

昭和45年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. V 無酸素的作業に及ぼすビタミンCの効果

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

無酸素的作業に及ぼすビタミンCの効果

スポーツ科学委員会

ドーピング研究小委員会

猪飼道夫

協力者 生田香明

1. 緒言

45年度の日本体育協会スポーツ科学研究報告「筋持久力に及ぼす薬物投与の効果⁽¹⁾」(中間報告)のビタミンC大量投与(500mg)の実験において、水素運搬者として細胞に水素を与え、強い可逆性の酸化還元性を有するビタミンCが筋持久力に改善を促す可能性のあることを報告した。この結果によるとビタミンCの大量投与は、オールアウト作業の作業回数からみて、最初のオールアウト作業の試行に効果をもたらし、繰り返して行なうオールアウト作業間の2分間の回復期に筋の疲労回復をより促進する傾向にあることを示した。すなわち、有酸素的作業においては、筋肉中に発生した代謝産物の乳酸がピルビン酸を経て炭酸ガス(CO₂)や水(H₂O)に分解される。その際、クエン酸回路(TCA Cycle)においてビタミンB₁が補酵素として働らくが、ビタミンCはこのビタミンB₁の働きを助ける役目になっている。このことからビタミンCが代謝産物の早期解消と疲労回復に効果を持つことは考えられることである。

本研究においては、ビタミンCの大量投与(500ないし2000mg)が無酸素的作業能にも影響を及ぼすかどうかを確かめるため短時間の非常に激しい無酸素的作業を繰り返し(5~12セット bouts)行なわせた。

以前の研究報告から、ビタミンCの投与が代謝の面から計算された機械的効率をよくするとする報告(Hoogerwerf たち⁽²⁾)と、みるべき改善は認められなかったとする報告(Johnson たち⁽⁴⁾)などがあり、ビタミンCの作業能力に及ぼす効果については、必ずしも一致した見解は出ていない。このことについては運動の強度や実験条件の

相違によることも考えられ、本研究では無酸素的作業の繰り返しについて、その効果を調べようとした。

一回限りの無酸素的作業においては、筋の代謝産物である乳酸の炭酸ガスと水への分解や疲労回復は問題にはならないが、一定の回復時間において繰り返す全力の作業では長時間に及び、当然筋の代謝産物の早期除去と早期疲労回復とが大きな問題となる。

また、近代トレーニング方法にレペティショントレーニングが採用されているが、本実験の無酸素的作業の繰り返しによる機械的パワーと各セット(bouts)間の回復期間中の酸素摂取量を測定することによって、レペティショントレーニングのメカニズムとビタミンCの影響について探求することにした。

2. 実験方法

被検者は健康な成人男子4名(26~33才)である。表1は被検者の身体的特徴とビタミンC服用量及び運動の種類を示したものである。

実験はいずれの種類の実験においても被検者にビタミンC(500mgと2000mg)を服用させた場合と服用させない場合の2つの条件について行なった。ビタミンCを服用させた場合は、服用2時間後に全力で自転車エルゴメーターをこがせた。そして、作業能力の指標として機械的パワーと運動中及び回復期間中の酸素摂取量を測定した。被検者はできるだけ食事の影響をさけるため、食後2時間以上経過してからビタミンCを服用させ、また作業を行なわせた。

まず、ビタミンCの大量投与が数秒間の全力作業である無酸素的作業能力に影響を与えるものであるかどうかを確かめるため被検者K.I.について

表 1 被検者の身体的特徴・ビタミンC服用量・運動の種類

被検者	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	ビタミンC服用量 (mg)	運動の種類
K. I.	28	168	58	2000 500	10秒 25秒
K. K.	26	169	67	500	(10秒作業・4分回復)×10セット
M. T.	33	173	95	2000 2000	(5秒作業・4分回復)×5セット (10秒作業・4分回復)×10セット
K. W.	26	168	61	500 500	(10秒作業・4分回復)×10セット (10秒作業・1分回復)×12セット

