

# アミノ酸混合物サプリメント摂取が持久性運動パフォーマンスに及ぼす影響

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/36100">http://hdl.handle.net/2297/36100</a>

## I. 緒言

サプリメントは、主にビタミンおよびミネラル等の栄養素を補う食品の総称であり、栄養補助食品のことを示す。サプリメントの本来的な役割は、「健康をサポートするための食品」であるが、近年、サプリメントには医薬品同様あるいはそれ以上の効果があるとも報告されている。また、医薬品にみられる副作用がほとんどないということもあり、特にスポーツ選手およびトレーナーに注目されている。

以前から、トレーニング後および試合後に、十分な休養と栄養をとることの重要性が指摘されている。通常の食事のみでは補えない消耗した栄養素をサプリメント摂取により補うことで、疲労の蓄積軽減および回復促進という効果が得られ、パフォーマンスを最大限に高めることに有用と考えられている。近年多くのサプリメントが開発並びに輸入され、容易に利用できるようになった。これに伴いスポーツ選手は、栄養補給、疲労回復あるいはパフォーマンスの維持・向上を目的に、競技場面やトレーニング場面で、各種のサプリメントを使用している。しかし、スポーツ選手の中には、サプリメントの適切かつ有効な摂取方法を十分理解していない者も多く、その効果・効能を体感できず、サプリメントに対する種々の疑問を抱く者も少なくない。

これまでに、サプリメントの効果を検証するために、様々な観点から多くの実験的な研究が行われてきた。特に、持久性運動中の身体のエネルギー源として直接的に関与するグルコースやフルクトース等の糖質摂取に関する研究が数多くなされている。これらの報告によれば、フルクトースの摂取による疲労発現の遅延や運動継続時間の延長等の効果が認められている。しかし、一方でこれらの糖質について、長時間運動時の重要なエネルギー源である脂肪酸の動員を抑制し、運動中の糖質の利用をかえって増加させるとの報告もある。したがって、これらの糖質を長時間の運動中に摂取することは、必ずしもパフォーマンスの維持・向上のために望ましい方法ではないと考えられる。

近年、糖代謝とは別の脂質代謝の観点から、運動前および運動後のアミノ酸の摂取が注目されている。単体の各種アミノ酸の身体に及ぼす効果に関して研究も多く行われ、単体の各種アミノ酸は、それぞれ固有の機能を持つことが明らかにされている。一方、単体のアミノ酸に対して、複数のアミノ酸が複雑に配合されているアミノ酸混合物については、その作用機序が複雑なゆえに、生理学的応答やパフォーマンスに及ぼす影響は明らかにされていない点が多い。また、競技場面における、実践的な使用方法に関しても、十分に検討されているとはいえない。

マウスの遊泳運動に関する報告によると、アミノ酸混合物摂取による遊泳時間の延長、遊泳時の血糖値の低下抑制、血中乳酸濃度の上昇抑制および血中遊離脂肪酸濃度の上昇等から、脂質代謝の亢進が示唆されている。また、ヒトを対象とした報告においては、運動中の主観的運動強度および心拍数の低下傾向、呼吸交換比の低下、血糖値、血中遊離脂肪酸、血中遊離コレステロール濃度およびノルアドレナリン濃度の増加が認められ、脂質代謝が亢進したと示唆している。このように、アミノ酸混合物の摂取は、脂質代謝の亢進および疲労の抑制等、安静時および運動時の生理学的応答(代謝系や内分泌系等の調節機能)に対し、複雑な影響を及ぼすことが考えられる。

上述したいずれの報告も、運動中の生理学的応答に関する報告であり、スポーツ選手の直接の関心事であるパフォーマンスに及ぼす効果については十分に検討されていない。もし、アミノ酸混合物サプリメントの摂取による効果が、パフォーマンスの維持・向上に認められるならば、スポーツ選手にとって非常に有益な情報となることが考えられる。

本研究の目的は、アミノ酸混合物サプリメントの摂取が、持久性運動パフォーマンスに及ぼす効果を検討することであった。

## II. 方法

### A. 被験者.

15名の喫煙習慣のない、定期的に運動を実施している健康な男子学生(20.5 ± 1.50yr, age; 173.9 ± 6.58cm, height; 69.6 ± 10.49kg, weight; 44.7 ± 6.16ml/kg/min,  $\dot{V}O_{2max}$ )が、実験に参加した。被験者には、本研究の主旨、内容およびそれに伴う危険性について説明を行い、全ての被験者から実験参加への同意を得た。実験期間中は、普段どおりの身体活動および食事をを行い、病気・怪我等の特別なことがあった場合は申し出るように指

