クレアチン摂取が長距離走のラストスパートに与える影響

楠　本　秀　忠

要約

本研究は，「陸上長距離選手に１週間 Cr を経口摂取させた場合，ラストスパートの成績を向上させる」という仮説を立て，それを検証することを目的とした。被験者は，陸上競技部に所属する長距離走を専門種目とする男子大学生９名を対象とした。二重盲検法を用いて，各被験者をランダムに Cr（クレアチン摂取）群（５名）と PL（プラセボ摂取）群（４名）の２グループに分け，７日間の Cr あるいは PL の摂取期間を設けた。１周 400 m の陸上競技場を利用し，Cr もしくは PL 摂取前後に，最大努力で12分間走を行わせ，１分毎の走距離並びに，12分間走前後の心拍数を計測した。12分間走前後の心拍数を Cr 群と PL 群で比較したが，いずれも有意な差は見られなかった。さらに，各群の摂取前後の心拍数にも有意な差はなかった。それぞれの群について，摂取前後の１分毎の走距離を比較すると，PL 群ではいずれの期間においても有意な差は見られなかったが，Cr 群ではラスト１分の期間において摂取前に比して摂取後では有意（P＝0.009）に増加した。これらの結果から「陸上長距離選手に１週間 Cr を経口摂取させた場合，ラストスパートの成績を向上させる」という仮説が検証され，Cr の経口摂取が長距離走のラストスパートの成績を向上させる可能性があることを示した。

第１章　目的

瞬発系種目の選手にはクレアチン（Creatine: Cr）をパフォーマンスの向上につなげる目的で経口摂取する選手は多い。

Cr 摂取と運動パフォーマンスの関係について，C. Lanhers et al.[１]は Cr 摂取と下肢筋力の関係をプラセボ摂取との二重盲検法により検討し，Cr 摂取が３分未満の持続時間を有する運動において下肢筋力に有効に働くことを報告している。彼らは上肢の筋力についても同様の結果を示している[２]。DG Burke et al.[３]はベジタリアンのように筋肉内の Cr 濃度が低い被験者を対象に，Cr 摂取とウェイトトレーニングのパフォーマンスの関係を検討した。ベジタリアンと非ベジタリアンを比較した場合，Cr 摂取とウェイトトレーニングによる筋作業能の関係は，ベジタリアンの方がより有意に改善されたことから，筋肉内 Cr のレベルが低い被験者に対して，Cr 摂取はより敏感に作用することを指摘している。M. Balestrino et al.[４]も同様の報告を行っている。永澤ら[５]は Cr ローディングの視点から，国内トップレベルの男子学生ボート選手20名に 2000 m ローイング及び，20秒ローイングパフォーマンスを Cr の摂取前後で行わせた。その結果，2000 m ローイングタ

イムにおいて，PLA群では変化が見られず，CRE群において有意に向上したことからCrの経口摂取によるCrローディングが2000mローイングパフォーマンスの向上に有効であることを報告している。

このようにCr摂取と瞬発系の運動パフォーマンスの関係を見た報告は多い[１－23]。中にはCr摂取と運動パフォーマンスの効果に否定的な報告[19－23]も散見されるが，その大半は，Cr摂取による運動パフォーマンスの向上に対して肯定的にとらえられている。Cr摂取による効果の男女差[11，24]や投与のタイミング等，検討の余地が残されているものの，Cr摂取は，筋中のCr密度を高め，PCr濃度を増加させ，激運動中に起こるPCrの枯渇時期を遅延させる可能性が高いものと考えられている。それに対し，有酸素性運動のパフォーマンスに対する効果に関しては，L. JC Loon et al.[14]は，サイクルエルゴメーターを用いて，20名の被験者に１日20gのCrを５日間経口投与し，最大努力でのスプリントと持久性サイクリングに対する効果を見た。その結果，スプリント系のパフォマンスは有効な改善を認めたが，持久性運動に関しては，運動中の基質利用とその能力に変化を認めず，筋並びに全身の酸化能力の増加をみなかったことから，有酸素性運動のパフォーマンス向上効果に関しては否定的にとらえている。Cr摂取がATP-PCr系に直接関係すると考えられるため，１回の高強度運動や反復高強度運動にその効果を認める報告が多いことからも，有酸素作業能力向上の影響は少ないと捉える方が妥当であると考えられる。しかし，近年，KA Tomcik et al.[25]は，トレーニングされた男性18人を用いて，120kmのサイクリングタイムトライアルに対して，CR群（５日で20g/日と９日で3g/日）とプラセボ（PLA）群（n＝9）設定し，すべての被験者に，糖質（6-12g/kg/日）のクロスオーバー適用を行った。その結果，PLA＋糖質は，最後の1kmスプリント中にベースライン（P＜0.05）を超えるパワーを向上させたが，CR＋糖質では，最後の4kmスプリント中にパワー（P＜0.05）を改善させ，PLAと比較して，より大きなパワー向上を示した（P＜0.05)。このことから，糖質と共補給されたCRは，持久力競技における後期段階のパフォーマンスにとって有益な戦略であり得ると結論しており，糖質との共補給ではあるが，Crローディングが持久性種目の後半に好影響を与える可能性があることを示している。