表 2 被検者の4種類の負荷での最大パワー

被検者	5 kp kgm/sec	6 kp kgm/sec	7 kp kgm/sec	8 kp kgm/sec
K. I.	79.9	89.1	81.3	59.4
K. K.	71.0	77.5	84.7	89.1
M. T.	85.5	98.8	107.4	100.8
K. W.	73.4	86.2	87.0	78.8

10秒間の全力の運動と25秒間の全力の運動を行なわせた。そして、それぞれ運動中のパワー経過と回復期35分間及び45分間の酸素摂取量を測定した。更にビタミンCの無酸素的作業能への効果を見るため被検者 M. T. については5秒間の全力の

運動を4分間の回復をはさんで5セット繰り返し行なわせ、各セットにおける仕事量の経過と回復期(0-1分, 1-4分)の酸素摂取量を測定した。そして、運動時間を更に10秒に延長し、4分間の回復をはさんで10セット繰り返し行なわせ、同様にパワーの経過と回復期の酸素摂取量を測定した。

被検者 K. K., K. W. についても同様に10秒間の全力の運動を4分間の回復をはさんで10セット繰り返し行なわせ、ビタミンCの影響を確かめることにした。被検者 K. W. については回復時間を更に1分間に短縮して、10秒間の全力の運動を12セット繰り返し行なわせた。

