレアチンの摂取方法は“クレアチン・ローディング”と呼ばれる¹³⁾。

クレアチン摂取によるエネルギー供給や体組成に対する影響に関して多くの研究がなされているが、多くの先行研究ではその摂取期間に関わらず、クレアチン摂取に伴う体重増加が確認されている^{1,8,10,11,13,15,17)}。このことは、クレアチン摂取による体内水分量の蓄積が関係していると考えられている^{1,14,15)}。あるいは、筋萎縮を伴う疾患患者に1日1.5g、1年間のクレアチン摂取を行わせた結果、筋繊維、特に速筋繊維の肥大が引き起こされたこと⁵⁾や、クレアチンが筋の収縮タンパク質合成を促進させる効果を有することから、タンパク質合成促進による筋肉量の増加が体重増加に関係しているとも考えられている¹⁷⁾。ただし、このタンパク質合成促進による体重増加については、動物実験においてクレアチンを摂取させただけでは筋肥大が生じない¹⁵⁾と示されていることから、クレアチン摂取とともに筋力トレーニングを行った場合のみ、クレアチンの筋力増加・筋肥大促進効果が現れると考えられている¹⁴⁾。

クレアチン摂取による体重増加に関して、Kreiderら¹⁰⁾によれば14日間のクレアチン摂取で男性では体重および除脂肪体重の有意な増加が見られたが、女性には見られなかった。Mihicら¹³⁾の研究でも同様に、5日間のクレアチン摂取に伴う体重および除脂肪体重の増加量は女性に比べて男性の方が有意に多かったという結果が出ている。また60～82歳の高齢の男性においても体重増加に関してクレアチン摂取群とプラセボ摂取群との間に有意な差が無かったという報告もある³⁾。しかしこれらの研究では、体重増加に関して性差が出た原因や、高年齢層の被験者において若年層とは異なる結果が出た原因については言及されていない。

そこで本研究では、クレアチン摂取による体重・除脂肪体重の増加に関して、被験者の性差あるいは年代によってその結果が異なる、という見解の要因を追及する上で、男性と女性、および

若年男性と高齢男性の体重・除脂肪体重の増加量の差がそれぞれの持つ筋肉量に關係しているのではないかと、この観点から、被験者が有している筋肉量がクレアチン摂取による体重・除脂肪体重の増加量にどのように影響するのかを明らかにすることを目的とした。

II 実験方法

A. 被験者

被験者は、健康な男子大学生10名(表1に被験者の身体的特性を示す)。クレアチンがCPの形でエネルギー供給に用いられることから、運動によるクレアチンの消費についても考慮し、被験者のうち6名はトレーニング群、4名は非トレーニング群とした。被験者全員に実験の内容および安全性について事前に説明し、同意を得た上で実験を行った。

トレーニング群の6名は体育会系柔道部員で、日常的に柔道競技のトレーニングを行っている者とし、その運動頻度は週に5回であった。

非トレーニング群の4名はクラブ活動・サークル活動等で日常的に激しい運動を行っていない者とした。

表1. 被験者の身体特性 (mean ± SD)
A physical characteristic of a test person

	年齢(yrs)	身長(cm)	体重(kg)
トレーニング群	20.50±1.52	175.02±5.82	67.46±5.98
非トレーニング群	22.25±0.43	170.73±5.13	62.15±3.67
被験者全体	21.20±1.40	173.30±5.64	65.34±5.80

B. 期日

トレーニング群 : 平成15年11月17日～11月26日

非トレーニング群 : 平成16年1月7日～1月14日

(尚、1名のみは1月9日～1月16日に行った)

C. クレアチンの摂取

クレアチンサプリメント(ゴールドジム社製 クレアチンパウダー)を1日に4回、1回につき250mlの水と共に5g、計20g摂取させ、それを6日間繰り返させた。4回の摂取は毎食後と、トレーニング終了後あるいは就寝前のタイミングで行わせた。

D. 体組成測定

バイオスペース社製InBody3.2を用いてクレアチン摂取前後に体組成を測定した。測定項目は、体重、体脂肪量、体脂肪率、除脂肪体重、腹部脂肪率、骨量、筋肉量、タンパク質量、体水分量、細胞内液量、細胞外液量、体水分分布、浮腫率、肥満度、体格指数(BMI)、基礎代謝量(BMR)、上腕筋肉周囲長(AMC)・上腕周囲長(AC)、体細胞量(BCM)であった。

E. 血液検査

クレアチン摂取開始前日と、摂取終了翌日に血液検査を行った。採血は医師によって行われ、分析は株式会社BMLに委託した。肘部から採血し、白血球数 (WBC)、赤血球数 (RBC)、ヘマトクリット (Ht)、MCV、MCH、MCHC、血小板数、総蛋白、AST (GOT)、ALT (GPT)、 γ -GTP、クレアチニンキナーゼ (CPK)、総コレステロール、尿酸、尿素窒素、クレアチニンの項目について、その数値を分析した。

F. 形態・体脂肪率測定

クレアチン摂取開始前日から摂取終了翌日までの計8日間、形態および体脂肪率の測定を行った。測定項目は身長、体重、体脂肪率、左右上腕周径、左右前腕周径、左右大腿周径、左右下腿周径、胸囲、腰囲、臀囲で、身長、体重、体脂肪率の測定にはそれぞれKDSデジタル身長計DST-210N (0.1cm単位)、タニタBWB-700 (0.05g単位)、タニタTBF-560 (0.1%単位)を使用した。

測定時の条件は午前8時、朝食前・排尿後、下着のみの着用とした。

G. 食事記録

食事による体重への影響を検討するため、クレアチン摂取期間中、毎回の食事を記録させ、その記録をもとにインターネットにてSFCカロリー&栄養サポート (<http://wellness2.sfc.keio.ac.jp/Nutrition/>)を利用して総摂取カロリーを算出した。また、トレーニング群には、当日のトレーニング内容も記録させた。

H. 実験の手順

図1は実験手順を示したものである。クレアチンの摂取を開始する前々日 (Day1) に体組成を測定し、摂取開始前日 (Day2) に採血を行った。Day2から摂取終了翌日 (Day9) までの8日間、形態・体脂肪率を測定した。クレアチン摂取はDay3からDay8までの6日間行わせた。クレアチン摂取終了後、再度採血 (Day9) と体組成測定 (Day10) を行った。尚、非トレーニング群は摂取前後の体組成測定と採血を摂取開始前日 (Day2) と摂取終了翌日 (Day9) にそれぞれまとめて行った。

