

アミノ酸混合液摂取による自律神経機能への影響

田島 多恵子

日本大学大学院総合社会情報研究科

Effects of amino acid mixture intake on autonomic nerve system

TAJIMA Taeko

Nihon University, Graduate School of Social and Cultural Studies

The amino acid mixture (AAM) used in this study was composed of 17 essential amino acids, and it was made from the nutrition liquid of a hornet. Volunteers (20 people) were exercised with a treadmill after taking AAM or placebo (CON). After AAM was orally taken, its effects on the activities of the autonomic nervous system and the function of the energy metabolic changes during exercise were examined. Two kinds of exercise intensity were applied to give them 40% HR max and 60% HR max during the exercise, and an electrocardiogram and respiratory circulatory parameters were measured. The volunteers were divided into two groups, the general person group (SED) and athlete one (ATH), and they were comparatively similar on age, height and body weight.

After AAM intake, both the average of CV_{RR} at rest and the average of LF/HF at exercise increased significant ($p < 0.05$) in the case of 60% HR max exercise, whereas HF/TF of SED were lowered in the case the 60% HR max. Both the respiratory circulatory parameters, VO_2/kg and VE, increased in SED at the 60% HR max and in ATH at the 40% HR max.

Therefore, it seems that the sympathetic nervous system became predominant while the parasympathetic nervous system was controlled by the AAM intake.

はじめに

近年、健康の維持増進に関心が高まり、健康食品、健康サプリメントなどが市販され、様々な目的で使用されている。本研究では、これら栄養食品のうちアミノ酸を取り上げた。アミノ酸を含有した食品はプロ競技選手をはじめとして一般スポーツ選手、一般スポーツ愛好者の間でも注目されてきた。そして、アミノ酸含有食品摂取により、運動時のエネルギー代謝やパフォーマンス、さらにダイエットなどについての研究が報告されている。

今回使用したアミノ酸混合液は、スズメバチの成虫が幼虫から受け取る栄養液を利用した。スズメバチは、卓越した飛翔力を持つ肉食性の昆虫である。1日に100kmにも及ぶ距離を時速30~40kmのスピードで狩りをしながら飛びまわる。そして、自在な動

きを確保するために備わった細くくびれた腹柄を持っており、細い食道を通る流動性の液体しか摂取できない体構造にある¹⁾。従って、捕食した虫などは幼虫の食べ物として肉団子にされ、成虫はこの固形食と交換に幼虫が口から出す栄養液を貰う。このような食品の交換を栄養交換 (Trophallaxis) と言い、社会行動の一つとなっている^{1, 2, 3, 4)}。この栄養液は、アミノ酸を豊富に含んでいることがわかり、アミノ酸組成はプロリンやグリシン、アラニンを多量に含んでいる。その組成は、たんぱく質を構成しているアミノ酸のうち17種類の主要な成分で構成されていた^{1, 3, 5)}。本研究は、その主要なアミノ酸混合液 (AAM) とプラセボ液 (CON) を摂取させ、運動中の精神・生理学的変化を自律神経系の働きとエネルギー代謝の面から検討した。

表1 被験者の特性

ATH								
Initial	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Body Fat (%)	BMI	Rest-HR (bpm)	QT (sec)	
TI	20	171	56.6	17.0	19.4	50	0.485	
YN	19	167	52.6	11.5	18.9	61	0.421	
SK	19	176	63.3	13.0	20.4	56	0.402	
IT	20	168	57.8	18.0	20.5	50	0.447	
KN	23	171	56.5	12.0	19.3	64	0.418	
OK	23	180	82.3	23.0	25.4	54	0.409	
KR	22	174	58.1	16.0	19.2	54	0.521	
NK	21	173	55.6	14.5	18.6	50	0.434	
OS	22	180	68.9	16.0	21.3	50	0.389	
YJ	21	173	58.5	14.5	19.6	67	0.432	
Ave	21.0	173.3	61.0	15.6	20.32	56	0.435	
SD	1.49	4.42	8.73	3.36	1.99	6.3	0.04	