彼らの報告は，陸上長距離においても，その効果の可能性を想起させる。すなわち，3000mや5000mなど陸上競技の持久的な種目では，レース終盤のラストスパートはその試合の勝敗を分ける重要な局面である。この時期にはATP-PCr系や解糖系によりATP再合成が行われる。その時のために，PCrに余力を残し，いわゆる「最後の粘り」によって競技成績が向上することが想起される。持久的な陸上競技種目においては有酸素系エネルギー能に加え，ラストスパートの局面ではATP-PCr系エネルギー能が勝敗を左右するといっても過言ではない。

そこで，本研究では，陸上長距離選手のパフォーマンス，特に競技の終盤（ラストスパート）の成績に焦点を当てた。すなわち，「陸上長距離選手に一定期間Crを経口摂取させた場合，競技終盤（ラストスパート）の成績を向上させる」という仮説を立て，この仮説を検討することを目的とした。

第 2 章　方法

2.1　被験者

被験者は陸上競技部に所属する長距離走を専門種目にしている男子大学生10名を対象とした。被験者には Cr もしくはプラセボ（Placebo，以後 PL）を摂取させる二重盲検法を用いた。被験者を Cr もしくは PL を摂取するグループに 5 名ずつランダムに分け，それぞれ Cr 群と PL 群とした。なお，PL 群の 1 名が実験途中でリタイヤしたので PL 群は 4 名で集計を行った。Cr 群と PL 群の 5000 m のベストタイムの平均値はそれぞれ951.6±38.57（sec.），941.3±54.70（sec.）であった。両群の平均値を比較したが，群間で有意な差は認められなかった。Cr 群と PL 群の平均体重は摂取前では，それぞれ 52.9±3.24 kg，57.7±3.24 kg，摂取後ではそれぞれ，53.0 kg±3.16 kg，58.3 Kg±2.68 kg であり，摂取前後ともに，両群に有意な差は見られなかった。

Cr 群には Cr（品名；Mono-hydrate 100%Pure Powder, Now Foods 社製）を摂取させた。PL 群にはアクエリアスパウダー（日本コカ・コーラ株式会社製）をプラセボとして用いた。被験者には実験に先立ち，本研究の目的を十分に説明した後，自由意思により賛意を示した者に，同意書にサインさせ，実験に参加させた。本研究は，本学研究倫理審査委員会による審査が必要となるか否かを判断するための「大阪経済大学「人を対象とする研究」に関するチェックシート」でチェックされたものである。

2.2　実験方法

図 1 に実験のプロトコルを示した。各群には 7 日間の Cr あるいは PL の摂取期間を設けた。実験 1 日目には，全ての被験者に最大努力で12分間走を行わせ，その際の走距離を 1 分毎に測定した。12分間走の前後に心拍数を測定した。心拍数は心拍計（POLAR 社製，RS400）を用いた。12分間走の前にはウォーミングアップとして 3,000 m のジョギングと 200 m の快調走を 3 本行わせた。5 分間の休息後，12分間走を実施した。ここでいう快調走とは，全力走の 8 割程度の力で走行することである。