Day1	Day2	Day3	Day4	Day5
・体組成測定	形態・体脂肪率測定 ・採血	クレアチン摂取		
Day6	Day7	Day8	Day9	Day10
			形態・体脂肪率測定 ・採血	・体組成測定
		クレアチン摂取		

図1. 実験の手順
A procedure of an experiment

I. 分析方法

クレアチン摂取前後の各検査・測定結果は平均±標準偏差で表し、Microsoft Excel 2002のt検定を用いて平均値の差を検定し、危険率は5%水準以下とした。

III 結果

A. 形態・体脂肪率測定

Day2～9（非トレーニング群はDay1～8）に行った形態・体脂肪率測定値の、摂取前後それぞれの平均±標準偏差を以下に示す。

表2 Cr摂取前後の形態・体脂肪率 (mean ± SD)
The front and the back to take Cr of physical form and percent of body fat

項目名	Tr群摂取前	Tr群摂取後	非Tr群摂取前	非Tr群摂取後	両群摂取前	両群摂取後
身長(cm)	175.02±5.31	175.07±5.14	170.73±5.13	170.73±4.86	173.30±5.64	173.33±5.46
体重(kg)	67.46±5.98	67.66±5.91	62.15±3.67	63.50±3.83	65.34±5.80	65.50±5.84
体脂肪率(%)	10.48±1.17	10.02±1.11	10.58±2.05	10.85±1.47	10.52±1.58	10.35±1.33
左前腕(cm)	25.58±0.88	25.75±0.95	24.43±1.15	24.55±1.26	25.12±1.15	25.27±1.23
右前腕(cm)	25.93±0.69	26.12±0.68	25.25±1.64	25.55±1.54	25.66±1.21	25.89±1.14
左上腕(cm)	30.18±1.94	30.23±2.10	28.73±1.22	28.73±1.17	29.6±1.83	29.63±1.93
右上腕(cm)	30.38±1.73	30.42±2.00	29.08±2.00	29.05±1.45	29.86±1.95	29.87±1.92
左大腿(cm)	55.12±2.20	55.35±2.71	52.58±1.56	52.93±1.58	54.1±2.33	54.38±2.61
右大腿(cm)	56.02±1.67	55.95±1.76	53.30±1.38	52.68±1.91	54.93±2.05	54.64±2.43
左下腿(cm)	37.65±1.50	38.10±1.61*	36.33±1.56	36.70±1.91	37.12±1.66	37.54±1.87*
右下腿(cm)	37.97±1.36	38.25±1.51	36.55±1.95	36.58±1.95	37.40±1.76	37.58±1.89
胸囲(cm)	89.00±3.47	89.68±4.59	85.78±3.94	86.38±3.70	87.75±4.00	88.38±4.52
腰囲(cm)	72.33±2.06	71.28±2.83	71.50±4.33	71.93±3.87	72.00±3.20	71.54±3.30
臀部(cm)	92.28±3.20	93.63±3.42**	90.23±1.05	90.83±0.93	91.46±2.76	92.51±3.04**

(* p<0.05 ** p<0.01)

以上の項目に関して、トレーニング群においてはクレアチン（以下Cr）摂取前後で左下腿（摂取前37.65±1.50cm、摂取後38.10±1.51cm、p<0.05）と臀部（摂取前92.28±3.20cm、摂取後93.63±3.42cm、p<0.01）にのみ有意差が認められたが、非トレーニング群ではいずれの項目でも有意差は見られなかった。また、両群を合わせても有意差が見られたのは左下腿（摂取前37.12±1.66cm、摂取後37.54±1.87cm、p<0.05）と臀部（摂取前91.46±2.76cm、摂取後92.51±3.04cm、p<0.01）の2項目のみであった。

B. 体組成測定

InBody3.2を用いて行った体組成測定結果の、全項目の平均±標準偏差を表3に示す。トレーニング群では、体重（摂取前67.35±6.06kg、摂取後68.22±5.81kg）、除脂肪体重（摂取前

59.03 ± 4.80 kg、摂取後 60.02 ± 4.41 kg)、骨量 (摂取前 3.15 ± 0.21 kg、摂取後 3.20 ± 0.19 kg)、筋肉量 (摂取前 55.90 ± 4.60 kg、摂取後 56.85 ± 4.23 kg)、体水分量 (摂取前 40.98 ± 3.36L、摂取後 41.67 ± 3.11L)、細胞内液 (摂取前 27.83 ± 2.18L、摂取後 28.42 ± 1.99L)、水分分布・右腕 (摂取前 7.08 ± 0.57L、摂取後 7.24 ± 0.61L) の項目でCr 摂取前後に有意な差 (p<0.05) が見られたが、非トレーニング群ではいずれの項目にも有意差は見られなかった。両群を合わせると、細胞内液 (摂取前 26.73 ± 2.55L、摂取後 27.23 ± 2.48L、p<0.01) と浮腫率 (摂取前 0.32 ± 0.01%、摂取後 0.32 ± 0.01%、p<0.01)、体細胞量 (BCM) (摂取前 41.07 ± 3.92 kg、摂取後 41.73 ± 3.82 kg、p<0.05) の項目で有意差が見られた。尚、この測定で得られた筋肉量の値はタンパク質量、細胞外液量、細胞内液量の合計である。

