

# 各種アミノ酸摂取による生体への機能性研究 (平成20年度中間報告書)

## —疲労回復をもたらす食品の探索的研究—

山崎俊介 (管理栄養学科・准教授)  
水町勝子 (管理栄養学科・特任教授)  
安藤博文 (初等教育学科・特任教授)  
山口真由 (管理栄養学科・助手)  
渡辺謹三 (管理栄養学科・非常勤講師)  
安部 隆 (管理栄養学科・非常勤講師)

### 緒 言

疲労とは我々の生活の中で起こる様々なストレスが原因となり、蓄積していくものである。その蓄積したストレスが原因となり多くの症状となって体に現れる。

疲労にもさまざまな種類があり、大まかに分類すると肉体的(身体的)疲労・精神的疲労がある。疲労回復効果の期待できる食品・食材・栄養素材は数多く知られており、種々の研究および調査等が実施されているが、その中で身近な食品の1つであり疲労回復効果の期待できるアスパラギン酸が多くふくまれている枝豆、疲労回復効果の期待できる健康補助食品の中では分岐鎖アミノ酸 [アミノ酸製剤: アミノバイタル {味の素(株)製}]・ビタミンC製剤・鉄製剤を選択し、それらの摂取前後における疲労回復効果についての比較検討を実施した。今回の研究では、まず疲労に影響を及ぼす年齢・性・生活パターンがほぼ均質な本学における19~21歳の女子学生(計101名)を対象にして、日常の疲労感に対するアンケート調査を実施した。次に疲労に影響を及ぼす年齢・性・生活パターンがほぼ均質な本学における20~21歳の女子学生(計15名)を対象とし、被験食材の摂取前後における生化学的検査(尿検査・血液検査)・フリッカーテスト・POMS試験・肌質への影響等を指標とした調査検討を行った。これらの結果をもとにして、疲労回復効果の有無についての解析を実施した。その結果、各種食品摂取による疲労改善効果について若干の興味深い知見が得られたので報告する。

### 実験方法

#### 1. 対象

鎌倉女子大学の女子学生(生理研ゼミ学生) 15名

#### 2. 試料

枝豆(50g/日)、アミノ酸 [アミノバイタル {味の素(株)製}] (2200mg/日)、ビタミン

ンC製剤（500mg／日）、鉄製剤（10mg／日）

### 3. 実験条件

被験者（本学の学生15名）に1つの食品（全4種）につき1週間、決められた時間（就寝1時間前）に一定量ずつ摂取してもらい、異なる被験物質を摂る際には washout 期間を1週間設けた。摂取前と摂取1週間後の疲労度について数種のパラメーターを指標とした比較調査を実施した。

### 4. 試験方法

#### 1) 疲労についてのアンケート調査

被験者は年齢・性・生活パターンがほぼ均質な本学における20～21歳の女子学生（計101人）を対象に疲労チェックリスト、運動、疲労、食習慣、睡眠についての項目を調査した。

#### 2) 血圧測定

血圧測定はオムロンデジタル自動血圧計 HEM-7471C を用い、最高血圧（収縮期血圧）および最少血圧（拡張期血圧）の測定を行った。

#### 3) 血中乳酸値測定

疲労度を把握する際の一般的なパラメーターの一つとして血中乳酸値がある。マルチランセットⅡ（血用穿刺器具：アークレー株式会社製）を用い、指先から血液を5 $\mu$ l採取し、簡易血中乳酸測定器を使用して血中乳酸値の測定を実施した。

#### 4) フリッカー値

一定の光源から出る光が明滅を繰り返す装置 {労研デジタルフリッカー値測定器 (RDF-1) : 連続光に見えるか、ちらつきに見えるかの境界値 (閾値) を測定し、視覚系を経た大脳の興奮性から疲労を判定する機器} を用いて弁別閾値 (フリッカー値が大きいほど眼精疲労度が高いと考えられている) を調べた。

