

クレアチンサプリメントが間欠的スプリント運動のパワーに及ぼす影響

The effect of creatine supplementation on power output during intermittent sprint exercise

石崎聡之、鎌田俊司^{*}、石原啓次^{**}、稲垣 雅^{***}、鈴木宏哉^{****}

Satoshi ISHIZAKI, Shunji KAMATA, Keiji ISHIHARA, Masaru INAGAKI, and Koya SUZUKI

^{*}育英工業高等専門学校、^{**}順天堂大学、^{***}山之内製薬株式会社、^{****}筑波大学大学院

緒言

クレアチン (Cr: creatine) は、競技力を向上させる ergogenic aids として、スポーツ界で注目を浴びているサプリメントである⁶⁾。先行研究はCrを1日に20~30g、5~6日間摂取することにより、骨格筋内に存在するクレアチンリン酸 (PCr) 量を増加させ、その結果として筋収縮のエネルギー源である ATP の再合成率を促進させる効果を報告している⁷⁾。このことはATP再合成のための3つのエネルギー供給機構のうち、短時間・高強度運動においてATP供給率の高いATP-CP系に有用であることを意味している。このような科学的根拠から、Crサプリメントに関して多くの研究が報告され^{5, 7, 11, 12, 15)}、また、実際に多くの一流アスリートがCrサプリメントを利用している。例えば、1992年のバルセロナ・オリンピックでは、金メダルを獲得した陸上男子100mのLinford Christie (イギリス)¹⁶⁾、同じく女子400mのSally Gunnell (イギリス)¹⁶⁾をはじめ、イギリスのスプリント選手やハードル選手らによって用いられていたことが報告されている⁶⁾。また、1996年アトランタ・オリンピックに出場したヨーロッパの陸上競技選手11名 (男性6名、女性5名) にアンケート調査¹⁷⁾を行ったところ、7名がCrを利用していたことを報告している。

しかしながら、Crサプリメントが短時間・高強度の間欠的運動パフォーマンスに及ぼす影響については、必ずしも一致した結果が得られているわけではない¹⁵⁾。さらに、これまでに報告された研究のほとんどが一流アスリートあるいはナショナルレベルの

選手であり^{3, 5, 10, 13, 14, 15)}、学校運動部レベルの被験者に対する成果については報告が少ない。そこで本研究では、Crサプリメントが電磁ブレーキ式の自転車エルゴメータを用いた間欠的スプリント運動におけるパワーに及ぼす影響について検討を加えることとした。

実験方法

1.被験者

本研究では運動部に所属する活動的な男子学生16名を被験者として用いた。実験に先立って、被験者には本実験の目的、意義、危険性などについて口頭および文章で説明を行い、実験に対する十分な理解と文章による同意を得た上で本研究を遂行した。彼らの身体特性はTable 1に示した。

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Groups	Age (years)	Stature (cm)	Body Weight (kg)
Creatine (n=9)	18.6±0.7	172.6±4.3	64.53±4.62
Placebo (n=7)	18.7±1.0	173.4±8.1	63.16±7.75

2.実験手順

被験者は2度の指定された日時に、食後2時間以上経過した状態で実験室に来室した。被験者はまず、体重の計測を行い、10分間以上椅座位で安静状態を保った後、ストレッチングなどのウォーミングアップを約10分間行った。

その後、自転車エルゴメータのサドルの高さを最もペダリングしやすい位置に調節した。被験者は座位姿勢で運動を行うよう指示され、合図とともに間欠的スプリント運動を開始した。

被験者は、1回目の間欠的スプリント運動終了後クレアチンサプリメント群 (Cr) あるいはプラセボ群 (Pla) に分けられた。実験の翌日から、Cr 群はクレアチンを、また Pla 群はプラセボを、それぞれ経口摂取した。そして、実験6日目に再び前回と同一条件で間欠的スプリント運動を行った。