SED								
Initial	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Body Fat (%)	BMI	Rest-HR (bpm)	QT (sec)	
KS	23	176	62.4	17.5	20.1	55	0.432	
MM	24	169	62.9	20.0	22.0	55	0.391	
ES	23	174	67.1	19.5	22.2	70	0.382	
NK	21	173	74.4	20.5	24.9	70	0.377	
MK	19	177	76.1	18.0	24.3	70	0.419	
HF	20	163	58.1	17.0	19.5	56	0.404	
TM	20	171	58.8	13.5	20.1	75	0.372	
TH	21	171	46.6	8.5	15.9	75	0.332	
OT	24	175	66.1	21.0	21.6	70	0.384	
IK	21	167	56.2	18.0	20.2	68	0.376	
Ave	21.5	171.6	62.2	17.4	21.1	66	0.387	
SD	1.84	4.35	9.31	3.79	2.55	8.0	0.028	

アミノ酸混合液摂取による先行研究によると、水野らは、サッカー選手において運動時にアミノ酸摂取によるコルチゾールの有意な低減、心拍数、主観的運動強度の抑制傾向、呼気ガス交換比の低値傾向、遊離脂肪酸、ケトン体の高値傾向などが認められたとしている⁴⁾。また白土らによると、アミノ酸混合液摂取時にはケトン体が運動後に有意な増加を示し、運動時における呼気ガス代謝比の低下を確認している⁵⁾。斎藤らは、アミノ酸混合液を摂取することにより運動後の回復期において、心拍数の有意な低下、血中中性脂肪濃度、血中グリセロール濃度、血中アセト酢酸、3-D-ヒロキシ酪酸濃度、グルカゴン濃度が有意に高まると報告している⁶⁾。動物実験では、阿部によると、アミノ酸混合液を摂取したマウスは長時間の遊泳を行い、運動中の乳酸血中濃度に顕著な上昇抑制や、同時に血糖値の低下抑制が見られたとされている¹⁾。さらに、Tsuchita らによるラットのランニング実験において、カテコールアミンの増加、グルコース、乳酸、遊離脂肪酸の値の上昇を抑制したとの報告がある⁷⁾。

以上の結果から、AAM は脂肪燃焼亢進作用をもたらし、交感神経活動を促進したと思われる。また有酸素運動は副交感神経系の働きを抑制し、交感神経系の活動をより促進させる作用を示すことから^{9, 10, 11, 15, 17, 18)}、AAM 摂取による、交感神経系の活性化が推察される。また、運動習慣の継続によって、安静時の副交感神経系の上昇がみられる^{8, 12, 13, 15, 16, 17)}。そこで、被験者を運動習慣のある競技者(ATH)と一般人(SED)に分類し、運動習慣の違い、さらに運動強度による AAM 摂取の効果を比較・検討した。

対象と実験方法

1. 実験期間と場所

2001 年 4 月 24 日から 6 月 28 日

富山県国際伝統医学センター・運動生理学実験室

2. 被験者の特徴

被験者は、心身ともに健康な男性 20 人(学生 16 人、一般社会人 4 人)とした(表 1)。

3. 摂取アミノ酸飲料の成分

17 種類のアミノ酸混合液 380ml (AAM) とプラセボ液(CON)を使用した。AAM は粉末のアミノ酸を、試験直前に CON に溶かして提供した。AAM の成分を表 2 に示す。

4. 運動負荷法

運動負荷は、トレッドミルにより 40%Heart Rate max (40%強度)と 60%Heart Rate max (60%強度)の 2 種類の強度で行った。スピードは、各自の安静心拍数と年齢別の最大心拍数から、カルボーネンの式により目標心拍数を算出し、その心拍数を保持しながら行った。そして 40%強度の場合は 60 分間、60%強度の場合は 30 分間の運動を持続した。

5. 測定項目と実験器具

1) 自律神経系 : LRR-03 (アーム・エレクトロニクス株式会社)

表2 アミノ酸混合液の17種のアミノ酸と栄養成分

成分 (380ml 当り) … エネルギー: 98kcal / タンパク質: 5.4g (アミノ酸として) /
脂質: 0g / 炭水化物: 19g / ナトリウム: 210mg

グリシン	Glycine	Gly G	19.1
アラニン	alanine	Ala A	6.0
セリン	serine	Ser S	2.5
プロリン	proline	Pro P	18.0
バリン	valine	Val V	5.9
トレオニン	threonine	Thr T	7.2
ロイシン	leucine	Leu L	6.2
イソロイシン	isoleucine	Ile I	4.5
アスパラギン酸	aspartic acid	Asp D	0.2
リジン	lysine	Lys K	8.6
グルタミン	glutamine	Glu Q	3.2
メチオニン	methionine	Met M	0.5
ヒスチジン	histidine	His H	2.6
フェニルアラニン	phenylalanine	Phe F	3.8
アルギニン	arginine	Arg R	3.5
チロシン	tyrosine	Try Y	6.0
トリプトファン	tryptophan	Trp W	2.2