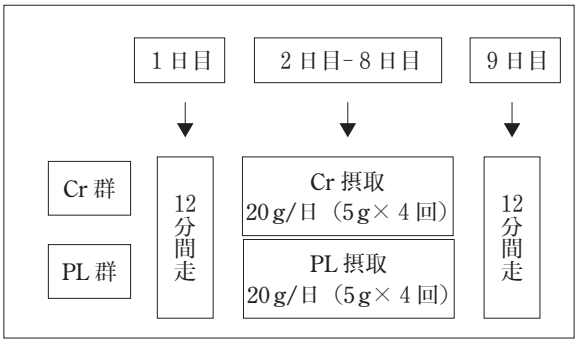

図 1．実験プロトコル

2.3　Cr と PL の摂取方法

Cr 摂取は先行文献［４，９－16，23］を参考に，5g/１回，１日に４回（20g/日）とし，７日間摂取させた。摂取の際は，Cr を 200ml の水で溶かした。摂取量にバラツキが生じないように，5g ずつをオブラートに包み，必要量を被験者に渡した。確認のため毎回，摂取状況を検者に報告させた。PL 群の PL 摂取も同様の方法を用いた。

実験最終日の９日目には実験開始時と同様の手法で12分間走の１分毎の距離並びに心拍数の測定を行った。

2.4　測定場所

12分間の走距離の測定には１日目，９日目共に，日本陸上競技連盟公認の全天候型，１周 400m の陸上競技場を利用した。

2.5　12分間の走距離の測定

測定前に 400m トラック上に 10m 間隔でカラーテープを貼り，１分毎の走距離は目視にて確認し，その場所に，カラーコーンを置き測定を行った。

2.6　統計処理

群内での比較には t 検定（一対の標本による平均の検定）を用いた。群間の比較には F 検定により分散が等しいか否かを検定した後，t 検定（等分散を仮定した２標本による検定，あるいは分散が等しくないと仮定した２標本による検定）を用いた。危険率は５％未満とした。

第３章　結果

3.1　両群の実験前後の心拍数について

表１は両群（９名）の被験者の W-up 後と12分間走後の心拍数を Cr 群と PL 群について，摂取前と後の結果を示した。

Cr 群では摂取前と後の心拍数は W-up 後では平均値はそれぞれ 102.6±16.07bpm，101.0±8.00bpm であり，PL 群ではそれぞれ 101.8±25.64bpm，103.8±25.41bpm であった。12分間走後の心拍数は，Cr 群では摂取前後でそれぞれ 188.8±8.84bpm，189.2±7.92bpm，PL 群ではそれぞれ 189.5±3.70bpm，188.5±4.93bpm であった。Cr 群と PL 群それぞれについて摂取前後での W-up 後，並びに12分間走行後の心拍数を比較したが，いずれの間にも有意な差は見られなかった。

3.2　Cr 群の12分間走の走距離について

図２は Cr 群（５名）の各被験者の Cr 摂取前後に測定された12分間走における１分毎の走距離（m）の平均値を示した。摂取前後で各被験者の１分毎の走距離の平均値を比較すると，C1 ではそれぞれ 291.7±22.09m，295.0±25.41m，C2 では 303.3±8.66m，300.8

表１．Cr 群と PL 群の摂取前後の W-up 後並びに走行後の心拍数

（a）Cr 群

心拍数（bpm）	C1	C2	C3	C4	C5	Mean	SD
摂取前 W-up	129	99	100	85	100	102.6	16.07
摂取後 W-up	99	100	90	112	104	101.0	8.00
摂取前走行後	195	185	201	183	180	188.8	8.84
摂取後走行後	202	185	190	188	181	189.2	7.92

（b）PL 群

心拍数（bpm）	P1	P2	P3	P4		Mean	SD
摂取前 W-up	114	82	79	132		101.8	25.64
摂取後 W-up	120	95	72	128		103.8	25.41
摂取前走行後	191	184	191	192		189.5	3.70
摂取後走行後	191	186	183	194		188.5	4.93