表3 体組成測定結果 (mean ± SD)
Body composition

項目名	Tr群摂取前	Tr群摂取後	非Tr群摂取前	非Tr群摂取後	両群摂取前	両群摂取後
年齢(歳)	20.50 ± 1.38	20.50 ± 1.38	22.25 ± 0.43	22.25 ± 0.43	21.20 ± 1.40	21.20 ± 1.40
身長(cm)	174.67 ± 5.02	174.67 ± 5.02	170.75 ± 4.97	170.75 ± 4.97	173.10 ± 5.36	173.10 ± 5.36
体重(kg)	67.35 ± 6.06	68.22 ± 5.81*	62.43 ± 3.76	62.60 ± 4.01	65.38 ± 5.80	65.97 ± 5.85
体脂肪体重(kg)	8.32 ± 2.31	8.20 ± 2.43	9.18 ± 1.09	8.95 ± 1.27	8.66 ± 1.96	8.50 ± 2.08
除脂肪量(kg)	59.03 ± 4.80	60.02 ± 4.41*	53.28 ± 4.36	53.63 ± 4.23	56.73 ± 5.42	57.46 ± 5.35
骨量(kg)	3.15 ± 0.21	3.20 ± 0.19*	2.90 ± 0.19	2.91 ± 0.19	3.05 ± 0.24	3.08 ± 0.24
筋肉量(kg)	55.90 ± 4.60	56.85 ± 4.23*	50.35 ± 4.18	50.73 ± 4.04	53.68 ± 5.21	54.40 ± 5.13
タンパク質量(kg)	14.93 ± 1.23	15.20 ± 1.12	13.43 ± 1.11	13.53 ± 1.07	14.33 ± 1.40	14.53 ± 1.37
体水分量(L)	40.98 ± 3.36	41.67 ± 3.11*	36.90 ± 3.05	37.20 ± 2.97	39.35 ± 3.81	39.88 ± 3.76
細胞外液(L)	13.13 ± 1.34	13.28 ± 1.24	11.83 ± 0.98	11.73 ± 0.97	12.61 ± 1.37	12.66 ± 1.37
細胞内液(L)	27.83 ± 2.18	28.42 ± 1.99*	25.08 ± 2.13	25.45 ± 2.04	26.73 ± 2.55	27.23 ± 2.48**
体脂肪率(%)	12.22 ± 2.54	11.90 ± 2.62	14.78 ± 2.38	14.40 ± 2.43	13.24 ± 2.78	12.90 ± 2.82
腹部脂肪率(%)	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.03	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.02	0.79 ± 0.02	0.80 ± 0.02
水分分布(L)・右腕	2.36 ± 0.25	2.41 ± 0.24	2.12 ± 0.26	2.15 ± 0.22	2.26 ± 2.28	2.31 ± 0.26
水分分布(L)・左腕	2.34 ± 0.30	2.40 ± 0.27	2.04 ± 0.25	2.09 ± 0.24	2.22 ± 0.32	2.27 ± 0.30
水分分布(L)・体幹	18.68 ± 1.53	18.95 ± 1.38	17.10 ± 1.49	17.40 ± 1.35	18.05 ± 1.70	18.33 ± 1.56
水分分布(L)・右脚	7.08 ± 0.57	7.24 ± 0.61*	6.16 ± 0.50	6.10 ± 0.57	6.71 ± 0.71	6.78 ± 0.81
水分分布(L)・左脚	7.05 ± 0.58	7.19 ± 0.64	6.07 ± 0.47	6.01 ± 0.56	6.66 ± 0.72	6.72 ± 0.84
浮腫率(%)	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.01**
肥満度(%)	100.50 ± 9.67	101.83 ± 9.30	99.00 ± 7.65	98.50 ± 8.26	99.90 ± 8.95	100.50 ± 9.05
体格指数(kg/m ²)	22.10 ± 1.92	22.37 ± 1.88	21.45 ± 1.34	21.35 ± 1.51	21.84 ± 1.74	21.96 ± 1.81
BMR(kcal)	1925.92 ± 136.49	1951.83 ± 128.23	1735.28 ± 107.71	1744.85 ± 103.78	1849.66 ± 156.66	1869.04 ± 156.38
AMC(cm)	24.12 ± 1.85	24.37 ± 1.77	22.98 ± 1.38	23.18 ± 1.16	23.66 ± 1.77	23.89 ± 1.66
AC(cm)	27.12 ± 1.89	27.32 ± 1.84	26.75 ± 1.23	26.90 ± 1.25	26.97 ± 1.67	27.15 ± 1.64
BCM(kg)	42.75 ± 3.40	43.57 ± 3.07	38.55 ± 3.22	38.98 ± 3.10	41.07 ± 3.92	41.73 ± 3.82*

(* p<0.05 ** p<0.01)

この体組成測定の結果の中で、体重と除脂肪体重、および体脂肪率に着目し、トレーニング群、非トレーニング群、あるいは両群を合わせた場合それぞれの平均値の変化を、図2、3、4に示す。

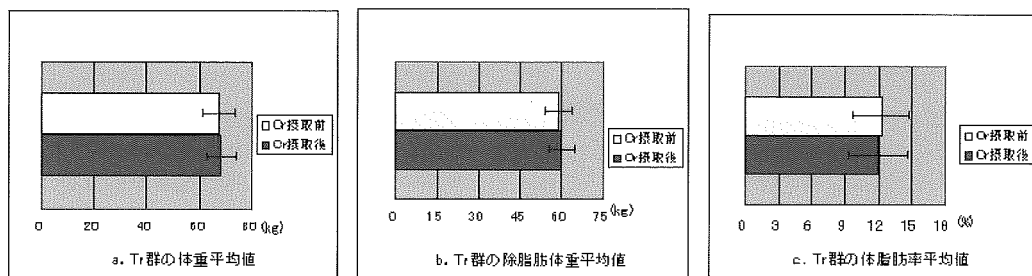


図2 Tr群の体重・除脂肪体重・体脂肪率平均値
The weight / fat free mass / the percent of body fat mean of Tr group

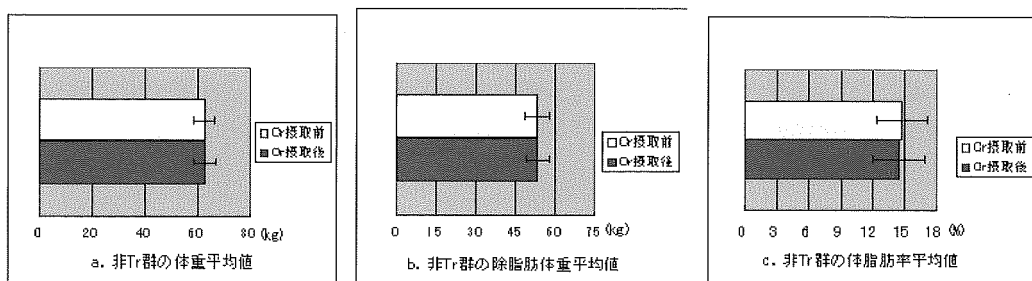


図3 非Tr群の体重・除脂肪体重・体脂肪率の平均値
The mean of the weight / fat free mass / percent of body fat of non-Tr group

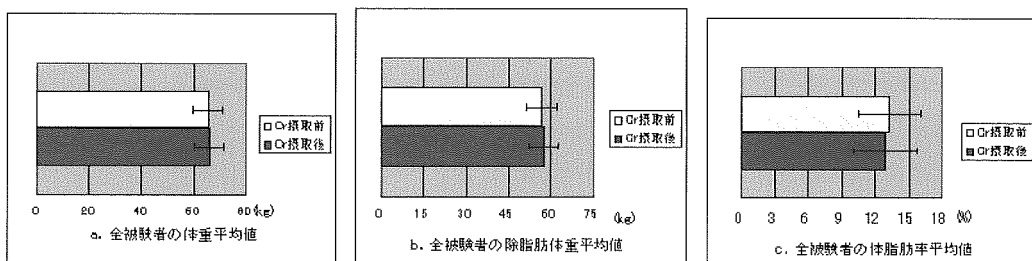


図4 全被験者の体重・除脂肪体重・体脂肪率の平均値
The mean of the weight / fat free mass / percent of body fat of all subjects