また、被験者に実験期間中は高蛋白・高炭水化物食の摂取、間欠的運動の前日24時間の高強度運動を避けるよう指示した。その他の日常活動には特別な制約をつけなかった。

2. クレアチンおよびプラセボの投与

Cr およびプラセボの投与は二重盲検法を用いてグループ分けされた。Cr 群はクレアチン (Creatine Monohydrate: Kenko 社製) を、1回5g ずつ1日4回、連続5日間経口摂取した。また、Pla 群はプラセボとしてラクトース (Lactose Monohydrate: Kenko 社製) を同様の方法で摂取させた。その際、Cr およびプラセボの粉末を100mlの熱湯で完全に溶かした後、150mlの水と混合し、素早く摂取させた。なお、Cr およびプラセボはいずれも無味であった。サプリメントの摂取時間は朝、昼、午後(3時前後)、夕(夜7時前後)とし、摂取間隔は2時間以上空けて摂取させた。

4. 間欠的スプリント運動

電磁ブレーキ式自転車エルゴメータ (POWERMAX-V II: COMBI 社製) を用いて間欠的スプリント運動を行わせた。測定は20秒間の休息を挟んで、10秒間の全力ペダリングを10回行うものであった。負荷は体重の7.5%とした。各試行時の平均パワーを記録した。

5. 血中乳酸濃度

安静時および運動終了後5分に、指尖より採血(20 μ l)を行い、乳酸分析器 (BIOSEN5040L: EnviteC

社製) を用いて血中乳酸濃度を測定した。

6. 体重

各実験の前にポリエステル製のショートパンツのみを着用した状態で、デジタル精密体重計 (UC-300、50g 精度、A&D 社製) を用いて測定した。

7. 実験期間および環境条件

全ての実験は小山工業高等専門学校実験室および育英工業高等専門学校体育館にて実施した。実験期間中の平均室温は $20.9 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$ および相対湿度は $68.6 \pm 3.9\%$ であった。

8. 統計処理

本文および図表に示された測定値は全て平均 $\pm$ 標準偏差 (Mean $\pm$ SD) で示した。クレアチンまたはプラセボの摂取前後のパワー、体重、血中乳酸濃度の差の検定を行うため、対応のある student の t-test を用いた。また、実験群と対照群との平均値の差の検定については対応のない student の t-test を用いた。有意水準は危険率5%未満とした。

結果

1. 体重

Cr 群の体重は、サプリメント摂取前の 64.53 ± 4.62 kg から摂取後の 64.78 ± 4.53 kg に増加傾向がみられたが、有意な変化ではなかった。一方、Pla 摂取群についても同様であり、サプリメント摂取前後で有意な変化はみられなかった (摂取前 63.16 ± 7.75 kg、摂取後 62.46 ± 7.04 kg)。

2. パワー

間欠的自転車スプリント運動時に発揮されたパワーを Fig. 1-a、b に示した。10回のパワーの平均値を比較してみると、Cr 群のパワーはサプリメント摂取前の 473.3 ± 52.9 watt から摂取後の 485.4 ± 52.3 watt に有意に増加した ($P < 0.001$)。一方、Pla 群はサプリメントの摂取前後で有意な変化が認められなかった (摂取前: 478.2 ± 56.7 watt、摂取後: 478.7 ± 41.7 watt)。