#### 5) 2点閾値

ノギスを用いてこめかみ部に刺激を与え、2点を感じ取ることのできる最小の開き (長さ、すなわち2点閾値: mm) を測定することにより身体的 (肉体的) 疲労度を測定した (こめかみ部の2点閾値の値が大きいほど疲労度が高いと考えられている)。

#### 6) POMS

POMS は緊張、抑うつ、怒り、活気、疲労、混乱の6因子が同時に測定できるテストであり、個々の置かれた条件の下で変化する一時的な気分、感情の状態を把握するために用いた。65の質問項目に過去1週間「まったくなかった」(0点) から「非常に多くあった」(4点) までの5段階(0点～4点) のいずれかひとつを選択して判定を行った。

## 7) 尿検査

N-マルティスティックスSG-L（バイエルメディカル株式会社）を用い、白血球、亜硝酸、ウロビリノーゲン、蛋白質、pH、潜血、比重、ケトン体、ビリルビン、ブドウ糖について尿採取を行い判定した。

## 8) 血糖値測定

マルチランセットⅡ（採血用穿刺器具：アークレー株式会社製）を用い、指先から血液を5 $\mu$ l採取し、簡易血糖値 {ノボアシスト：ノボルディスクファーマ(株)} を使用して血糖値の測定を実施した。

## 9) 肌質測定

Face Peek（肌質測定器：TANITA製）を用いて皮膚の角質層における水分量、油分量および皮膚弾力性についての測定を実施した。

## 10) 角層中炎症性ケミカルメディエーター（IL-1ra/IL-1a比）の測定

頬部角層中のIL-1ra, IL-1aの測定を行った。角層採取は、Horiiらの報告に準じてセロハンテープ（ニチバン）を用いたテープストリッピングにより実施した。すなわち頬部の皮膚にセロハンテープ（幅24mm×長さ約50mm）を貼付して剥離し、角層のついたセロハンテープ（24mm×45mm）をハサミで細切し、Penicillin、Streptomycin、Fungizone（Gibco）を添付したダンベッコのリン酸緩衝液 {PBS（-）} 675 $\mu$ lに浸漬して-20℃に保存した。凍結融解後、超音波破碎器（Astrason, Heat-Systems Ultrasonics）により2分間、氷上で超音波破碎し、不溶物を遠心分離（1400g, 10分）により除去して得られた上清を角層抽出液とした。この角層抽出液中のIL-1a,IL-1raの含量を各々Quantikine human IL-1a, IL-1raELISAキット（R&D Systems Inc.）により測定した。角層中のIL-raを測定する場合には、角層抽出液をキット内の希釈液にて10倍に希釈して測定した。

さらに角層中の抽出液中のタンパク量を、Protein assay reagent（Bio-Red）を用いて（Bradford法）により、ウシ血清アルブミンを標準タンパクとして定量した。ELISAにより得られたサイトカイン量をタンパク量あたりのサイトカイン含量に補正して示すと共に、実際の生物活性を勘案し、IL-1ra/IL-1a比を算出した。

## 実験結果

### 1. 疲労についてのアンケート結果

疲労のチェックリストでは「時々ある」と回答した人が多く、疲労の種類としてはやる気が出ない・イライラする等の精神的ストレスを感じている者の割合が高かった。運動習慣は「ない」と答えた人が「ある」と答えた人の3倍だった。運動の種類は、一人で簡単に出来る有酸素運動を行う人が多い。また、疲れやすい体質の人が多かった。今回、調査対象の女子大生の半数が朝食を欠食していた。サプリメントは過去に利用、現在利用中の人を合わせると対象の半数に昇った。サプリメントの効果については、期待できると答え

た人と期待できないと答えた人がほぼ同数だった。睡眠時間は6時間未満と6時間～7時間という回答が多かった。大多数の人が睡眠不足と感じている。睡眠の時間帯は不規則であった。就寝時間では1～3時という回答が一番多く見られた。寝付くまでの時間は個人差が大きく、規則性は見られなかった（表1）。