示した。実験開始 24 時間前には、身体活動および風邪薬等の薬物の摂取を禁止するよう指示した。また、少なくとも実験開始 3 時間前は絶食するように指示した。なお、被験者に内科的疾患を有する者、薬物を習慣的に摂取している者はいなかった。

## B. 漸増負荷運動

最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2max}$ )、最大心拍数( $HR_{max}$ )および本研究での運動強度を決定するために、被験者は自転車エルゴメーター(エアロバイク 800, コンビ)を用いた漸増負荷運動を疲労困憊に達するまで行った。開始に先立ち、サドルの高さと運動中の姿勢について以下のような指示をした。サドルの高さについては、足底が身体重心の真下で地面に対して水平になるときに、膝関節角度がおおよそ 165-170 度となるように設定した。また運動中の姿勢は、座位姿勢を維持するよう指示した。運動負荷の漸増率は、表 1 に示した公式により算出した。ペダル回転数は、60rpm を維持させた。疲労困憊の判定は、被験者が規定のペダル回転数を維持できなくなった時点とした。運動中の呼気ガスを Breath-by-Breath 法にて連続的に採取し、自動呼気ガス分析器(エアロモニター AE-280S, ミナト医科学社製)にて酸素摂取量( $\dot{V}O_2$ )および呼吸交換比(RER)を測定した。また、運動中は連続して心拍数(HR)および心電図を測定した(エアロカーディナー ML-1200, フクダ電子社製)。 $\dot{V}O_{2max}$  の判定基準として、①HR が予測最高心拍数(220-年齢)の 95%、② $\dot{V}O_2$  の leveling-off ( $\Delta\dot{V}O_2 < 150\text{ml}/\text{min}$ )および③RER が 1.05 以上、の 3 つを設定し、これらのうち 2 つ以上を満たす値が初めて表示された時点の  $\dot{V}O_2$  を  $\dot{V}O_{2max}$  とした。AT については、運動中の①換気量(VE)、二酸化炭素排出量( $\dot{V}CO_2$ )の急激な非直線の上昇開始点、②  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$  の変化を伴わない  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  の上昇開始点、③RER の急激な上昇開始点、の 3 つの基準から判定する方法と、 $\dot{V}CO_2$  の増加する割合が、 $\dot{V}O_2$  よりも大きくなる時点での  $\dot{V}O_2$  として判定する V-slope 法を用いて総合的に決定した。V-slope 法によって定義できる AT は、Ventilatory Threshold(VT)と定義されることもあるが、本研究では AT の表現に統一した。また、本研究においては、AT に相当する  $\dot{V}O_2$  を  $\dot{V}O_{2AT}$  とした。

Tab1. Formulas of gradual increase ratio.

- |    |  |
|----|--|
| 1) | $\dot{V}O_2$ at no work-loaded (ml/min) = 150 + (6 × Weight)   |
| 2) | peak $\dot{V}O_2$ (ml/min) = (Height - Age) × 20 ..... male<br>peak $\dot{V}O_2$ (ml/min) = (Height - Age) × 14 ..... female |
| 3) | gradual increase ratio (Watt/min) = {(2) - (1)} / 100  |

## C. アミノ酸混合物サプリメントおよびプラセボ溶液

本研究にて使用したアミノ酸混合物サプリメントは、明治乳業社製ヴァーム 190 であった。また、プラセボ溶液として、アスパルテーム水溶液にレモン風味を添加したものを用いた。被験者は、それぞれの摂取溶液を運動開始 30 分前に 380ml 摂取した。

## D. 持久運動テスト

被験者は、日を分けて、2 試行の自転車エルゴメーターを用いた持久運動テストを、室温 23°C、湿度 50% に設定された実験室にて実施した。被験者は、運動開始 40 分前までには実験室に入室し、運動開始 30 分前に二重盲検法にて、アミノ酸混合物サプリメントあるいはプラセボ溶液のいずれかを摂取した。