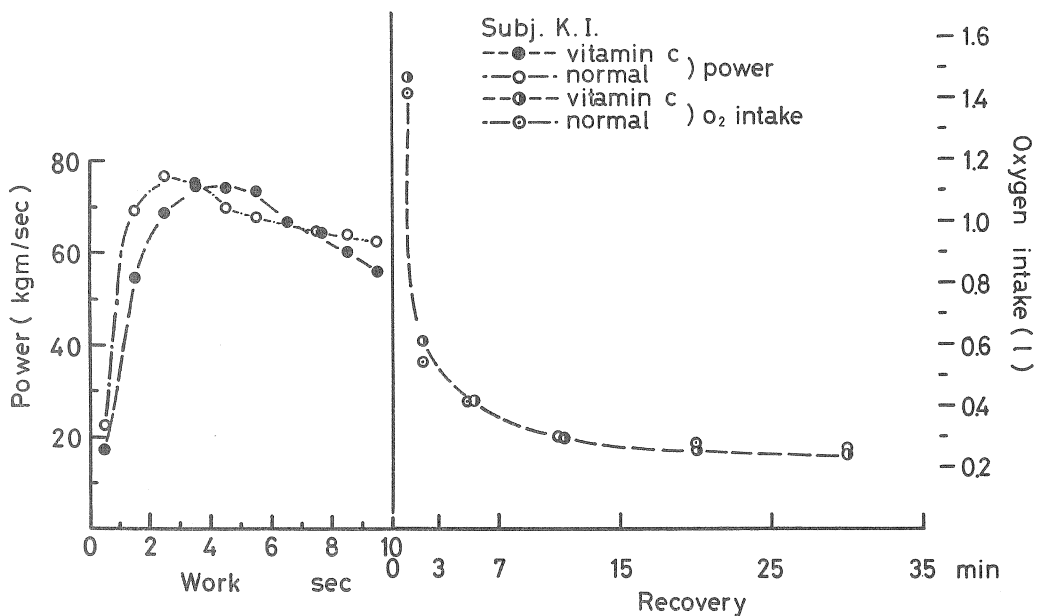


図 1 ビタミンC服用時及び正常時における10秒間全力作業によるパワーの経過と回復期酸素摂取量

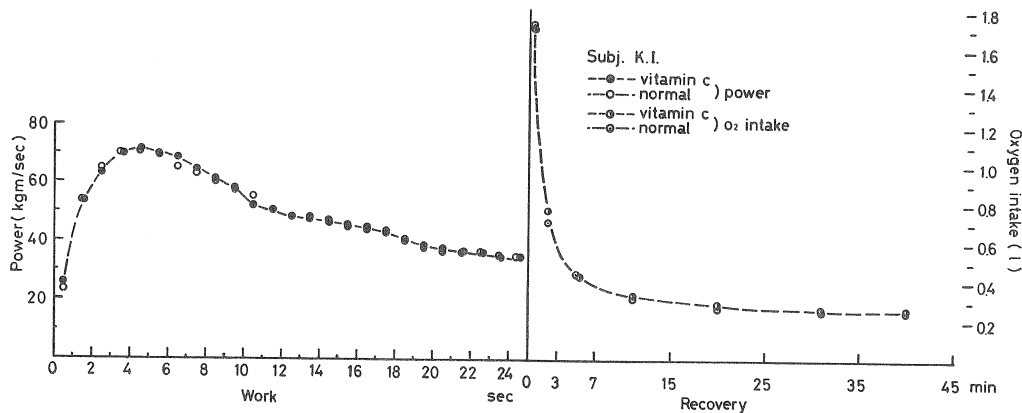


図 2 ビタミンC服用時及び正常時における25秒間全力作業によるパワーの経過と回復期酸素摂取量

本実験の自転車エルゴメーターによる機械的パワーと酸素摂取量の測定は、先に報告した昭和44年度日本体育協会スポーツ科学研究報告「血液乳酸からみた無酸素的パワーの研究⁽⁴⁾」で述べた方法を採用した。

3. 実験結果

被検者が自転車エルゴメーターで最大パワーを発揮することができる負荷を知るために、5 kp, 6 kp, 7 kp, 8 kp の負荷を用いて、スタートの合図と同時に全力で8秒間自転車をこがせ、パワー

を測定した。それぞれの負荷において各被検者が発揮した一番高いパワーは表2の通りである。パワーの測定結果から被検者 K. I., K. W., K. K. についてはほぼ最大パワーを発揮すると思われる6 kp の負荷を選び、被検者 M. T. については7 kp を選んで実験を行なった。

図1は被検者 K. I. がビタミンC服用時及び正常時の10秒間全力で作業させた時の2回の実験におけるパワーの経過と回復期35分間の酸素摂取量を表わしたものである。図2は同じ被検者 K. I. が作業時間を更に25秒間に延ばして、ほぼへばるまで作業させた時のパワーの経過と回復期45分間の酸素摂取量を表わしたものである。