## 2. 血圧測定結果

被験物質（4種）摂取後に血圧測定を実施した結果、摂取前と比較してアミノ酸および枝豆摂取により最高および最低血圧の何れも有意な低下が認められた（図1）。

## 3. 血中乳酸値測定結果

被験物質（4種）摂取後に乳酸値測定をした結果、摂取前と比較してビタミンC以外の被験物質において有意な値の低下が認められた（図2）。

## 4. 2点閾値結果

被験物質（4種）摂取後にこめかみ部における2点閾値測定を行った結果、摂取前と比較してビタミンC以外の被験物質において有意な値の低下が認められた（図3）。

## 5. フリッカー値結果

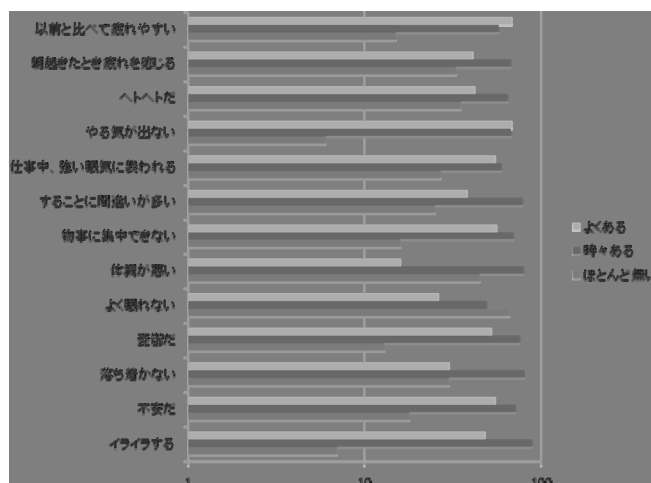
被験物質（4種）摂取後にフリッカー値の測定を行った結果、摂取前と比較してアミノ酸摂取においてのみ良好な結果が認められた（図4）。