被験者は、1 分間の安静および 2 分間の無負荷ペダリングの後に、 $\dot{V}O_{2AT}$  に相当する負荷によるペダリング運動を 60 分間行った。ペダル回転数は、漸増負荷運動時と同様に 60rpm を維持した。 $\dot{V}O_2$  および RER は、漸増負荷運動時と同様の方法で運動中連続的に記録し、

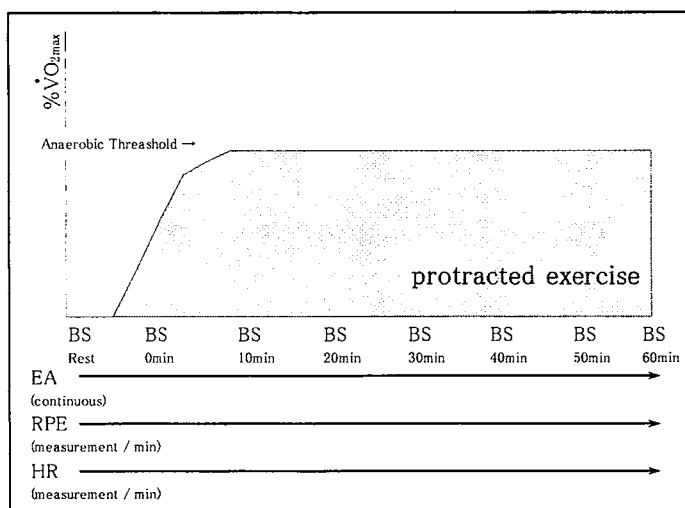


Fig1. Schematic diagrams of experimental protocol.

BS: blood sample, EA: expired air, RPE: ratings of perceived exertion, HR: heart rate.

安静時、無負荷ペダリング時、運動開始後10分毎の直前1分間のそれぞれの平均値を算出した。HRも、漸増負荷運動時と同様の方法を用いて運動前および運動開始から1分毎に記録した。主観的運動強度(RPE)は、Borg尺度を用いて1分間隔で記録した。HRおよびRPEは、VO<sub>2</sub>およびRERと同じ区間(1分)の平均値を代表値とした。さらに、安静時、無負荷ペダリング時、運動開始から10分毎に被験者の左手の人差し指から血液サンプルを採取し、血中乳酸濃度(La)を簡易血中乳酸濃度測定器(Lactate Pro LT-1710、アークレイ株式会社)を用いて測定した。実験手順の詳細は図1に示した。

### E. 統計解析.

同じ個人でも、実施日により体調が異なるため、各個人における日間変動の影響を考慮し、全変量とも安静時を基準とした変化率を次式により算出した。

$$\text{変化率} = (X - X_R) / X_R \times 100 \quad (X: \text{各データ}, X_R: \text{安静時のデータ})$$

データは、対応のある二要因[条件(アミノ酸混合物サプリメント摂取条件およびプラセボ摂取条件) × 測定時間]分散分析を用いて検討した。分散分析の結果、交互作用あるいは主効果が有意であった場合には、TukeyのHSD法により多重比較検定を行った。なお、有意水準は5%とした。

### III. 結果

二要因分散分析の結果、RERおよびRPEの交互作用に有意性が認められた。多重比較検定の結果、RERにおいて、安静時および無負荷ペダリング時にアミノ酸混合物サプリメント摂取条件がプラセボ摂取条件よりも高値を示し、両条件間に有意差が認められた(図2)。RPEにおいては、運動開始50分後および60分後において、アミノ酸混合物サプリメント摂取条件の方がプラセボ摂取条件よりも低値を示し、有意差が認められた(図3)。また、変化率において、RERは条件要因に有意差が認められ、プラセボ摂取条件の方が運動開始から終始高い値を示し、運動開始10分後、20分後、40分後、50分後および60分後に有意差が認められた(図2)。また、RPEは、交互作用に有意性が認められ、多重比較検定の結果、運動開始50分後および60分後において、アミノ酸混合物サプリメント摂取条件の方がプラセボ摂取条件よりも低値を示し、有意差が認められた(図3)。