図1と2からビタミンC服用時と正常時の最大パワーは10秒間の作業ではそれぞれ74.6kgm/secと74.8kgm/secであり、10秒間の仕事量は609kgm

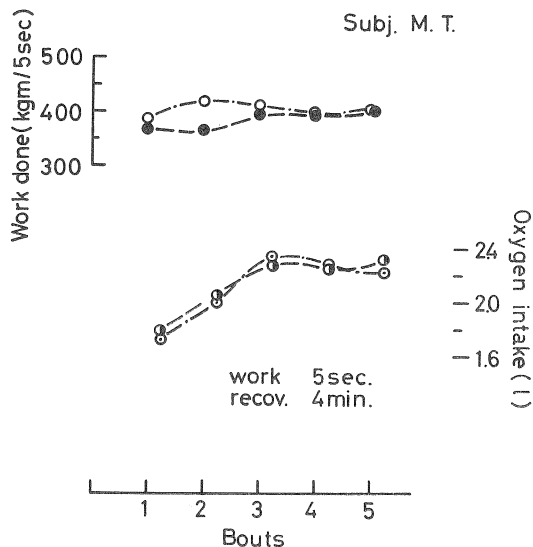


図 3 ビタミンC服用時及び正常時における5秒間作業の仕事量と回復期酸素摂取量（5秒作業、4分回復、5セット）

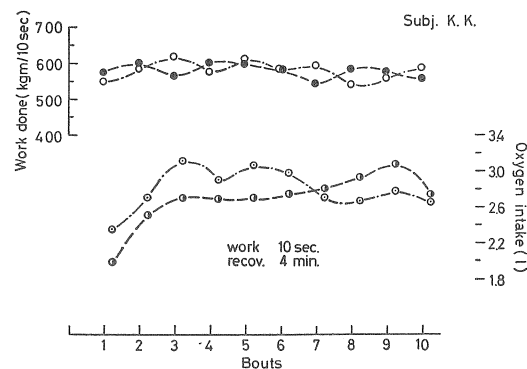


図 4 ビタミンC服用時及び正常時における10秒間作業の仕事量と（回復期）酸素摂取量（10秒作業、4分回復、10セット）

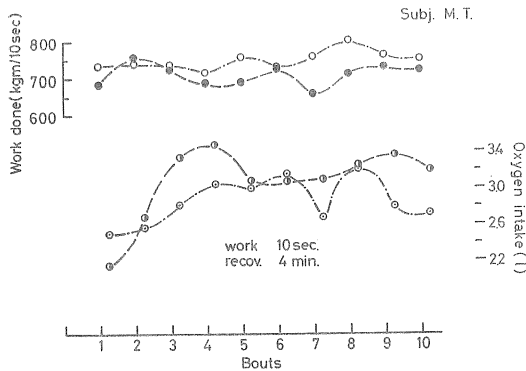


図 5 ビタミンC服用時及び正常時における10秒間作業の仕事量と回復期酸素摂取量 (10秒作業, 4分回復, 10セット)

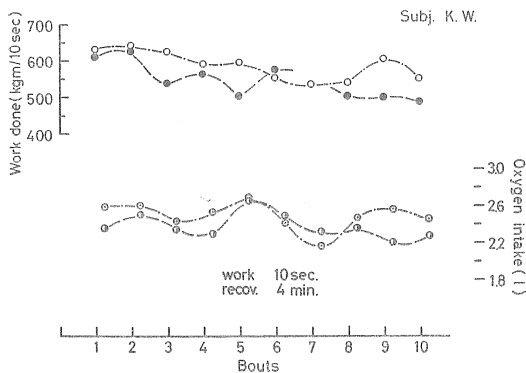


図 6 ビタミンC服用時及び正常時における10秒間作業の仕事量と回復期酸素摂取量 (10秒作業, 4分回復, 10セット)

と 644kgm であった。25 秒間の仕事量はそれぞれ 1246kgm と 1227kgm であり、ほとんど変わらない値を示した。パワーの持続の面からみても、ほぼ

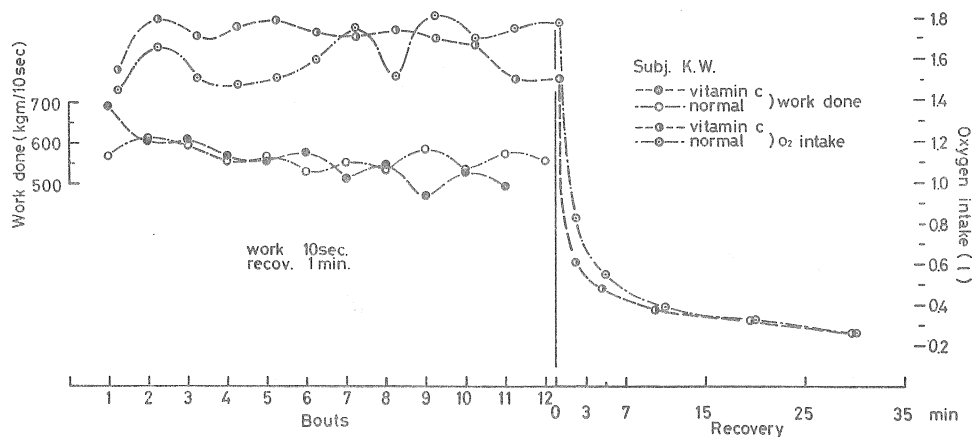


図 7 ビタミンC服用時及び正常時における10秒間作業の仕事量と回復期酸素摂取量 (10秒作業, 1分回復, 12セット)