## 6. POMS結果

POMSではアミノ酸、枝豆および鉄摂取において摂取前と比較して緊張、抑うつ、疲労等で改善が認められた（図5）。

# 表1 疲労についてのアンケート調査結果

本学の19～21歳の女子学生 101名対象とするアンケート結果  
上段:よくある、中段:時々ある、下段:ほとんど無い



7. 尿検査結果

何れの被験物質においても摂取前後における有意な結果は認められなかった。

8. 血糖値測定結果

何れの被験物質においても摂取前後における有意な結果は認められなかった。

9. 肌質測定結果

何れの被験物質においても摂取前後における有意な結果は認められなかった。

10. 角層中炎症性ケミカルメディエーター（IL-1ra/IL-1a比）の測定結果

何れの被験物質においても摂取前後における有意な結果は認められなかった。

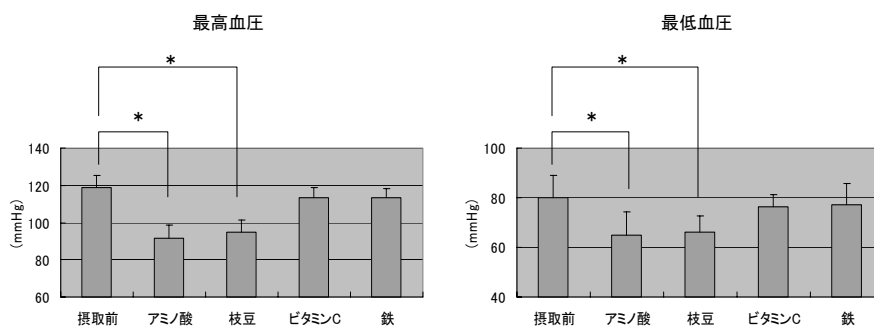


図1 血圧測定

\*のついた平均値(平均値±標準偏差)はアミノ酸摂取前後および枝豆摂取前後に対するt検定による有意差 \* < 0.05, N=10を示す。

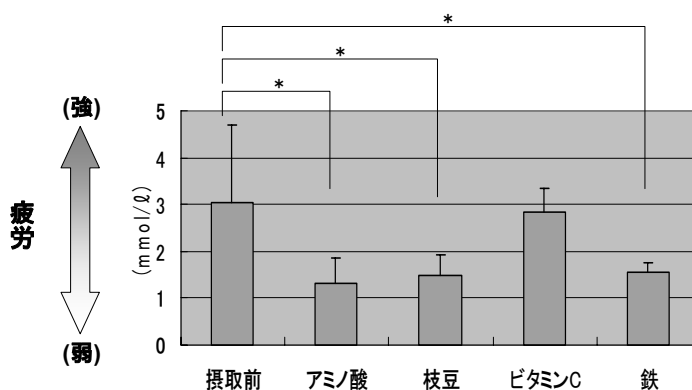


図2 乳酸値測定

\*のついた平均値(平均値±標準偏差)はアミノ酸摂取前後、枝豆摂取前後および鉄摂取前後に対するt検定による有意差 \* < 0.05, N=10を示す。

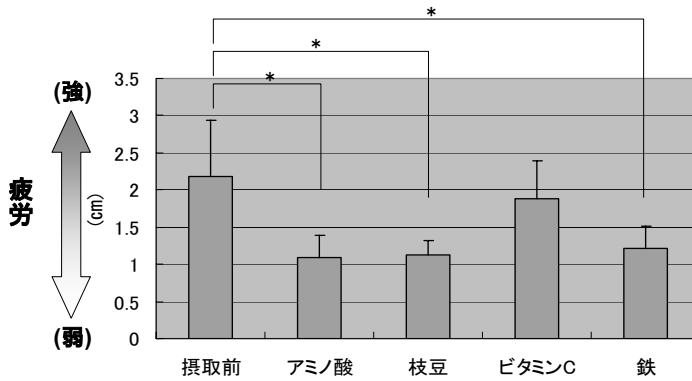


図3 2点閾値測定

\*のついた平均値(平均値±標準偏差)はアミノ酸摂取前後、枝豆摂取前後および鉄摂取前後に対するt検定による有意差 \* < 0.05, N=10を示す。

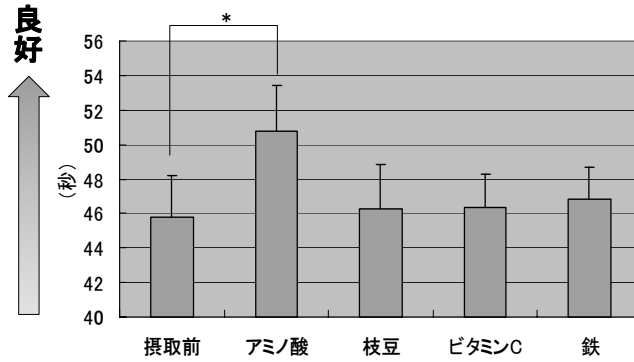


図4 フリッカー値測定

\*のついた平均値(平均値±標準偏差)はアミノ酸摂取前後に対するt検定による有意差 \* < 0.05, N=10を示す。

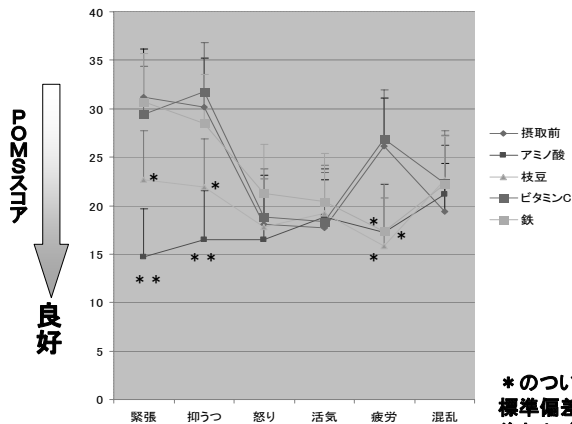


図5 POMSスコア

\*のついた平均値(平均値±標準偏差)はアミノ酸摂取前後および枝豆摂取前後に対するt検定による有意差 \* < 0.05, \*\* < 0.01, N=10を示す。