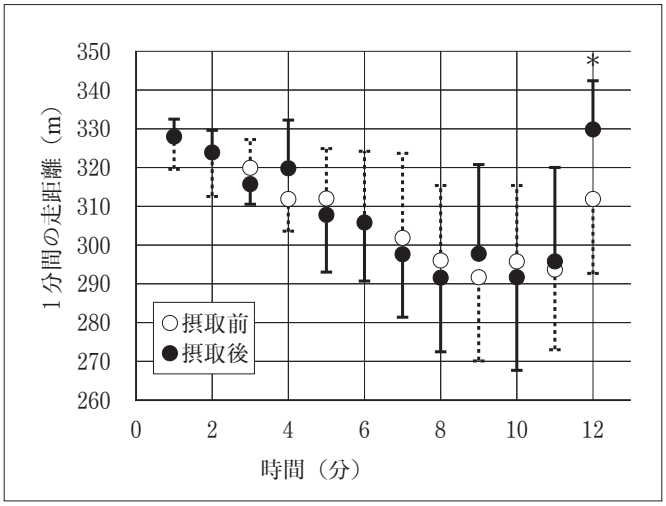

図２．Cr 摂取前後の１分毎の走距離（５名の平均値）

*：$p<0.05$

±19.75 m，C3 では 317.5±8.66 m，313.3±9.85 m，C4 では 326.7±8.88 m，329.2±9.00 m，C5 では 300.0±14.14 m，306.7±14.35 m であった。

Cr 群（５名）の摂取前後の１分毎の平均値は，0-1 分ではそれぞれ 328.0±8.37 m，328.0±4.47 m，1-2 分間では 324.0±11.40 m，324.0±5.48 m，2-3 分では 320.0±7.07 m，316.0±5.48 m，3-4 分では 312.0±8.37 m，320.0±12.25 m，4-5 分では 312.0±13.04 m，308.0±14.83 m，5-6 分では 306.0±18.17 m，306.0±15.17 m，6-7 分では 302.0±21.68 m，298.0±16.43 m，7-8 分では 296.0±19.49 m，292.0±19.24 m，8-9 分では 292.0±21.68 m，298.0±22.80 m，9-10分では 296.0±19.49 m，292.0±25.88 m，10-11分では 294.0±20.74 m，

296.0±24.08 m，11-12分では 312.0±19.24 m，330.0±12.25 m であった。１分毎の走距離は，10-11分までは摂取前後で有意な差は見られなかったが，11-12分間の期間では摂取後において有意（P＜0.009）に走距離が長くなることを示した。12分間の走距離の平均値はそれぞれ，3694.0±168.76 m，3708.0±158.02 m であった。総走距離は，摂取後の方が走距離は 14 m 延びたが，摂取前後で有意な差は見られなかった。

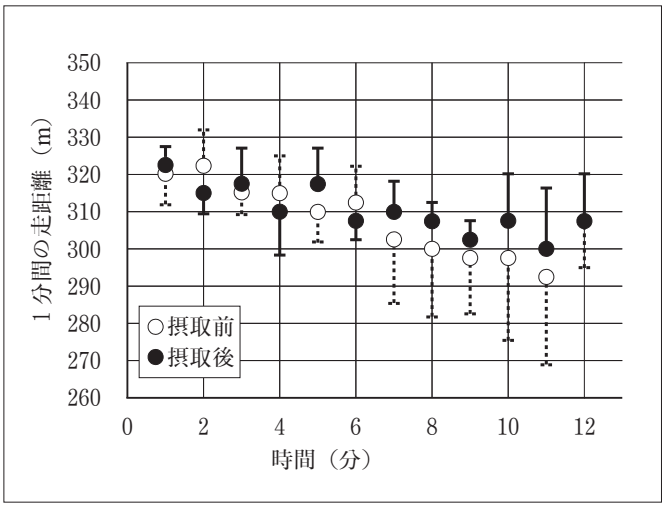

図３．PL 摂取前後の１分間の走距離（４名の平均値）

3.3　PL 群の12分間走の走距離について

図３は PL 群（４名）の各被験者の PL 摂取前後に測定された12分間走における１分毎の走距離（m）の平均値を示した。摂取前後で各被験者の１分毎の走距離の平均値を比較すると，P1 ではそれぞれ，290.8±17.06 m，300.8±10.38 m，P2 では 305.0±12.58 m，314.2±9.54 m，P3 では 320.0±5.77 m，308.3±5.53 m，P4 では 315.0±7.64 m，318.3±5.53 m であった。