同じ傾向を示している。回復期の酸素摂取量の値もビタミンC服用時と正常時で、ほぼ同じ値をとりながら安静時のレベルに回復しており、有意の差が認められなかった。

以上の結果から、10秒〜25秒間の全力の運動においては、機械的パワー及び酸素消費量にビタミンCの影響はみられないことがわかった。

図 3 は被検者 M. T. がビタミンC服用時と正常時の 2 回、5 秒間の全力作業を 4 分の回復時間において 5 セット繰り返した時の各セットごとの作業量と回復期 (0-1 分, 1-4 分) の酸素摂取量の合計 (安静時レベルの酸素摂取量を引いた値: 以下同じ) を示したものである。5 秒間という非常に短い、パワーが最大に達するまでの繰り返しの全力作業にビタミンCが影響を与えるかを見たものである。仕事量の面からみても (ビタミンC服用時: 365~402 kgm, 正常時: 385~418 kgm), 回復期間の酸素摂取量の面からみても (ビタミンC服用時: 1.79~2.32 l, 正常時 1.73~2.35 l) ビタミンCの影響は認められなかった。

次いで、作業時間を10秒間に延長し、また繰り返しの回数を10セットに延長して Performance の面から10秒間の仕事量を、代謝の面から酸素消費量を測定し、ビタミンCの影響があるかどうかを確かめたものが図 4, 5, 6 である。図 4 は被検者 K. K., 図 5 は被検者 M. T., 図 6 は被検者 K. W. の結果を表わしたものである。いずれの被検者においても10セット繰り返し行なった10秒間の仕事

量（被検者 K. K. はビタミンC服用時：540～598 kgm, 正常時：540～615kgm, 被検者 M. T. はそれぞれ656～755kgm及び734～797kgm, 被検者 K. W. は481～624kgm及び529～639kgm）においてビタミンC服用時と正常時とでは有意の差が認められなかった。また、回復期4分間（0—1分, 1—4分）の酸素摂取量において、ビタミンC服用時と正常時で、被検者 K. T. と M. T. では初めの3～4セットまでは徐々に増加する傾向を示した。（被検者 K. K. は、ビタミンC服用時1セット：2.0ℓ, 2セット：2.5ℓ, 3セット：2.7ℓ, 正常時1セット：2.4ℓ, 2セット：2.7ℓ, 3セット：3.1ℓ, 被検者 M. T. はビタミンC服用時1セット：2.2ℓ, 2セット：2.7ℓ, 3セット：3.3ℓ, 4セット：3.5ℓ, 正常時 1セット：2.5ℓ, 2セット：2.6ℓ, 3セット：2.8ℓ, 4セット：3.1ℓ）。4セット以後においては増加したり、減少したりして一定の傾向を示さなかった。被検者 K. W. においては1セットから10セットまで一定の傾向はみられなかった。ビタミンC服用時と正常時の回復期の酸素摂取量は被検者 K. K. では仕事量に比較してビタミンC服用時に低い傾向がみられ、作業の効率がよくなるように思われたが、他の2人の被検者のデータからみれば一定の傾向は認められなかった。

図7は被検者 K. W. が10秒間の全力作業を回復時間を1分間に短縮して、12セット繰り返して行ったものである。この実験においては、12セット終了した後、回復35分間の酸素摂取量を測定した。この実験結果からもビタミンC服用時と正常時の10秒間の各セットの仕事量（ビタミンC服用時：474～691kgm, 正常時：520～612kgm）及び1分間の回復期間中と12セット終了後35分間の酸素摂取量の値についても有意の差が認められず、ビタミンCの大量服用による効果は認められなかった。

4. 考 察

生体に貯蔵エネルギーの形としてたくわえられている磷原質（アデノシン三リン酸とクレアチンリン酸）には限界があるので、それだけでのエネルギー発生には限界がある。そこで筋や肝臓にあるグ