## 考 察

疲労には肉体的（身体的）疲労と精神的疲労がある。

肉体的（身体的）疲労は乳酸が体に溜まったために起こる。乳酸は体を動かすなどしてエネルギーを消費すると発生する物質で、代謝機能がうまくいかなくなり大量に発生すると疲労感を招く。その結果、細胞が栄養や酸素を取り込むことが難しくなり血液の循環が悪くなるため首筋のコリや体の冷え、頭痛などに悩まされる。さらに進行すると、単なる疲れではなく細胞そのものが正常に機能しなくなり神経に悪影響を及ぼすと考えられている。

肉体的（身体的）疲労の中に眼精疲労指標となる2点閾値とフリッカー値測定がある。眼精疲労とは次に述べるような因子が絡み合っており、その悪循環ともいべきものをどこかで断ち切らないとなかなか目の疲れが取れないような不快な状態を指している。眼精疲労の要因は大きく分けて4つあり、①外環境（照明条件、温度や気象条件、音響刺激、化学刺激）②内環境（全身病、身体疲病の体質）③心的機制（精神異常、神経症、気構えの不足）④限局所の異常（屈折異常、調節障害、斜位、不同視、不等像視、眼疾患）である。これらの要素はいずれにしても眼の疲れの原因になるものだが、眼精疲労の多くはそれぞれ単独でなく、互いに関係をもって症状を起こしてくるものである。

続いて精神的疲労についてだが、精神的疲労は日々の生活の中から悩みやストレスが原因になっていることが多いと考えられる。このような疲労のストレス刺激を誘発する外部的な因子をストレスラーと言う。その種類は物理的ストレスラー・化学的ストレスラー・生物学的ストレスラー・精神的ストレスラーがあり、我々の精神活動がストレスラーになるとすれば、まさにこの情動や欲求そのものがストレス刺激を起こすと考えられる。

今回の実験では肉体的（身体的）疲労、眼精疲労そしてPOMSにより精神的疲労の回復効果について食品摂取実験を行った。

まずビタミンCについて考察すると、ビタミンCは人の体を作っているタンパク質全体の約1/3を占めるコラーゲンの生合成反応を行っている。その他、副腎皮質や神経系で作られるアドレナリン（エピネフリン）やノルアドレナリンの場合には、その生合成の中間体であるドーパミンをヒドロキシドーパミンに変化させる水酸化酵素を安定に保つためにもビタミンCが必要である。ビタミンCは水溶性の抗酸化剤であるため、脂質層や脂質の中でなく、細胞の細胞質部分、血液の水層で活性酸素の除去やフリーラジカルの消去を行うように作用していると考えられている。このようなことから肌質の向上・新陳代謝の活性化が予想出来たが、実験結果からは良好な結果は得られなかった。

次にアミノ酸（実験ではBCAA摂取）について考察すると、タンパク質を構成するすべてのアミノ酸（20種類）は細胞内でアミノ基が転移されるなどの分解反応を受け、さらにいくつかのステップを経て分解されて最終的にクエン酸回路で分解される。

分岐鎖アミノ酸（バリン、ロイシン、イソロイシン）は、栄養学的に必須アミノ酸（体内で合成されないアミノ酸）であるにもかかわらず筋肉でよく分解される。そのため、強い負荷の運動は筋肉を損傷する。この筋損傷により、筋タンパク質の分解も促進する。BCAA投与により、筋肉から遊離（放出）される必須アミノ酸量は減少する。その中でも

特にBCAAの放出は大きく減少するとされている。

投与したBCAAが筋肉中で分解されることにより、筋タンパク質の分解が抑制されたと推定され、肉体的（身体的）疲労に関係があると考えられた。今回の実験結果としては血圧・乳酸値・2点閾値・フリッカー値に良好な結果が得られ、総合的に疲労回復効果がみられた。

次に、アスパラギン酸について考察すると、アスパラギン酸はアスパラガスや枝豆・豆もやしなどに多く含まれており、今回の試料としては手軽に摂取できるという点から枝豆を選択し、1回に摂取するのに負担にならない量を50gと判断したため実験試料として用いた。