### IV. 考察

本研究における主な知見は、安静時および無負荷ペダリング時の呼吸交換比(RER)において、アミノ酸混合物サプリメント摂取条件がプラセボ摂取条件よりも有意に高い値を示し、運動開始50分および60分後の主観的運動強度(RPE)において、アミノ酸混合物サプリメント摂取条件がプラセボ摂取条件よりも有意に低い値を示したことであった。また、安静時を基準として算出した変化率に関しては、運動開始10分、20分、40分、50分および60分後の呼吸交換比の変化率(CR-RER)において、アミノ酸混合物サプリメント摂取条件がプラセボ摂取条件よりも有意に低い値を示し、運動開始50分および60分後の主観的運動強度の変化率(CR-RPE)において、アミノ酸混合物サプリメント摂取条件がプラセボ摂取条件よりも有意に低い値を示した。

持久運動中のアミノ酸混合物サプリメントの効果を検証した近年の研究において、Abe, et al.をはじめとする動物(マウス)実験では、アミノ酸混合物サプリメントの摂取は、血中乳酸濃度の上昇を抑制し、血中遊離脂肪酸の濃度を高め(脂質エネルギー利用)、その結果、カゼインアミノ酸混合物摂取群あるいはブドウ糖摂取群よりもパフォーマンス(最大遊泳運動時間)を向上させる効果があると報告している。ヒトを対象とし、アミノ酸混合物サプリメントの効果を検証した水野らの報告では、コルチゾールの有意な低減、HRおよびRPEの上昇抑制傾向、RERの低値傾向、血中遊離脂肪酸およびケトン体の高値傾向が示唆されている。したがって、これらの報告から、アミノ酸混合物サプリメントの摂取により、運動時の脂質代謝の亢進(グリコーゲンを節約し、疲労の発現を遅延)、疲労の軽減、心拍数および主観的運動強度の上昇の抑制をもたらす、持久性運動パフォーマンスが維持・向上されると考えられる。

水野らは、有気的および無気的作業能力の両者を鍛錬している球技(サッカー)選手を対象として、50%VO<sub>2max</sub>程度(VTレベル)の自転車エルゴメーターを用いたペダリング運動を30分間行わせ、アミノ酸混合物サプリメント摂取の影響を検討し、RER、HRおよびRPEの低下傾向が観察されたと報告している。これらの結果は、本研究において認められたRERの有意な上昇抑制傾向、RPEの有意な低下および上昇抑制傾向と類似しており、本研究の運動時間が、水野らの報告よりも長い60分間であったことを考慮すると、アミノ酸混合物サプリメント摂取による効果は、運動時間が長くなるほど、顕著に現れてくるものであると考えられる。

RERの上昇抑制傾向に関しては、その変数の特徴として、高値を示すと無酸素的な運動に近づき、エネルギー供給機構は主に糖代謝に依存していることを示す。逆に低値を示せば、有酸素的な代謝すなわち脂質代謝が生体内で行われていることを示す。有酸素性代謝の割合が多くをしめる持久性運動において、RERが上昇傾向を示すということは、パフォーマンスの維持・向上を考えると、有益なことではないと考えられる。しかしながら、本研究では、RERにおいて、有意な上昇抑制傾向が認められた。これは、アミノ酸混合物サプリメントの摂取により、持久性運動中のエネルギー供給機構が、脂質代謝へと促進、また脂質代謝が亢進されたものと考えられる。脂質代謝が亢進されたことにより、血糖値が一定に保たれ、その結果、筋収縮に必須とされるATPの合成が維持される。したがって、持久性運動の終盤にみられる、エネルギーの枯渇が抑制されパフォーマンスが維持されると考えられる。

また、RPEの低下および上昇抑制傾向に関しては、その変数の特徴として、持久性運動時の血糖値と非常に類似した動向を示すことが報告されている。また、血糖値の低下は中枢性疲労を引き起こす要因の一つと考えられているため、RPEは、中枢性疲労を評価する上でも有用であるといえる。以上のことから、本研究において得られたRPEの低下および上昇抑制傾向は、中枢性疲労の抑制および血糖値の維持を示唆するものと考えられる。これらは、RERにおける結果同様、パフォーマンスの維持・向上には非常に有益な情報であると考えられる。また、血糖値に着目すれば、RERでの脂質代謝の亢進により血糖値が維持されることと非常に類似した結果となる。