クレアチンサプリメントが間欠的スプリント運動のパワーに及ぼす影響

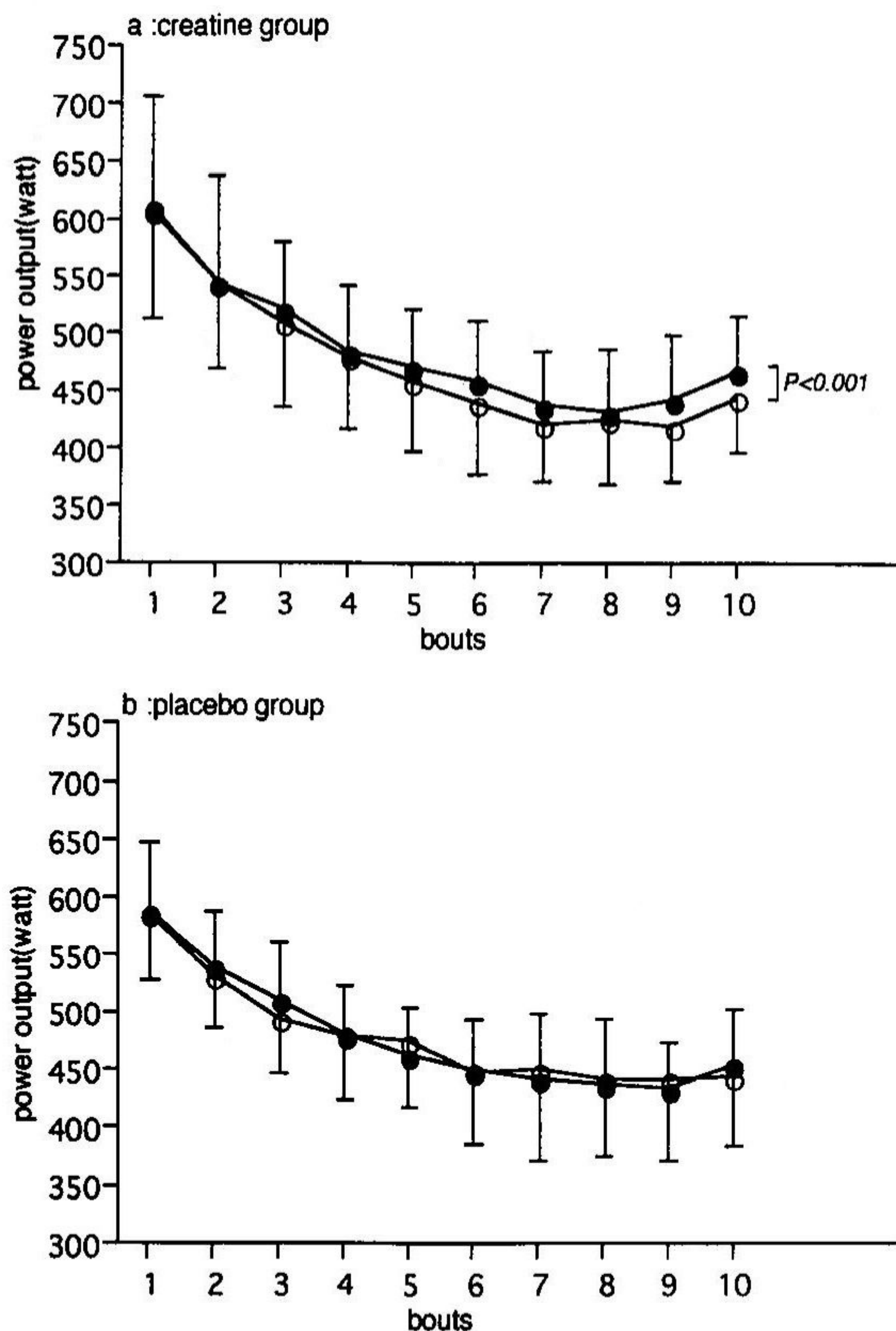


Fig. 1 mean power output during 10 bouts of 10sec maximal sprint cycling with 20sec. rest. Creatine group and Placebo group pre (○) and post (●) supplementation