2) 呼気ガス分析 : V max229 (SENSER MEDIX)

3) 心電図 : MAX-1 (マルケット・メディカル・システムズ・インク)

4) 血圧 : STBP-780B (日本コーリン株式会社)

5) 体重・体脂肪計 : TBF-546 (株式会社タニタ)

6. 実験の実施方法とコントロール

クロスオーバー方式を用い、4 回の実験は 1 週間の間を空けて行った。また、コントロールは第 3 者に依頼し、二重盲検法で行った。

7. 食事

飲食は、実験開始 6 時間前からコントロールを開始した。実験開始 3 時間前に炭水化物 (ご飯 200g) を摂取する以外、実験開始まで水以外の摂取することを控えさせた。

8. 実験プロトコール

被験者に実験の主旨と方法を最初に説明し、同意書を取得した。また安静時心電図を測定し、心電図に問題のないことを確認した上で開始した。初めに、体重と体脂肪を測定し、AAM または CON ドリンク摂取させた。続いて心電図計測 (CM5 誘導) と呼気ガス分析のためのマスク、血圧計を装着して、トレ

Protocol

60%HRmax (Time: 30min)

40%HRmax (Time: 60min)

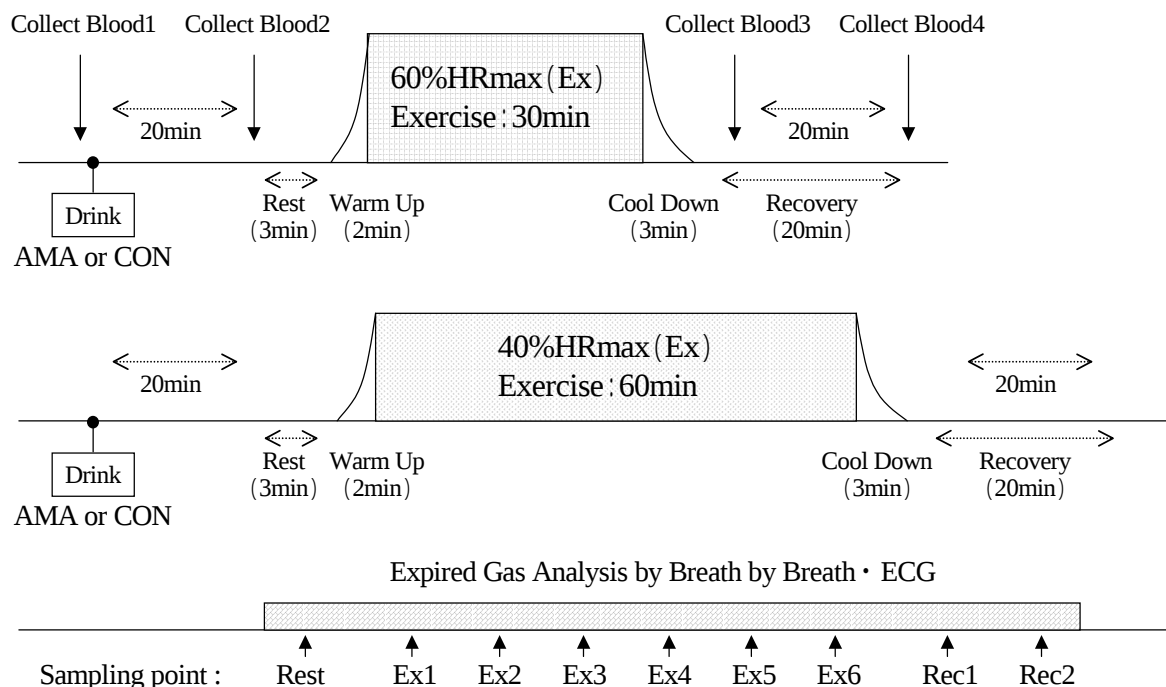


図1 実験プロトコール

ッドミルの上で椅子に座り安静を保った。ドリンク摂取から 20 分後に、図 1 のようなプロトコルにて運動負荷実験を開始した。まず安静座位を 3 分間の後、ウォーミングアップを 2 分間、そして主運動は 40% 強度の場合は 60 分間、60% 強度の場合は 30 分間、心拍数を保持しながら歩行または走行運動を持続した後、3 分間のクールダウンを行った。運動終了後、座位により 15 分間の回復を測定し、実験終了後、体重と体脂肪を測定した。