トレーニング群における体重増加（摂取前 67.35 ± 6.06 kg、摂取後 68.22 ± 5.81 kg）は、Cr摂取前の測定結果から求めた各被験者の体重あたりの筋肉量の比率と正の相関関係にあった（ $r=0.8826$, $p < 0.05$, 図5-a）。

全被験者の平均値を見ても、体重（摂取前 65.38 ± 5.80 kg、摂取後 65.97 ± 5.85 kg）の値そのものにはCr摂取前後で有意な差は認められなかったものの、体重変化量と相対的筋肉量との間に正の相関関係が見られた（ $r = 0.7757$, $p < 0.01$, 図5-b）。

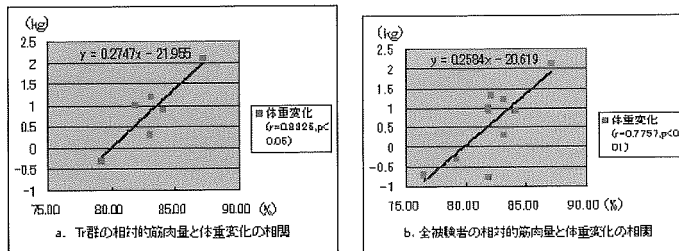


図5 Tr群および全被験者の相対的筋肉量と体重変化の相関
Tr group and relative quantity of muscle and correlation of a weight change of all subjects

体重・除脂肪体重の変化との関連を、筋肉量以外の項目から検討すると、トレーニング群、非トレーニング群、全被験者いずれの場合においても体重あるいは除脂肪体重の変動と体水分量、細胞外液、細胞内液との間に正の相関が見られた。トレーニング群、非トレーニング群いずれの群も除脂肪体重の増加は体水分量、細胞外液、細胞内液のすべての増加と正の相関関係にあり(図6)、被験者全体では体重・除脂肪体重いずれの増加も体水分量、細胞外液、細胞内液すべての増加と正の相関関係にあった(図7)。

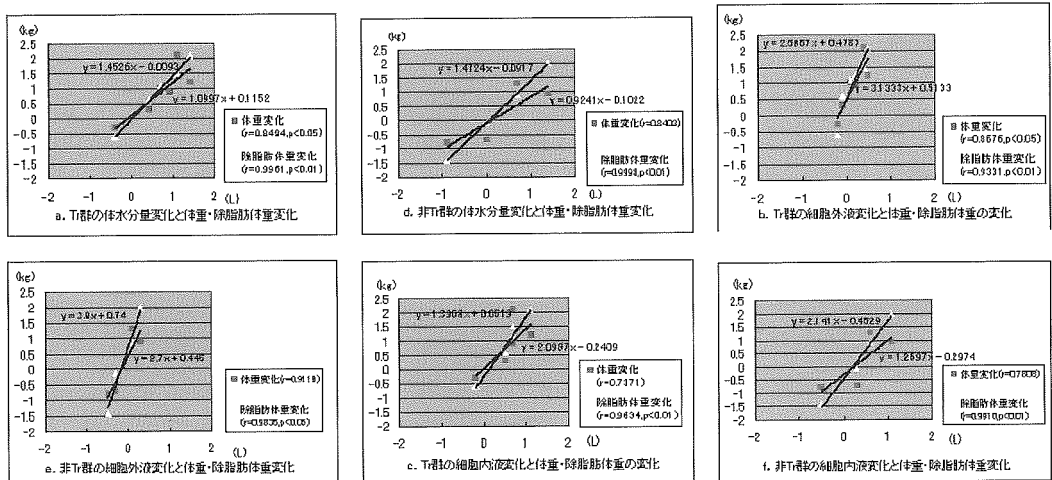


図6 Tr群および非Tr群の体水分変化と体重・除脂肪体重変化の相関
Tr group and correlation of a body water change of non-Tr group and the weight / a fat free mass change

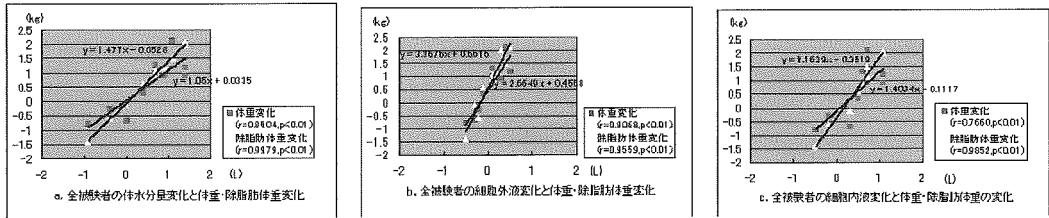


図7 全被験者の体水分変化と体重・除脂肪体重変化の相関
Correlation of a body water change of all subjects and the weight / a fat free mass change

トレーニング群、非トレーニング群それぞれにおけるCr摂取前後の各項目の平均変化率を示す。

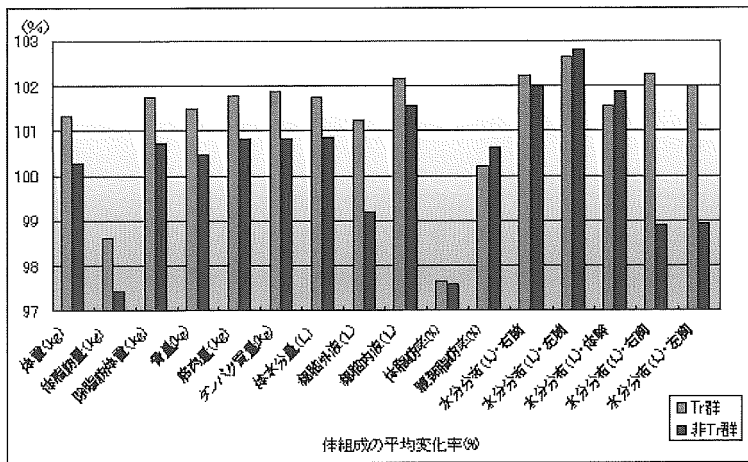


図8 体組成測定各項目の平均変化率のグラフ
An average rate of change of a body composition measurement item