アスパラギン酸はアミノ基に転移されるだけでクエン酸回路の前駆体や中間体に変換されるので、筋肉におけるアミノ基転移反応に重要な役割を果たしている。アスパラギン酸を直接摂取することでアミノ基転移反応を活性化し、オキサロ酢酸を産生すると考えられた。オキサロ酢酸はアセチルCoAと結合し、TCA回路によって代謝されエネルギーを産生する。この反応によってエネルギーが補給されるため、疲労の蓄積を抑えることができると考えられた。実験結果から、血圧・乳酸値・2点閾値に良好な結果が得られ、肉体的（身体的）疲労に効果がみられた。また、POMSスコアにも改善が見られたので、精神的疲労にも効果があると考えられた。

今回の実験では、すべての実験試料について尿検査、血糖値測定、肌質測定、角層炎症性ケミカルメディエーターの測定結果からの有意な結果が得られなかったが、実施期間の延長あるいは他の栄養食材を用いた同様な試験を実施することにより良好な結果が得られるのではないかと推察される。今後は他の栄養食材あるいは栄養食材の組み合わせによる疲労回復効果について検討していく予定である。

なお、本論文内容については第62回日本栄養改善学会にて口頭発表した内容に基づいて論述したものである

## 文 献

- 1) 谷口直之、淀井敦司：酸化ストレス・レドックスの生化学. 共立出版（2006）1
- 2) 社団法人 日本必須アミノ酸協会：アミノ酸セミナー. 工業調査会（2003）111
- 3) 手塚正孝、本田泰治、西林賢武、佐藤行那：学生のための健康と体力. 文化書房 博文社（1998）217
- 4) 岸恭一、上田伸男：運動生理学. 講談社サイエンティフィック（1999）69
- 5) 保坂明郎：すぐに役立つ眼鏡学の実際、金原出版株式会社（1985）79
- 6) 河野友信、石川俊男：ストレスの辞典. 朝倉書店（2006）256
- 7) 五十嵐脩：わかりやすいからだビタミンの知識.（2000）99
- 8) スーザン・R・グレッグソン：10代のメンタルヘルス ストレスのコントロール. 大月書店（2004）13
- 9) 社団法人 日本体育学会、楠戸一彦ら編：筋収縮における乳酸の役割. 第51巻 第3号（2006）
- 10) 高強度運動における筋疲労の要因、無機リン酸・グリコーゲンおよび活性酸素種の影響. 第51巻 第4号（2006）



- 11) ジュニア期のスポーツ・身体活動. Vol157 No.10 (2007)
- 12) 宮川早苗：食品と開発、食の安全性確保のために. CMPジャパン株式会社 (2007)
- 13) 日本ビタミン学会：バイオフィクターと生命科学「ビタミンC欠乏によるSVCT1およびSVCT2発」  
311
- 14) 日本ビタミン学会：バイオフィクターと生命科学「ビタミンと免疫能」43
- 15) Michael・E・Houston：運動生化学ハンドブック (2004) 115
- 16) 森永スポーツとフィットネスのためのビタミン、ミネラルが分かる！ (1998)
- 17) 伏木亨：スポーツと栄養と食品. 朝倉書店 (2005) 8, 18
- 18) 保坂明郎：すぐに役立つ眼鏡学の実際, 金原出版株式会社, (1985) 72 - 82
- 19) 安部文敏、榎本秀一：やさしいからだミネラルの知識, 株式会社オーム社, 108, (1998)
- 20) 加藤正明、森岡清美：ストレス入門学, 株式会社有斐閣, (1975) 98 - 103
- 21) 岸恭一：アミノ酸セミナー, 株式会社工業調査会, (2003) 96 - 100
- 22) 五十嵐脩：わかりやすいからだビタミンの知識, 株式会社オーム社, (2000) 32 - 33,
- 23) 矢ヶ崎一三、門脇基二：アミノ酸の機能特性—ライフサイエンスにおける新しい波—, 株式会社建帛社, (2007) 38 - 42