PL 群（４名）の摂取前後の１分毎の平均値は，0-1 分ではそれぞれ 320.0±8.16 m，322.5±5.00 m，1-2 分では 322.5±9.57 m，315.0±5.77 m，2-3 分では 315.0±5.77 m，317.5±9.57 m，3-4 分では 315.0±10.00 m，310.0±11.55 m，4-5 分では 310.0±8.16 m，317.5±9.57 m，5-6 分では 312.5±9.57 m，307.5±5.00 m，6-7 分では 302.5±17.08 m，310.0±8.16 m，7-8 分では 300.0±18.26 m，307.5±5.00 m，8-9 分では 297.5±15.00 m，302.5±5.00 m，9-10分では 297.5±22.17 m，307.5±12.58 m，10-11分では 292.5±23.63 m，300.0±16.33 m，11-12分では 307.5±20.62 m，307.5±12.58 m であった。１分毎の走距離ではいずれの期間においても有意な差は見られなかった。12分間の走距離の平均値はそれぞれ，3692.5±154.353 m，3725±91.104 m であり，摂取後の方が走距離は 33 m 延びたが，有意な差は見られなかった。

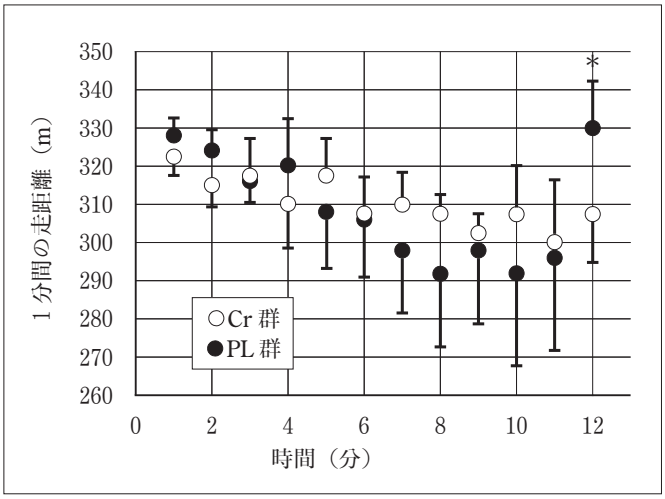

図 4．Cr 群と PL 群の摂取後 1 分毎の走距離の比較

*：$p < 0.05$

3. 4　摂取後の Cr 群と PL 群の 1 分毎の平均走距離について

図 4 は，各群がそれぞれを摂取した後の走距離を Cr 群（5 名）と PL 群（4 名）について 1 分毎の平均値を共にプロットした。0-1 分ではそれぞれ 328.0±4.47 m，322.5±5.00 m，1-2 分では 324.0±5.48 m，315.0±5.77 m，2-3 分では 316.0±5.48 m，317.5±9.57 m，3-4 分では 320.0±12.25 m，310.0±11.55 m，4-5 分では 308.0±14.83 m，317.5±9.57 m，5-6 分では 306.0±15.17 m，307.5±5.00 m，6-7 分では 298.0±16.43 m，310.0±8.16 m，7-8 分では 292.0±19.24 m，307.5±5.00 m，8-9 分では 298.0±22.80 m，302.5±5.00 m，9-10分では 292.0±25.88 m，307.5±12.58 m，10-11分では 296.0±24.08 m，300.0±16.33 m，11-12分では 330.0±12.25 m，307.5±12.58 m であった。11-12分間の期間で有意（P＝0.03）に Cr 群の方が走距離は長かった。他の期間では両者の間に有意な差は見られなかった。そこで，各群の摂取前後の10-11分から11-12分の期間での距離の伸び率をみると，Cr 群は5.9±3.05%，PL 群は0.2±4.46%であり，Cr 群の方がその伸び率が大きくなる有意傾向（p＝0.056）を示した。