平均変化率においては、トレーニング群と非トレーニング群の間で右腕の水分分布の項目のみでしか有意差は認められなかったが、細胞外液の項目ではトレーニング群が101.24%であったのに対して、非トレーニング群では99.18%と両群間で差が見られた。

C. 血液検査結果

表4 血液検査結果 (mean ± SD)
A blood test

項目名	Tr群Cr摂取前	Tr群Cr摂取後	非Tr群摂取前	非Tr群摂取後	全被験者摂取前	全被験者摂取後
CPK(U/l)	255.17±125.88	508.17±206.32*	149.50±27.47	139.50±27.35	212.90±111.76	360.70±241.78*
クレアチニン(mg/dl)	0.94±0.11	1.09±0.25	0.81±0.05	0.90±0.04*	0.88±0.11	1.02±0.22*
尿酸(mg/dl)	5.33±1.43	4.88±1.22	6.10±0.53	5.40±0.58*	5.64±1.22	5.09±1.04*
尿素窒素(mg/dl)	16.85±3.81	15.30±2.31	15.78±2.89	12.70±1.10	16.42±3.51	14.26±2.31
白血球数(/ μ l)	7021.67±2725.04	5456.67±1498.05	5195.00±1327.38	4355.00±1056.18	6291.00±2441.53	5016.00±1443.80*
総蛋白(g/dl)	7.53±0.27	7.27±0.36*	7.10±0.30	7.08±0.29	7.36±0.36	7.19±0.35
AST(GOT)(U/l)	26.67±7.18	32.33±6.94*	28.00±3.54	21.00±2.74*	27.20±6.03	27.80±7.92
ALT(GPT)(U/l)	19.33±8.63	22.50±6.92	27.50±3.50	18.75±5.12*	22.60±8.10	21.00±6.53
γ -GTP(U/l)	19.17±5.34	19.00±5.60	32.00±11.25	30.00±9.14	24.30±10.35	23.40±9.01
総コレステロール(mg/dl)	194.17±28.21	183.50±30.46*	184.50±13.61	166.50±9.81*	190.30±23.96	176.70±25.78**
赤血球数(万/ μ l)	498.00±20.14	487.33±19.64	491.50±15.66	494.25±25.91	495.40±18.75	490.10±22.61
色素量(g/dl)	15.15±0.67	14.92±0.58	15.20±1.19	15.35±1.51	15.17±0.92	15.09±1.08
ヘマトクリット(%)	45.97±1.36	45.08±1.52	45.78±3.01	47.30±4.11	45.89±2.18	45.97±3.05
MCV(fl)	92.50±1.89	92.50±1.89	93.25±4.82	95.50±4.39*	92.80±3.40	93.70±3.47
MCH(pg)	30.43±0.41	30.62±0.53	30.90±1.89	31.03±1.64	30.62±1.26	30.78±1.13
MCHC(%)	32.93±0.69	33.08±0.52	33.20±0.54	32.40±0.65*	33.04±0.65	32.81±0.67
血小板数(万/ μ l)	22.13±2.94	20.95±1.93	23.78±4.68	24.13±4.53	22.79±3.82	22.22±3.58

(* p<0.05 ** p<0.01)

トレーニング群において、含窒素物質の終末代謝産物である尿酸(UA)、尿素窒素(BUN)、クレアチニンの項目は、いずれも有意差は認められなかったものの尿酸(摂取前 5.33 ± 1.43 mg/dl、摂取後 4.88 ± 1.22 mg/dl)、尿素窒素(摂取前 16.85 ± 3.81 mg/dl、摂取後 15.30 ± 2.31 mg/dl)は減少、クレアチニン(摂取前 0.94 ± 0.11 mg/dl、摂取後 1.09 ± 0.25 mg/dl)にはCr摂取後に増加傾向が見られた。それらの項目は非トレーニング群および全被験者の比較ではクレアチニン(非Tr群摂取前 0.81 ± 0.05 mg/dl、摂取後 0.90 ± 0.04 mg/dl、全被験者摂取前 0.88 ± 0.11 mg/dl、摂取後 1.02 ± 0.22 mg/dl)と尿酸(非Tr群摂取前 6.10 ± 0.53 mg/dl、摂取後 5.40 ± 0.58 mg/dl、全被験者摂取前 5.64 ± 1.22 mg/dl、摂取後 5.09 ± 1.04 mg/dl)の値がそれぞれ有意に増加あるいは減少し(p<0.05)、尿素窒素(非Tr群摂取前 15.78 ± 2.89 mg/dl、摂取後 12.70 ± 1.10 mg/dl、全被験者摂取前 16.42 ± 3.51 mg/dl、摂取後 14.26 ± 2.31 mg/dl)の項目では有意差は見られなかったもののその値がそれぞれ減少した。

クレアチニンキナーゼ(CPK)はトレーニング群と全被験者においてそれぞれ有意な増加が見られた(Tr群摂取前 255.17 ± 125.88 U/l、摂取後 508.17 ± 206.32 U/l、全被験者摂取前 212.90 ± 111.76 U/l、摂取後 360.70 ± 241.78 U/l、p<0.05)。

肝機能の指数である総蛋白、AST、ALT、 γ -GTPについては、総蛋白はトレーニング群でのみ摂取前 7.53 ± 0.27 g/dl、摂取後 7.27 ± 0.36 g/dlと、摂取後に有意な減少(p<0.05)が見られ、ASTはトレーニング群では摂取前 26.67 ± 7.18 U/l、摂取後 32.33 ± 6.94 U/l、非トレーニング群では摂取前 28.00 ± 3.54 U/l、摂取後 21.00 ± 2.74 U/lと摂取後にそれぞれ有意に増加あるいは減少した(p<0.05)。またALTの値もトレーニング群では有意差は認められなかったものの摂取前 19.33 ± 8.63 U/l、摂取後 22.50 ± 6.92 U/lと増加傾向が見られたが、非トレーニング群では摂取前 27.50 ± 3.50 U/l、摂取後 18.75 ± 5.12 U/lと、有意に減少した(p<0.05)。 γ -GTP

に関してはその数値に有意な変化は見られなかった。

貧血の度合いを示す値である赤血球数、ヘマトクリット、MCV、MCH、MCHC、血小板数では非トレーニング群のMCV（摂取前93.25±4.82fl、摂取後95.50±4.39 fl）とMCHC（摂取前33.20±0.54%、摂取後32.40±0.65%）でのみ有意な変化が見られた（ $p<0.05$ ）。