9. サンプリング

サンプリングは安静 1 回、運動中 60% 強度の場合は 3 回、40% 強度の場合は 6 回、回復 2 回、各 2 分間の平均値を算出した。

10. 処理方法

呼吸ガス分析は Breath By Breath 法にて、酸素摂取量(VO_2)などを計測し、平均値を算出した。

自律神経系の測定は、心電図から心拍間隔変動係数(CV_{RR})を算出し、交感神経系の活動と迷走神経系の活動は、 CV_{RR} の周波数分析 (MemCalc 法) によってパワースペクトル波形から算出した。総周波数帯域 (TF) を 0.03 ~ 0.4Hz とし、交感神経系の指標には 0.03 ~ 0.15Hz の低周波数帯域 (LF) と 0.15 ~ 0.3 Hz の高周波数帯域 (HF) の比である LF/HF 比を、

副交感神経系の指標には HF/TF 比から推察した¹¹⁾。

11. 被験者の運動能力と分類

被験者の分類は、4 回のトレッドミルのスピードにより分類した。平均スピードが 8.65km/h 以上グループは陸上長距離選手を中心とした競技者 (ATH)、それ以下のグループは一般人 (SED) とした。

結果

1. 心電図 RR 間隔変動のパワースペクトルアレー

パワー密度を縦軸に取り、横軸に周波数を取り、時間経過とともに 3D で表示したものである。ATH で

ある Sub.KR は、運動中にはすべての帯域において周波数が減少しているが、安静時と回復時は 0.4Hz 近くまで高周波数帯域成分が多く現れた。しかし、SED である Sub.TM は、安静時と回復中においても 0.25Hz 以上の帯域の周波数成分がほとんど現れていなかった。

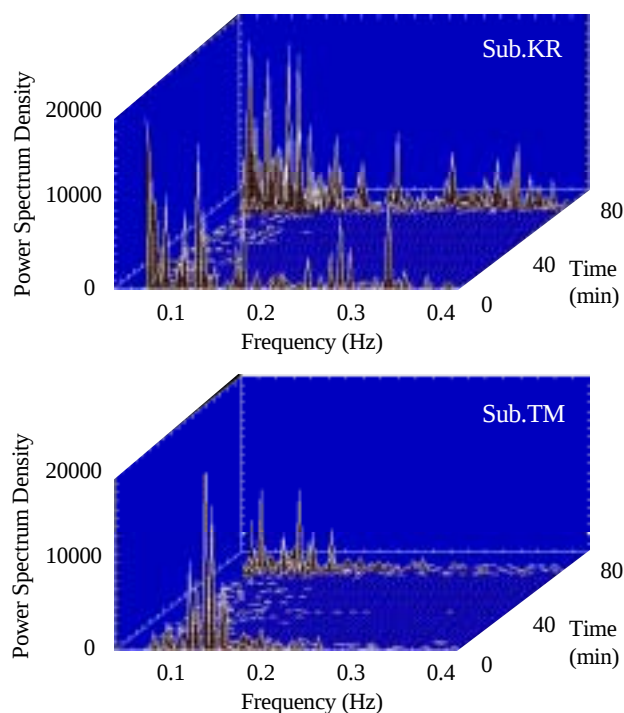


図2 パワースペクトルアレーの例

2. 心電図 RR 間隔変動とパワースペクトル

自律神経系の各パラメータにおける、被験者の平均値と標準偏差をまとめた (表 3, 4)。

表3 ATH における自律神経系の基本統計量

60%	CVRR(%)		LF/HF (%)		HF/TF (%)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	8.04 ± 2.76 [*]	6.68 ± 2.57	2.35 ± 2.72	1.92 ± 1.38	29.10 ± 18.80	27.09 ± 13.62
Ex1	3.68 ± 3.94	2.56 ± 0.87	2.47 ± 2.06	2.57 ± 2.50	8.00 ± 4.57	8.95 ± 7.15
Ex2	2.15 ± 0.32	2.22 ± 0.56	2.92 ± 1.80 [*]	1.57 ± 1.04	7.88 ± 6.49	10.91 ± 8.09
Ex3	2.12 ± 0.39	2.14 ± 0.63	3.46 ± 3.28	2.29 ± 1.80	6.60 ± 4.89	10.18 ± 9.40
Rec1	5.37 ± 1.95	5.57 ± 2.00	7.63 ± 5.51	8.97 ± 4.77	7.93 ± 4.33	7.33 ± 3.47
Rec2	5.96 ± 2.42	6.68 ± 2.35	6.27 ± 4.85	7.15 ± 5.46	11.51 ± 6.12	11.29 ± 7.32