第 4 章　検討

今回は「陸上長距離選手に一定期間 Cr を経口摂取した場合，ラストスパートの成績を向上させる」という仮説を検討した。

心拍数を摂取前後で W-up 後，並びに12分間走行後の間で比較した。その結果，W-up 後の摂取前後の心拍数は，Cr 群ではそれぞれ 102.6±16.07 bpm，101.0±8.00 bpm，PL 群ではそれぞれ，101.8±25.64 bpm，103.8±25.41 bpm であった。さらに，12分間走後の摂取前後では，Cr 群はそれぞれ 188.8±8.84 bpm，189.2±7.92 bpm，PL 群はそれぞれ，189.5±3.70 bpm，188.5±4.93 bpm であり，Cr 群と PL 群それぞれについていずれの間にも摂

取前後で有意な差は見られなかった。このことから，実験開始直後と終了前の12分間走の被験者のコンデションに大きな違いはなかったものと考えられる。

山地[26]は，5000ｍ以上の競争になると最高心拍数を維持することが困難となるために，5000ｍでは最高心拍数の90～100％（％HRmax）となると説明している。今回用いた各群の被験者の最高心拍数の測定は行っていないが，それを200～210bpmと仮定すると，12分間走直後の心拍数は，摂取前後ともに90％に達していることから被験者が最大努力で12分間走を行ったものと推測できる。

12分間走における１分毎の走距離をCr摂取群，PL摂取群それぞれについて観察すると，PL群ではいずれの期間においても摂取前後で，走距離に有意な差異は見られなかったが，Cr摂取前後では11-12分すなわちラスト１分間で10-12分間の１分間に比して有意（P＜0.009）に増加した。更に，Cr群とPL群の摂取前後のラスト１分間で比較してもCr群の方において有意（P＜0.04）に走距離が増加した。本研究の結果で示した様に12分間走において最も無酸素的エネルギー供給過程が使われると考えられる11-12分の期間でCr群において有意に走距離を増加させる結果となった。

永澤健ら[４]は，国内トップレベルの大学ボート選手を対象にCRE群（10名）とPLA群（10名）に分け，その結果を2000ｍローイングタイムトライアルと20秒間の最大努力によるローイングで観察した。その結果，CRE群において2000ｍのローイングタイムが407.9±5.3秒から404.7±5.4秒へと有意（p＜0.01）に短縮することを示した。この報告は，約６分間継続される2000ｍのローイングにおいてもCr摂取が好影響を与えていることを示しており，有意な差はなかったもののラスト500ｍではCRE群の摂取後の平均漕速度に増加する傾向が認められる。

J. Chwalbiñska-Moneta[27]は有酸素性および無酸素性のパフォーマンスに対する経口クレアチン補給の効果について，16人のエリート男性漕手を対象に２グループCr-G（Cr摂取，n＝8）とPl-G（プラセボ摂取，n＝8）に分け，各グループにそれぞれ５日間摂取させ検討した。毎日摂取する前後に，被験者はローイングエルゴメーターを用いて，（a）３分の段階持続時間からなる漸進的な運動および自発的な疲労まで50Ｗ増加するテストと（b）7W/kgの一定荷重に対して行われる全身的な無酸素性運動テストの２つの運動試験を課した。テストは７日間行われた。最大パワーは，いずれの群においても有意な差はなかった。個々の乳酸値の平均は，Pl-Gでは摂取前後でそれぞれ305.0 ＋/－ 6.9Ｗおよび308.9 ＋/－ 5.9Ｗ（ns）で有意差はなかったが，Cr-Gではそれぞれ314.3 ＋/－ 5.0Ｗから335.6 ＋/－ 7.1Ｗ（p＜.01）へと有意に上昇した。無酸素性試験の間，Cr-GはPl-Gに比して有意に長く漕ぎ続けた（p＜.01）。全身運動後の血中乳酸値は群間での有意差は認められなかった。これらの結果は，エリート漕手において，Cr補給が集中的な持久力トレーニングの効果とは無関係に，個々の乳酸性閾値および無酸素性の性能を改善することを示している。