白血球数は全被験者の平均値を比較した場合において、摂取前6291.00±2441.53/ μ l、摂取後5016.00±1443.60/ μ lと摂取後に有意に減少した（ $p<0.05$ ）。

トレーニング群、非トレーニング群それぞれにおけるCr摂取前後の各項目の平均変化率を示す。

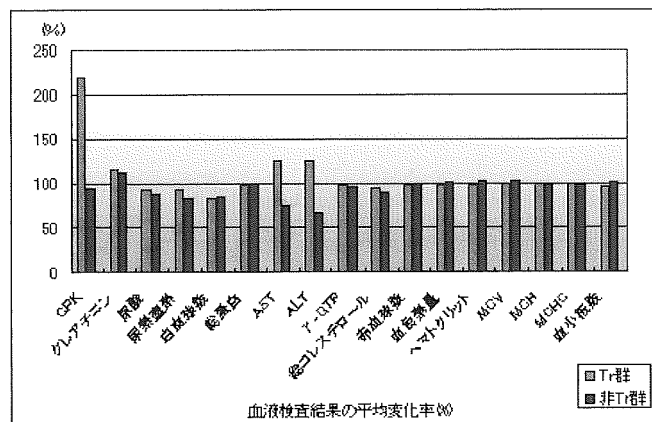


図9 血液検査結果の平均変化率のグラフ
An average rate of change of a blood test

平均変化率ではトレーニング群と非トレーニング群の間で有意差（ $p<0.05$ ）が認められた項目はCPK、AST、ALT、ヘマトクリット、MCV、MCHCであり、特にCPK、AST、ALTの3項目についてはその危険率は1%水準以下であった。

D. 食事記録

Cr摂取期間中に摂った食事内容の記録から得た1日の摂取カロリーおよび1日の合計摂取水分量から、トレーニング群、非トレーニング群それぞれで1日毎の平均値を求め、Cr摂取開始日であるDay3の値を1とした時の、Cr摂取期間中における摂取カロリーおよび摂取水分の推移を示す。

Cr摂取期間中における摂取カロリーおよび摂取水分量に関して、Day3の値を1とした場合の相対的な推移を見ると、摂取カロリーについては、トレーニング群、非トレーニング群いずれの群においてもDay8にそれぞれ0.85倍、0.74倍という最小値を示した。摂取水分量については、トレーニング群、非トレーニング群いずれの群においてもDay5以降に増加傾向が見られ、さらに、トレーニング群においてはDay5～8の間に最小で1.03倍、最大で1.32倍という値を示したのに対して、非トレーニング群においては最小で1.03倍、最大で1.09倍という値を示し、有意差は認められなかったもののその推移において両群間で差が見られた。

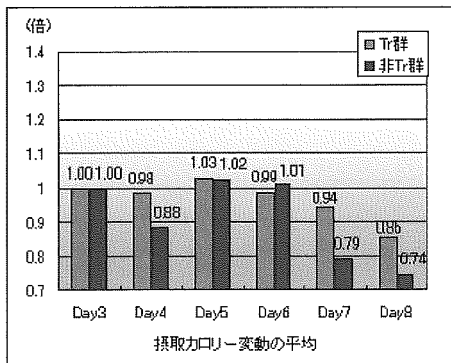


図10 摂取カロリーの相対的な値の推移

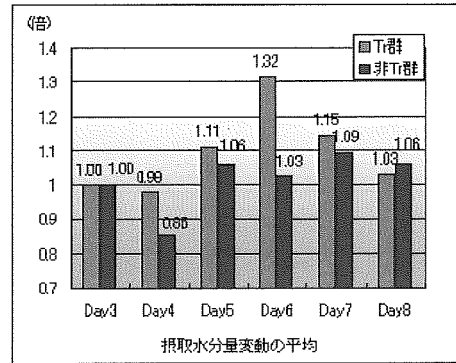


図11 摂取水分量の相対的な値の推移

A change of a relative value of an intake calorie A change of a relative value of quantity of intake water

IV 考察

A. 形態・体脂肪率測定

Cr摂取開始前日から摂取終了翌日までに行った形態・体脂肪率測定の結果に着目すると、トレーニング群において体脂肪率、右大腿、腰囲を除くすべての項目でCr摂取後に増加傾向が見られたが、増加した項目のうち左下腿と臀部の2項目でしかその増加に有意性が認められず、非トレーニング群においても左右上腕、右大腿以外の項目ではCr摂取後にその平均値が増加したが、いずれの項目でも有意な差は見られなかった。両群を合わせて検討した場合も、体脂肪率と腰囲以外の項目で平均値が増加したものの、そのうち左下腿と臀部にしか有意差は見られなかった。

本研究では先行研究^{5,8,15)}で述べられているようなCr摂取による大腿四頭筋や上腕の筋横断面積の増加とは異なる結果となったが、これらの先行研究ではその摂取期間がそれぞれ5～6日間のローディング期を含めた6週間や8週間、あるいは1年間の長期間であったことや、被験者が摂取期間中日常的にトレーニングを繰り返していた事が筋横断面積の増加を引き起こしたと考えられる。Cr摂取に伴う筋肥大を引き起こされるためには摂取とともに筋力トレーニングを継続して行うことが必要であり^{14,16)}、本研究での摂取期間は6日という短期間であったため、この数値の変動はCr摂取の影響によるものとは考えにくく、測定誤差の範囲であったと考えられる。

B. 体組成測定

体重あるいは除脂肪体重の増加と、体水分量、細胞外液量、細胞内液量それぞれの間で正の相関が見られたということは、Cr摂取後に体水分量や細胞内液量、細胞外液量の値が増加した被験者ほど体重あるいは除脂肪体重の値が増加したということになる。被験者全体でみると、除脂肪体重の増加と体水分量、細胞内液量、細胞外液量の増加との間でそれぞれ高い相関関係($p < 0.01$)にあり、このことは、Cr摂取による体重・除脂肪体重増加の原因の一つが、体内水分量の蓄積が関わっている^{1,4,15)}ということを明らかにするものであると考えられる。

トレーニング群、あるいは被験者全体において体重増加の値と相対的筋肉量の値との間に正の相関関係が見られたが、本研究の体組成測定で得られた筋肉量はタンパク質量と細胞外液量、細胞内液量の合計であり、体重・除脂肪体重の増加と体水分量、細胞内液量、細胞外液量の増加と