以上のことから、本研究のアミノ酸混合物サプリメント摂取による、RERの上昇抑制傾向およびRPEの低下および上昇抑制傾向から、持久性運動時に必要なエネルギー供給機構である脂質代謝の亢進、中枢性疲労の抑制、血糖値の維持が示唆され、アミノ酸混合物サプリメント摂取による持久性運動パフォーマンスの維持・向上が示唆されたと考えられる。

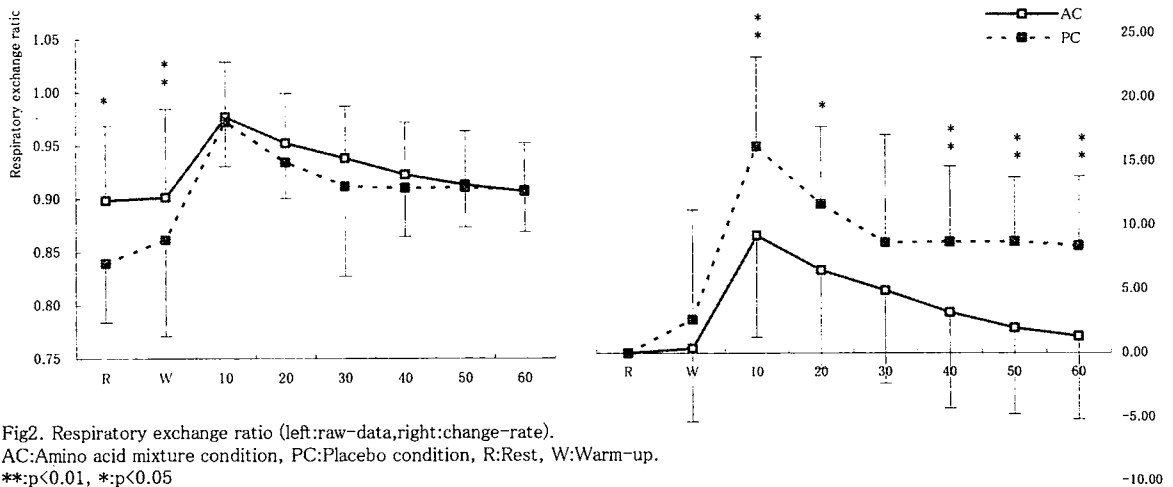


Fig2. Respiratory exchange ratio (left:raw-data,right:change-rate).  
AC:Amino acid mixture condition, PC:Placebo condition, R:Rest, W:Warm-up.  
\*\*: $p<0.01$ , \*: $p<0.05$

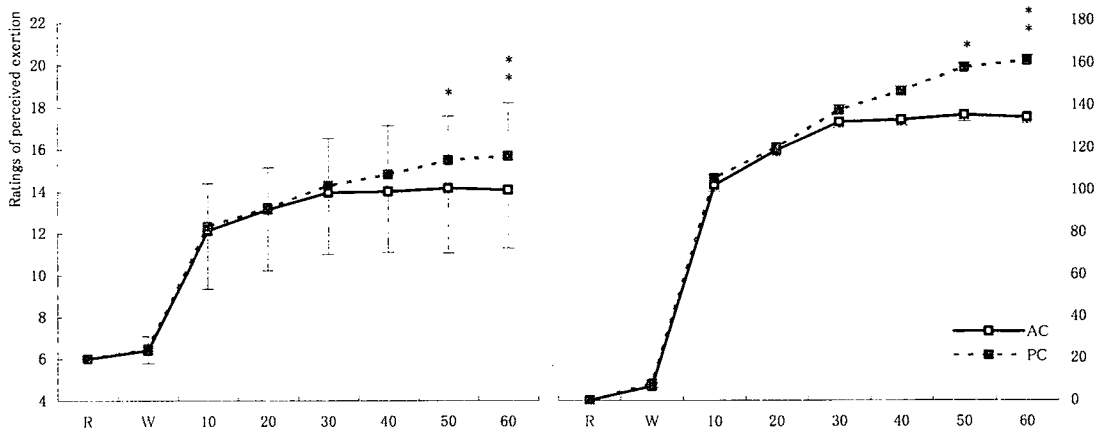


Fig3. Ratings of perceived exertion (left:raw-data,right:change-rate).  
AC:Amino acid mixture condition, PC:Placebo condition, R:Rest, W:Warm-up.  
\*\*: $p<0.01$ , \*: $p<0.05$