これらの報告は，Crの経口摂取が，有酸素系の競技でも無酸素性エネルギー供給過程が必要な局面において，ポジティブな効果があることを示している。しかし，これらの報

告からはCrローディングがどの時期に効果的に働いているかを特定できない。

P L Greenhaff[28]は「PCrの枯渇がアデノシン三リン酸（ATP）再合成を必要な速度で維持することができなくなるため，短期間の高出力運動で性能を制限する可能性が高い。Crを5g/回を1日に4回，5日間連続摂取すると，運動前の筋肉内クレアチンおよびPCr濃度が有意に増加し，運動からの回復中に，特に摂食前のクレアチン濃度が比較的低い個体においてPCrの再合成を促進する」ことを報告している。今回の結果は，スタート時に一時的に使われたPCrが枯渇することなくラストスパート時においてもATP再合成に必要な速度をある程度維持できるようにCrローディングがなされたものと考えられる。いずれにしても，12分間走での1分毎の走距離から最後の1分間にCr摂取が影響を与えたものと考えられることから，「陸上長距離選手に1週間Crを経口摂取させた場合，ラストスパートの成績を向上させる」という仮説は検証されたものと考えられる。

但し，近藤[29]が指摘するように，CM（クレアチン-水和物（Creatin monohydrate））摂取は「ローディング期」後に体重が1-2kg増加するとする報告があることから」持久系競技や体重に敏感な競技のアスリートに導入する場合は慎重に検討する必要があると思われる。

まとめ

本研究は，「陸上長距離選手に1週間Crを経口摂取させた場合，ラストスパートの成績を向上させる」という仮説を立て，それを検証することを目的とした。

（1）被験者は，陸上競技部に所属する長距離走を専門種目とする男子大学生9名を対象とした。

（2）二重盲検法を用いてCr（クレアチン摂取）群（5名）とPL（プラセボ摂取）群（4名）の2グループに分け，7日間のCrあるいはPLの摂取期間を設けた。

（3）摂取前後に12分間走を行わせ，1分毎の走距離並びに，12分間走前後の心拍数を計測した。

（4）12分間走前後の心拍数はCr群とPL群で有意な差は見られなかった。各群の摂取前後の心拍数においても有意な差は認められなかった。

（5）両群について，摂取前後の1分毎の走距離を比較すると，PL群ではいずれの期間においても有意な差は見られなかったが，Cr群ではラスト1分の期間で摂取前に比して摂取後では有意（P＝0.009）に増加した。

これらの結果より「陸上長距離選手に1週間Crを経口摂取させた場合，ラストスパートの成績を向上させる」という仮説が検証され，Crの経口摂取が長距離走のラストスパートの成績を向上させる可能性があることを示した。

謝辞

本研究の実験並びにデータ整理に関して，大阪経済大学人間科学部卒業生月田恭平氏，福島力人氏にお手伝い頂きました。ここに感謝の意を表します。

引用文献

［１］ C. Lanhers B. Pereira, G. Naughton, M. Trousselard, F. -Xavier Lesage and F. Dutheil: Creatine Supplementation and Lower Limb Strength Performance. A Systematic Review and Meta-Analyses. Sports Med. 2015, 45(9) 1285-1294.

［２］ C. Lanhers, B. Pereira, G. Naughton, M. Trousselard, F-Xavier Lesage and F. Dutheil: Creatine Supplementation and Upper Limb Strength Performance. A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2017, 47(1) 163-173.

［３］ D. G Burke, P. D. Chilibeck, G. Parise, D. G. Candow, D. Mahoney and M. Tarnopolsky: Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. Trial Med Sci Sports Exerc. 2003, 35(11) 1946-1955.

［４］ M. Balestrino and E. Adriano: Beyond sports: Efficacy and safety of creatine supplementation in pathological or paraphysiological conditions of brain and muscle. Med Res Rev. 2019, 39(6) 2427-2459.

［５］ 永澤健，根本勇，中村夏実，岩竹淳，黒田善雄：クレアチンローディングが男子ボート競技選手のローイングパフォーマンスに及ぼす影響．体力科学，2001，50(1) 89-96

［６］ R. Jäger, M. Purpura, A. Shao, T. Inoue and R. B Kreider: Analysis of the efficacy, safety, and regulatory status of novel forms of creatine. Amino Acids. 2011, 40(5) 1369-1383.

［７］ RR Mendes, J Tirapegui, Creatine: the nutritional supplement for exercise - current concepts. Arch Latinoam Nutr. 2002, 52(2) 117-127.

［８］ RC Harris, K. Söderlund and E. Hultman: Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. Clin Sci (Lond). 1992, 83(3) 367-374.