の間で正の相関が見られた事と同様に、Cr摂取による体内水分量の蓄積が関わっていると考えられる。

C. 血液検査

血液検査の結果、Crの摂取後、トレーニング群と被験者全体ではクレアチニンキナーゼ（CPK）の値に有意な増加が見られたが、非トレーニング群では見られなかった。CPKはクレアチンリン酸を用いてエネルギー生成するATP-CP系において触媒として働く酵素であり、Cr摂取によってATP-CP系の筋収縮がCr摂取前よりも高いレベルで維持されるようになり、その要求量が増すことで値が増加したものと考えられるが、一方でこの物質は運動に伴う筋細胞の損傷によっても血液中に遊出するので、トレーニング群においては実験期間中に被験者が行ったトレーニングによる増加も考えられる。

尿素窒素（BUN）、クレアチニン、トレーニング群、非トレーニング群、被験者全体のすべての場合で有意差が認められたわけではないが、尿素窒素は減少傾向、クレアチニンには増加傾向が見られた。尿素窒素はタンパク質の同化促進に伴って低下するが、Cr摂取によるタンパク質同化促進効果は先行研究^{1,7)}で示されており、この事が尿素窒素の数値の低下を引き起こしたと考えられる。また、クレアチニンは含窒素物質の終末代謝産物であるので、Cr摂取によって増加することが考えられる。

総蛋白、AST、ALT、 γ -GTPの項目は肝機能の疾患を示す指数であり、トレーニング群、非トレーニング群、被験者全体のそれぞれでその値の増加あるいは減少について異なる結果が得られたが、その数値の変化は正常な値の範囲であった。しかし、ASTとALTの平均変化量については、トレーニング群が非トレーニング群に対して有意に高い数値を示した（ $p < 0.01$ ）。これらは肝機能の疾患を示す指数であるものの、骨格筋中にも存在しており、運動に伴う筋細胞の損傷によって血液中に遊出するので、トレーニング群において非トレーニング群よりも有意に高い変化率を示したものと考えられる。賀来⁶⁾も血中のASTの値が上昇している場合は筋肉障害が起きていると考えてよい、としており、この事もトレーニング群におけるASTの有意な増加は運動による筋細胞の損傷が原因であるということを示している。しかし、ここで賀来が述べている内容は、ASTの上昇に加えてCPKの値が1000U/l以上の値を示した場合に中等度から重度の筋肉障害と考える、としており、本実験ではトレーニング群のCr摂取後のCPKの値は 508.17 ± 206.32 U/lであり、本研究のトレーニング群におけるCPKおよびASTの増加は筋肉障害を示すレベルではないと考えられる。

Cr摂取後に白血球数が有意に減少したが、白血球数は外的条件による変動が激しく、またCr摂取によるこの値の変動メカニズムは明らかになっておらず¹⁷⁾、本研究で見られたようなCr摂取による影響については、今後研究されるべき項目の一つと言えるだろう。

本研究における血液検査では、トレーニング群、非トレーニング群、被験者全体のいずれの場合にも共通して有意に変化した項目は無かったが、ATP-CP系で使われるCPKの値、および含窒素物質の代謝産物であるクレアチニンの値の増加から、実験前後の体組成測定値の変動が、Cr摂取の影響を受けたということが推察できる。

D. 食事記録

トレーニング群、非トレーニング群のいずれにおいても、Cr摂取期間中の食事記録から算出

された1日の摂取カロリーの平均と、体重変動との間に有意な相関は認められなかった。今回カロリー計算で利用したインターネットサイトでは、食事重量までは精密に検討できなかったため、その精度において参考程度にしかならなかった恐れがある。また、1日に摂取した水分の総量も記録させたが、その平均値も体重の変動との間に相関性は見られなかった。しかし、Day3の値を1とした場合のCr摂取期間中における摂取水分量の相対的な値に関して、トレーニング群と非トレーニング群の間に有意差は認められなかったもののトレーニング群が顕著に高い値を示したことは、トレーニング群はCr摂取に加え日常的にトレーニングを行ったことで水分要求量が非トレーニング群に比べ増していたと推察できる。

さらに、トレーニング群については食事記録と平行してCr摂取期間中どのようなトレーニングを行ったのか記録させた。被験者は陸上競技の短距離、長距離、跳躍、投擲、それぞれの専門種目にあわせたトレーニングを行っており、期間中の走行距離、無酸素性運動特にATP-CP系のエネルギー供給機構を必要とするようなトレーニングの量、有酸素性運動の量から検討したが、各被験者の体重の推移との関連性は見られなかった。トレーニングでの走行距離も含めてその内容を被験者に申告させていたが、申告した内容以外の局面、つまりレスト中やウォームアップ時の運動量までは検討できず、より精密な検討方法、あるいはトレーニング内容そのものを統一することの必要性が示唆された。

本研究の体組成測定の結果では、トレーニング群、非トレーニング群、被験者全体のそれぞれの場合において、トレーニング群の体重と除脂肪体重の増加でしか有意差は認められなかったものの、多くの先行研究^{1,8,10,11,13,15,17)}で示されている結果と同様に、Cr摂取後に体重・除脂肪体重の増加、体脂肪率の減少が見られた。さらに、Cr摂取後の体重増加と相対的筋肉量との間に正の相関が認められたことから、被験者の持つ筋肉量がCr摂取による体重増加の値を左右する要因の一つと言える。本研究で行った体組成測定では、筋肉量はタンパク質量、細胞外液量、細胞内液量の合計であり、筋肉量と体水分量は密接な関係にあると言える。この事が、被験者全体でCr摂取後の体重増加と相対的筋肉量との間で正の相関が認められたことに加え、除脂肪体重の増加と体水分量、細胞外液量、細胞内液量の増加との間のそれぞれで正の相関が認められたことにつながったと考えられる。

さらに、Day3の値を1とした時の摂取水分量の相対的な値がトレーニング、非トレーニングいずれの群においてもDay5つまりCr摂取開始から3日目以降に増加傾向が見られたが、Day3とDay4にはその傾向が見られなかったことから、Cr摂取による水分要求量の増加は、Cr摂取開始3日目以降から発現すると推察できる。また、摂取する水分に関してはクレアチンサプリメントと同時に飲む250mlの水についてしか指定していなかったにも関わらず、両群でDay5以降に増加という同一の傾向が見られたことは非常に興味深い結果である。このことはCr摂取に伴う体内水分量の蓄積^{1,14,15)}が関わっていると考えられ、つまりCr摂取により筋細胞内に水分が引き込まれることで筋細胞内の浸透圧が低下し、同時に細胞外液の浸透圧は上昇する。その浸透圧の上昇が渴きを引き起こし⁴⁾、飲水行動つまり水分要求量の増加につながったと思われる。しかし、水分要求量に増加傾向が見られたとはいえ非トレーニング群の相対的な摂取水分の値は最大でも1.09倍とわずかであり、非トレーニング群の被験者数そのものも少なかったため、水分要求量が増加した傾向に関してはトレーニング群も含めて被験者数を増加した上でさらに検討し、異なる事由を探る必要性も考えられる。