また、10回のパワーについて、1～5回を前半、6～10回を後半としてサプリメント前後でパワーの変化を比較した (Fig. 2, 3)。パワーの前半では、両群ともサプリメントの摂取前後で差がみられなかった (Cr 摂取前: 518.0 ± 87.1 watt、Cr 摂取後: 525.0 ± 86.2 watt、Pla 摂取前: 512.3 ± 65.8 watt、Pla 摂取後: 515.1 ± 64.5 watt)。一方、パワーの後半では、Pla 群ではサプリメント摂取前後で有意差を示さなかったが (Pla 摂取前: 444.1 ± 63.8 watt、Pla 摂取後: 442.3 ± 47.1 watt)、Cr 群では、有意なパワーの増加が観察された (Cr 摂取前: 428.5 ± 51.2 watt、Cr 摂取後: 445.8 ± 51.4 watt、 $P < 0.01$)。

3. 血中乳酸濃度

両群のサプリメント摂取前後の安静時および運動後の血中乳酸濃度の値を Table 2 に示した。安静時の血中乳酸濃度にはサプリメント摂取前後およびグループ間に差はみられなかった。しかしながら、サプリメント摂取の前後のいずれの状況においても、

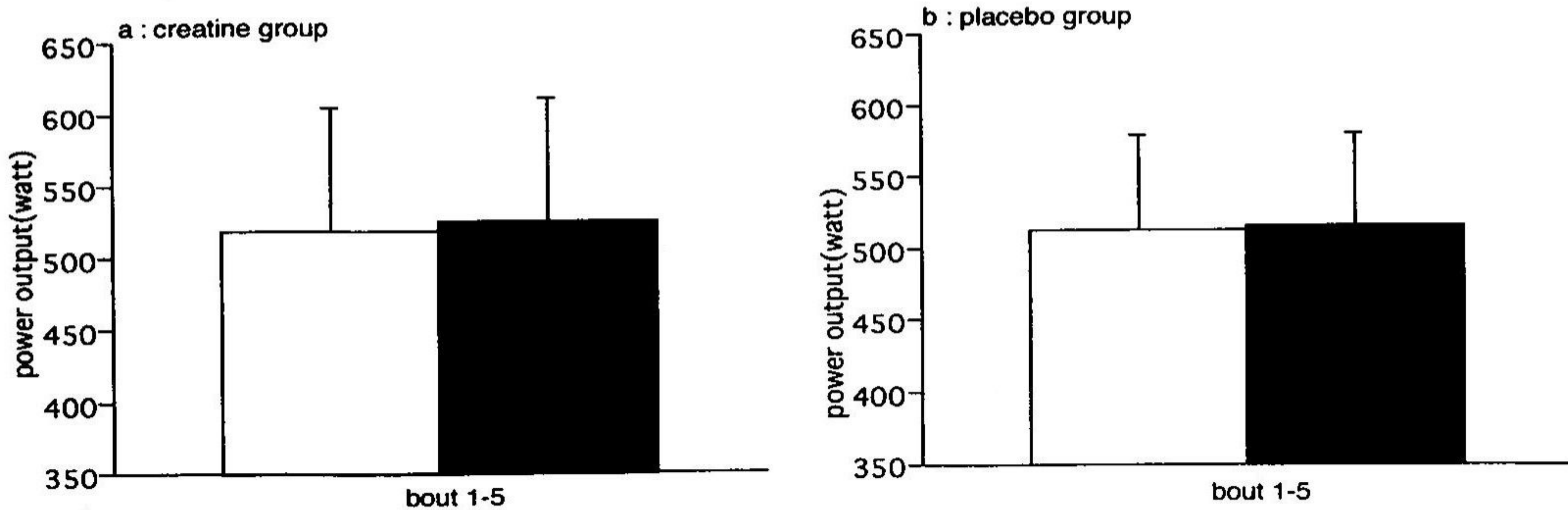


Fig. 2 mean power output from bout 1 to bout 5. Creatine group and Placebo group pre (□) and post (■) supplementation