［９］ R J Maughan: Creatine supplementation and exercise performance. Int J Sport Nutr. 1995, 5(2) 94-101.

［10］ JL. M. Mesa, J. R. Ruiz, M. M. González-Gross, A. Gutiérrez Sáinz and M. J. Castillo Garzón: Oral creatine supplementation and skeletal muscle metabolism in physical exercise. Sports Med. 2002, 32(14) 903-944.

［11］ TW Demant, EC Rhodes: Effects of creatine supplementation on exercise performance. Sports Med. 1999, 28(1) 49-60.

［12］ RB Kreider: Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. Mol Cell Biochem. 2003, 244(1-2) 89-94.

［13］ MG Bemben and HS Lamont: Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. Sports Med. 2005, 35(2) 107-125.

［14］ LJ C. van Loon, AM Oosterlaar, F. Hartgens, M. KC Hesselink, RJ Snow and AJM Wagenmakers: Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. Clin Sci (Lond). 2003, 104 (2) 153-162.

［15］ M. Lamontagne-Lacasse, R. Nadon and DB Goulet E: Effect of creatine supplementation on jumping performance in elite volleyball players. Int J Sports Physiol Perform. 2011, 6(4) 525-533.

［16］ RR Mendes, I. Pires, A. Oliveira and J. Tirapegui: Effects of creatine supplementation on the performance and body composition of competitive swimmers. J Nutr Biochem. 2004, 15

(8) 473-478.
[17] MC Peyrebrune, ME Nevill, FJ Donaldson and DJ Cosford: The effects of oral creatine supplementation on performance in single and repeated sprint swimming. J Sports Sci. 1998, 16(3) 271-279.
[18] P. Bernat, Darren G Candow., K. Gryzb., S. Butchart., BJ Schoenfeld and Paul Bruno: Effects of high-velocity resistance training and creatine supplementation in untrained healthy aging males. Appl Physiol Nutr Metab. 2019, 44(11) 1246-1253.
[19] W. H. Cooke, P. W. Grandjean, W. S. Barnes: Effect of oral creatine supplementation on power output and fatigue during bicycle ergometry. J. Appl. Physiol. 1995, 78, 670-673.
[20] I. Mujika, JC Chatard, L. Lacoste, F. Barale, A. Geyssant: Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. Med. Sci. Sports Exerc. 1996, 28, 1435-1431.
[21] Snow, R. J., McKenna, M. J., Selig, S. E., Kemp, J., Stathis, C. G., Zhao, S. Effect of creatine supple mentation on sprint exercise performance and muscle metabolism. J. Appl. Physiol. 1998, 84, 1667-1673.
[22] J. Williams, Grant Abt, AE Kilding: Effects of creatine monohydrate supplementation on simulated soccer performance. Int J Sports Physiol Perform. 2014, 9(3) 503-510.
[23] RR Mendes, I. Pires, A. Oliveira and J. Tirapegui: Effects of creatine supplementation on the performance and body composition of competitive swimmers. J Nutr Biochem. 2004, 15 (8) 473-478.
[24] クレアチン経口補給は，男女柔道選手の大腿筋力，観血的最大運動時のパフォーマンスおよび身体組成を改善するのか？ 武道学研究，2008，40(3)，1-10.
[25] KA Tomcik, DM Camera, JL Bone, ML Ross, NA Jeacocke, B. Tachtsis, J. Senden, LJ C. VAN Loon, JA Hawley and LM Burke: Effect of creatine and carbohydrate loading on cycling time performance. Med Sci Sports Exerc. 2018, 50(1) 141-150.
[26] 宮地啓司：運動処方のための心拍数の科学．大修館書店 6 版，1989，p. 86.
[27] Jolanta Chwalbiñska-Moneta: Effect of creatine supplementation on aerobic performance and anaerobic capacity in elite rowers in the course of endurance training. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2003, 13(2) 173-183.
[28] P L Greenhaff: Creatine and its application as an ergogenic aid. Int J Sport Nutr. 1995, 5, S100-S110.
[29] 近藤衣美：直接的にパフォーマンスを向上させるサプリメントの科学的根拠．Journal of High Performance Sport, 2020, 5, 93-105.