また細胞外液の平均変化率に関してトレーニング群が非トレーニング群と比較して高い値を示

したことから、除脂肪体重の増加と細胞外液量の変化値との間に正の相関が見られたことから、運動することでCr摂取による水分の蓄積において非トレーニング群との間に差が現出することが考えられる。

尚、本研究においては運動による影響をより精密に検討することや、食事による摂取カロリーの測定をより精度の高い方法で行うことの必要性も示された。

V 要旨

本研究はクレアチン摂取に伴う体重・除脂肪体重の増加量に筋肉量がどのように関わっているのかを明らかにすることを目的とした。

被験者にはクレアチンサプリメントを1回につき5g、250mlの水とともに1日4回、計20g摂取させ、それを6日間繰り返させた。クレアチン摂取前後に体組成測定を行い、クレアチン摂取に伴う被験者の体重・除脂肪体重の変化と、筋肉量を含めた各項目との関連を検討した。さらに、クレアチン摂取開始前日から摂取終了翌日までの8日間、各被験者の身体各部の周径囲を測定した。

体格測定の結果、クレアチン摂取の影響と考えられるような数値の変動が見られた項目はなく、6日間という短期間の摂取では、筋肥大は引き起こされないことが示された。

体組成測定の結果、クレアチン摂取前後で全被験者の体重及び除脂肪体重の平均値に有意差は認められなかったものの増加傾向がみられ、体脂肪率の平均値も有意差は認められなかったものの減少傾向が見られた。この体重及び除脂肪体重の増加は、クレアチン摂取前後に行った血液検査の結果、ATP-CP系で使われるCPK、および含窒素物質の代謝産物であるクレアチニンの値が有意に増加したことから、クレアチン摂取の影響を受けたことが推察できる。

さらに、クレアチン摂取後の体重変化の値と、各被験者の相対的筋肉量との間に正の相関関係が認められたことから、被験者の持つ筋肉量がクレアチン摂取に伴う体重増加の一要因であるということがいえる。また、トレーニング、非トレーニングいずれの群においても、クレアチン摂取開始後3日目以降に、水分要求量が増加傾向にあることが明らかになった。

また細胞外液の平均変化率に関してトレーニング群が非トレーニング群と比較して高い値を示したことから、除脂肪体重の増加と細胞外液量の変化値との間に正の相関が見られたことから、運動することでCr摂取による水分の蓄積において非トレーニング群との間に差が現出することが考えられる。

しかし、非トレーニング群の被験者数を増やすことや、運動や食事による影響をより精密に行うことの必要性も示唆された。

VII 参考文献

- 1) Balsom, P.D., B. Ekblom, K. Soderlund, B. Sjodin, and E. Hultman: Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports* (1993), 3: 143-149.
- 2) E. Hultman, K. Soderlund, J. A. Timmons, G. Cederblad, and P. L. Greenhaff: Muscle creatine loading in men. *J. Appl. Physiol* (1996), 81: 232-237.
- 3) Eric S. Rawson, Melissa L. Wehnert, Priscilla M. Clarkson: Effects of 30 days of creatine ingestion in older men. *Eur. J. Appl. Physiol* (1999), 80: 139-144.

- 4) 古川太郎, 本田良行: 現代の生理学. 1982 金原出版.
- 5) Illka Sipila, M.D., Juhani Rapola, M.D., Olli Simell, M.D., and Antti Vannas, M.D.: Supplementary creatin as a treatment for gyrateatrophy of the choroids and retina. *New Engl. J. Med.* (1981), 304:867-870.
- 6) 賀来正俊: スポーツ内科アカデメイア. 1998 南江堂
- 7) Joanne S. Ingwall: Creatine and the control of muscle-specific protein synthesis in cardiac and skeletal muscle. *Circ. Res.* (1976), 38: I 115- I 123.
- 8) M. Daniel Becque, John D. Lochmann, and Donald R. Melrose: Effect of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Med. Sci. Sport* (2000), Mar vol. 32:654-658
- 9) 大山健, 藤枝賢晴, 杉浦克巳, 持田尚: 経口的クレアチンの摂取がスプリント速度, 無酸素性運動負荷及び等速性筋出力の及ぼす効果について. 東京学芸大学紀要第5部門 (2000), 52:187-211
- 10) R. Kreider, M. Ferreira, M. Wilson, and A. Almada: Effects of Creatine Supplementation With and Without Glicose on Body Composition in Trained and Untrained Men and Women. *Journal of Strength & conditionin Research* (1997), 11(4):283
- 11) Richard B. Kreider, Maria Ferreira, Michael Wilson, Pamela Grindstaff, Steven Plisk, Jeff Reinardy, Edward Cantler, and A.L. Almada: Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Med. Sci. Sport* (1998), Jan vol. 30:73-82
- 12) Roger C. Harris, Karin Soderlund and Eric Hultman: Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subject by creatine supplementation. *Clin. Sci* (1992), 83:367-374
- 13) Sasa Mihic, Jay R. Macdonald, Scott Mckenzie, and Mark A. Tarnopolsky: Acute creatine loading increases fat-free mass, but does not affect blood pressure, plasma creatine, or CK activity in men and women. *Med. Sci. Sport* (2000), Feb vol. 32:291-296
- 14) 高橋英幸: クレアチン摂取とスポーツパフォーマンス. スポーツ生理学, 体育の科学 (1999), Jan. vol. 49:55-63
- 15) 高橋英幸, 谷口仁志, 尾縣貢, 板井悠二, 勝田茂: 長期間のクレアチン摂取が持久的能力に及ぼす影響に関する研究. デサントスポーツ科学 (1999), vol. 20:126-139
- 16) 高橋英幸, 安田俊広, 三森文行, 勝田茂: クレアチンの経口摂取によるラット骨格筋特性の変化. 体力科学 (1998), 47(6):762
- 17) 豊岡崇, 井田雅恵, 澤田千栄, 桑守正範: クレアチン摂取の及ぼす最大無酸素パワーおよび血液成分への影響. 美作女子大学・美作女子大学短期大学部紀要 (2001), vol. 46:83-86