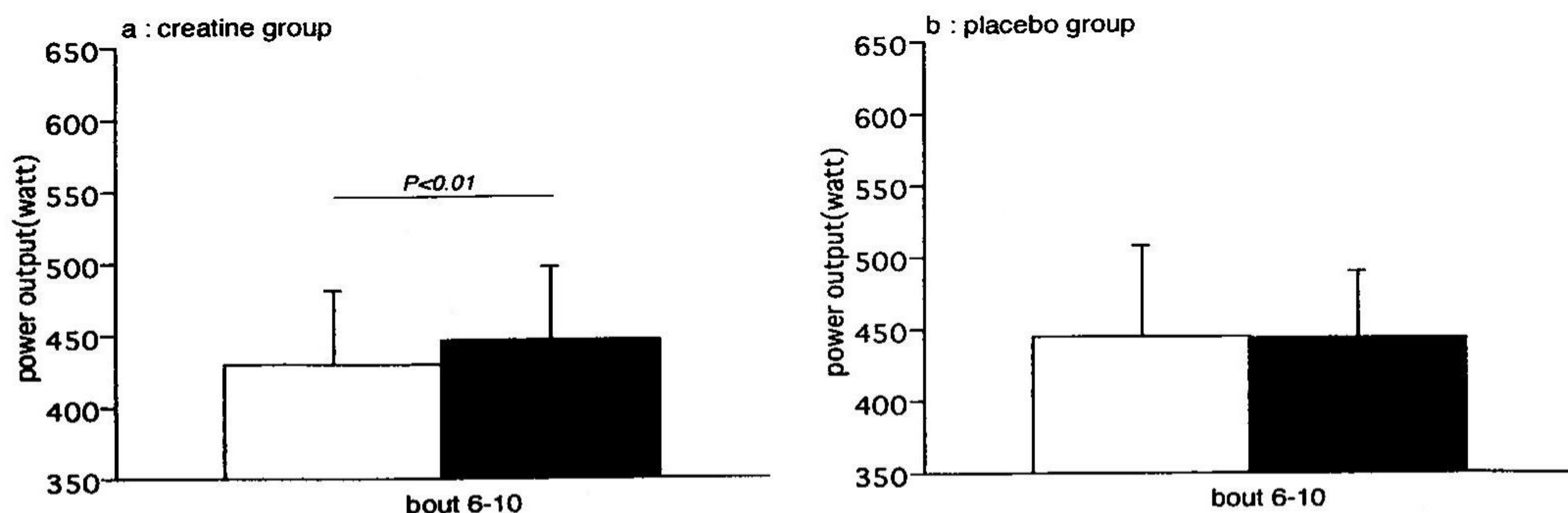


Fig. 3 mean power output from bout 6 to bout 10. Creatine group and Placebo group pre (□) and post (■) supplementation

Table 2. The changes of blood lactate concentration pre and post supplementation (mmol/l)

Groups	pre supplementation		post supplementation	
	rest	after-exercise	rest	after-exercise
Creatine	1.65±0.33	13.99±1.45*	1.32±0.37	14.79±0.70*
Placebo	1.56±0.32	14.26±0.87*	1.66±0.51	14.48±1.56*

Pre and Post supplementation: rest vs after exercise, *P<0.001

安静時と比較して運動後で有意な血中乳酸濃度の増加が観察された (P<0.001)。運動後の血中乳酸濃度については、両群ともサプリメント摂取前後で差がなかった。

考察

本研究は学生運動部レベルの被験者を対象として、5日間のクレアチンサプリメント (Cr) が電磁ブレーキ式の自転車エルゴメータを用いた間欠的スプリントパフォーマンスに及ぼす影響を検討するものであった。その結果、Cr群ではパワーの平均が摂取前の $473.3 \pm 52.9 \text{ watt}$ から摂取後の $485.4 \pm 52.3 \text{ watt}$ に有意な増加し (P<0.001)、パフォーマンスの向上が観察された。一方、プラセボ群 (Pla) には摂取前後で差が認められなかった。