リコーゲンが分解され、そのエネルギーが減少する磷原質の再合成に用いられるようになる。筋肉中でグリコーゲンが分解される際、酸素の補給が十分でない時には代謝産物として乳酸が発生する。ある量までは血液中の予備アルカリである重炭酸ナトリウムがその中和に働くが、乳酸の生成が急激で量が多ければ、体内に蓄積されてくる。蓄積された乳酸は、回復期中に摂取する酸素を用いてピルビン酸を経てクエン酸回路で炭酸ガスと水に分解される。この反応は脱炭酸反応で、炭酸ガスを放出し、脱炭酸酵素（カルボキシラーゼ：Carboxylase）によって進行する。カルボキシラーゼの補酵素として、コカルボキシラーゼ（cocarboxylase；ビタミンB₁のピロリン酸エステル）とマグネシウムイオンが働く。この際ビタミンCがビタミンB₁の働きを助ける。したがってビタミンCは間接的に代謝産物の分解に役立っている。従来の研究報告から、ビタミンCの作業能力への効果について賛否両論があるのはビタミンCが乳酸の分解に補助的役割という働きによるためであろう。

本研究では無酸素的作業と無酸素的作業の繰り返しにおいてビタミンCの大量投与は、作業能力の改善にみるべき効果を与えなかった。休息期4分間に摂取した酸素の量では代謝産物の乳酸を分解するにいたらず⁽⁶⁾、4分間の休息（回復）で再び次の全力作業を開始することになり、乳酸の蓄積がかさなるためと考えられる。また、作業中の各セットにおけるパワーは、各被検者の最大パワーに近く、セットを繰り返してもそれほど低下しないことから、各セットにおいて、ビタミンCを服用しても正常時以上の成績は期待できないことが考えられる。

本研究では10秒間の全力作業を4分間及び1分間の休息（回復）期をばさんで10～12セット（bouts）繰り返した。その結果各セットの正常時での仕事量は、被検者 K. K. では3セット目の615 kgmが最も高く、8セット目の540kgmが最も低い値で最高と最低の値に大きい違いはなかった。ビタミンC服用時の仕事量もほぼ同じ値を示し、1セットから10セットまでほぼ一定の値で経過した。他の2人の被検者では、最高の仕事量と最低

の仕事量にわずかながら差があったが、10セットまでほぼ同じ傾向を示し、10～12セット繰り返しても急激な仕事量の低下はみられなかった。

また、各セットの仕事量と回復期4分間の酸素摂取量との関係は一律の関係は認められなかった。すなわち、仕事量が多くても比較的に酸素摂取量が低いセットがしばしばみられた。このことは休息（回復）時間が4分または1分間という極めて短い回復時間で次の作業を始めるため、そのセットの仕事に要したエネルギー需要量を測定

できないためであると考えられる。

図4, 5, 6, 7からビタミンC服用時、正常時とも10秒間の仕事量は変化が少ないが、回復期4分間または1分間の酸素摂取量はかなりの変動を示した。被検者 K. K. と M. T. は3セット及び4セットまで回復期4分間の酸素摂取量が増加した。4～5セット以後においてはほぼ一定の値であることから3～4セットまでだんだん作業の効率が悪くなること、4～5セット以後においてはそれ以上効率が悪くならないことが考えられる。

引用文献

- (1) 猪飼 道夫：筋持久力に及ぼす薬物投与の効果，昭和44年度日本体育協会スポーツ科学研究報告；No. XV, 1-5, 1969.
- (2) 猪飼 道夫：血液乳酸からみた無酸素的パワーの研究，昭和44年度日本体育協会スポーツ科学研究報告；No. III, 1-12, 1969
- (3) Hoogerwerf, A. and A. W. J. H. Hoftink : The influence of vitamin C administration on the mechanical efficiency of the human organism, *Arbeitsphysiol*, 20 ; 164-172, 1963.
- (4) Johnson, R. E., R. C. Darling, F. Sargent and P. Robinson, : Effects of various in dietary vitamin C on the physical well being of manual workers. *J. Nutr.* 29 ; 155-165, 1945.
- (5) Margaria, R., H. T. Edwards and D. B. Dill : The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *Am. J. Physiol* 106 ; 689-715, 1933.