また、本研究では、間欠的スプリント運動で得られたパワーについて bout1~5 の前半部分と、bout6~10 の後半部分に分けてパワーの変化を検討した。Pla群には前半・後半共にサプリメント摂取前後でパワーに差がみられなかった。それに対し、Cr群ではパワーの前半部分には差がなかったものの、後半部分で摂取前に対して摂取後で有意にパワーの増加が観察された (Cr 摂取前: $428.5 \pm 51.2 \text{ watt}$ 、Cr 摂取後: $445.8 \pm 51.4 \text{ watt}$ 、P<0.01)。したがって、10回のパワーの平均値がCr群においてのみ増加した要因として、間欠的スプリント運動の後半部分におけるパワーの低下が抑制されていたことが挙げられる。

Cr 摂取がパフォーマンスに及ぼす効果について検討したこれまでの報告については、トップレベルのアスリート^{3, 13, 14, 15)} あるいは高度にトレーニングされた競技者^{5, 10)} を対象としたものがほとんどであっ

た。しかしながら、今回の結果から学生運動部レベルの被験者においてもCrの効果があることが確認された。

本研究において、Crサプリメントが間欠的スプリント運動のパフォーマンスを増加させた要因が幾つか挙げられる。Harris et al.¹¹⁾ は短期間のクレアチン摂取が骨格筋内の総クレアチン量を増加させ、同時に筋収縮のエネルギー源であるクレアチンリン酸 (PCr) を増加させるとしている。また、Greenhaff et al.⁷⁾ はCr 摂取が運動後のATPの再合成率を促進させることが示唆されている。さらにGreenhaff et al.⁸⁾ は、Cr 摂取後に運動後のATPの減少が50%抑制されたことを示した。すなわち、Cr 摂取がADPからATPへの再合成率をより高く維持することによって、ATPの減少が抑制されることを示唆している。したがって、本研究では筋内のPCrあるいはATP量の測定を行っていないが、Crサプリメントにより筋内のPCr量が増加し、ATPの再合成率が促進されたためにパワーが増加したものと推察される。特に、Cr群にのみ確認された間欠的スプリント運動後半のパワーの増加はこれらの示唆を支持するものといえる。

一方、血中乳酸濃度については両群ともサプリメントの摂取前後に関わらず、安静から運動後で有意に増加した。しかしながら、サプリメント摂取の運動後をそれぞれ比較しても有意差は認められなかった。運動後の血中乳酸濃度についてCrサプリメントの影響をみると、サプリメント後に低下¹¹⁾、増加⁹⁾ あるいは不変^{4, 7)} というように一貫性がみられない。一般的に血中乳酸濃度は、解糖系のエネルギー供給を示す指標として用いられている。本研究においては運動後の血中乳酸濃度がサプリメント前後に有意な差を示されなかった。したがって、今回の結

クレアチンサプリメントが間欠的スプリント運動のパワーに及ぼす影響

果は、運動中における解糖系からの ATP 供給の割合が Cr サプリメント摂取前後で変化しないことを示唆しているといえる。

また、体重の変化については両群において、サプリメント摂取前後では有意な変化が示されなかった。先行研究によると、5～6 日間の短期間摂取において Cr サプリメントが体重の増加を引き起こすことが示されている^{1, 2, 5, 11)}。体重増の原因としては、体水分量の増加¹²⁾、または、収縮タンパクの合成増加¹⁾などがあげられている。しかし、本研究は同様の Cr 摂取量にもかかわらず、体重の増加が認められなかった。つまり、本研究の結果は必ずしも短期間の Cr サプリメントが体重の増加を引き起こさないことを示している。今後、長期間の Cr サプリメントについても検討し、体重の変化について明らかにしていくことが必要であると考えられる。

要約

- 1) クレアチンサプリメントが自転車エルゴメータを用いた間欠的スプリント運動のパワーに及ぼす影響について検討した。
- 2) 運動部に所属する活動的な男子学生 16 名を被験者として用い、二重盲検法によりクレアチンサプリメント (Cr) 群 (n=9) およびプラセボ (Pla) 群 (n=7) に分け、Cr 群には Cr を、Pla 群には Pla を 1 回 5g ずつ 1 日 4 回、5 日間投与した。
- 3) 被験者にはサプリメント前後に 10 秒の全力ペダリングを 20 秒の休息を挟んで 10 回行わせ、サプリメント前後のパワーを測定した。また、10 回のパワーについて、1～5 回を前半、6～10 回を後半としてサプリメント前後でパワーの変化を比較した。
- 4) Cr 群のパワーはサプリメント摂取前の 473.3 ± 52.9 watt から摂取後の 485.4 ± 52.3 watt に有意に増加した ($P < 0.001$)。一方、Pla 群はサプリメントの摂取前後で有意な変化が認められなかった。パワーの前半では、両群ともサプリメントの摂取前後で差がみられなかった。一方、パワーの後半では、Pla 群ではサプリメント摂取前後で有意差を示さなかったが、Cr 群では、有意なパワー

の増加が観察された (Cr 摂取前: 428.5 ± 51.2 watt、Cr 摂取後: 445.8 ± 51.4 watt、 $P < 0.01$)。

- 5) 血中乳酸濃度はサプリメント摂取の前後のいずれの状況においても、安静時と比較して運動後で有意な増加が観察された ($P < 0.001$)。しかしながら、運動後の血中乳酸濃度については、両群ともサプリメント摂取前後で差がなかった。
- 6) 体重については、両群においてサプリメント摂取前後で有意な変化はみられなかった。
- 7) 以上の結果から、運動部に所属する活動的な男子学生を対象としたクレアチンサプリメントは、間欠的スプリント運動のパワーの向上に有効であることが示唆された。

引用文献

- 1) Balsom, P.D., et al., Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scand.J.Med.Sci.Sports* 3 : 143-149, 1993
- 2) Balsom, P.D., et al., Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise : influence of creatine supplementation. *Acta Physiol.Scand.* 154 : 303-310, 1995
- 3) Burke L.M., et al., Effects of oral creatine supplementation on single-effort sprint performance in elite swimmers. *Int.J.Sports Nurt.* , 6 : 222-233, 1996
- 4) Casey, A., et al., Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am.J. Physiol.* 271 : E31-E37, 1996
- 5) Earnest, C.P., et al., The effect of creatine monohydrate ingestion on anaerobic power indices, muscular strength and body composition. *Acta Physiol.Scand.* 153 : 207-209, 1995
- 6) Eichner, E.R. Ergogenic aids. *Phys. Sportsmed.* 25 (4) : 70-83, 1997
- 7) Greenhaff, P.L., et al., Influence of oral supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clin.Sci.* 84 : 565-571, 1993
- 8) Greenhaff, P.L., et al., The effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle ATP degradation during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *J.Physiol.* 476 : 84P, 1994

- 9) Greenhaff,P.L., et al., Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am. J. Physiol.* 266 : E725-E730, 1994
- 10) Grindstaff,P.D., et al.,Effects of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers, *Int.J.Sports Nurt.*,7 : 330-346, 1997
- 11) Harris,R.C., et al., Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin. Sci.* 83 : 367-374, 1992
- 12) Hultman,E., et al., Muscle creatine loading in men. *J.Appl.Physiol.* 81 : 232-237, 1996
- 13) Jones,A.M., et al., Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players. *J.Sports Med.Phys.Fitness*,39 : 189-196, 1999
- 14) McNaughton et al.,The effects of creatine supplementation on high-intensity exercise performance in elite performers. *Eur.J.Appl.Physiol.* 78 : 236-240,1998
- 15) Mujika,I., et al., Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Med.Sci.Sports Exerc.* 28 : 1435-1441,1996
- 16) 高川武将, クレアチン, *Training Journal*, 205 : 35-39,1996
- 17) *Training Journal* 編, 一流選手のサプリメント使用状況, *Training Journal*. 210 : 40-42,1997

「受理年月日 2002 年 9 月 30 日」