40%	CVRR(%)		LF/HF (%)		HF/TF (%)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	9.48 ± 1.33	9.21 ± 2.25	1.26 ± 0.54	1.07 ± 0.51	26.23 ± 3.27	34.17 ± 13.30
Ex1	2.52 ± 0.29	2.29 ± 0.58	7.17 ± 5.15	5.78 ± 1.65	8.89 ± 6.73	5.47 ± 3.33
Ex2	2.66 ± 0.38	2.32 ± 0.32	7.08 ± 6.07	5.93 ± 3.65	4.62 ± 3.00	4.14 ± 1.97
Ex3	1.97 ± 0.23	2.19 ± 0.18	6.03 ± 3.13	4.26 ± 0.89	3.40 ± 0.27	4.21 ± 0.71
Ex4	2.35 ± 0.61	2.23 ± 0.09	8.15 ± 5.14	4.54 ± 3.09	3.26 ± 1.68	8.34 ± 6.63
Ex5	2.62 ± 1.16	2.48 ± 0.94	6.66 ± 3.06	4.46 ± 2.19	3.53 ± 2.22	5.77 ± 3.74
Ex6	2.43 ± 0.82	2.24 ± 0.63	6.31 ± 2.54	5.43 ± 2.09	4.22 ± 1.63	4.37 ± 2.21
Rec1	7.98 ± 4.74	6.26 ± 2.63	2.86 ± 0.90	3.63 ± 3.16	17.22 ± 6.41	18.93 ± 9.12
Rec2	5.25 ± 3.23	7.07 ± 3.39	1.33 ± 1.05	1.22 ± 0.20	35.93 ± 14.81	27.08 ± 8.39

1) CV_{RR}

表4 SED における自律神経系の基本統計量

60%	CVRR(%)		LF/HF (%)		HF/TF (%)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	7.06 ± 0.98	8.06 ± 1.78	3.45 ± 2.01	3.83 ± 2.94	17.13 ± 8.36	15.45 ± 10.53
Ex1	2.40 ± 1.06	2.96 ± 0.91	3.07 ± 1.90	3.50 ± 2.08	5.72 ± 2.46	5.27 ± 2.30
Ex2	2.69 ± 1.56	2.32 ± 0.42	2.71 ± 1.18	4.05 ± 3.19	5.60 ± 3.53	6.36 ± 2.54
Ex3	2.54 ± 1.21	2.19 ± 0.45	4.36 ± 3.15	3.44 ± 1.22	4.99 ± 1.68	6.11 ± 2.50
Rec1	5.84 ± 1.61	5.90 ± 1.00	7.69 ± 3.42	6.19 ± 2.28	7.91 ± 2.75	11.9 ± 5.05
Rec2	6.06 ± 1.42	5.80 ± 0.66	6.37 ± 2.13	8.97 ± 5.70	10.05 ± 3.91	10.35 ± 6.18

40%	CVRR(%)		LF/HF (%)		HF/TF (%)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	7.93 ± 3.16	8.06 ± 2.60	2.28 ± 1.35	3.13 ± 3.19	24.04 ± 14.85	22.33 ± 13.07
Ex1	3.61 ± 1.64	2.98 ± 1.08	4.13 ± 1.91	4.86 ± 4.25	6.80 ± 4.41	12.93 ± 10.31
Ex2	3.48 ± 1.67	2.90 ± 0.60	3.78 ± 1.55	4.16 ± 3.81	8.51 ± 3.64	15.36 ± 11.57
Ex3	2.74 ± 0.81	3.15 ± 0.97	3.86 ± 2.30	4.57 ± 5.44	9.77 ± 5.32	13.51 ± 8.79
Ex4	3.03 ± 0.66	2.73 ± 0.33	4.95 ± 2.59	4.60 ± 2.98	9.81 ± 9.36	9.66 ± 5.06
Ex5	2.80 ± 0.49	2.84 ± 1.29	4.51 ± 3.63	4.82 ± 3.90	10.10 ± 8.00	11.77 ± 6.50
Ex6	2.53 ± 0.19	2.74 ± 1.01	3.91 ± 2.26	4.99 ± 3.64	13.64 ± 14.31	8.91 ± 6.09
Rec1	6.82 ± 1.27	7.66 ± 2.00	5.87 ± 2.05	5.80 ± 3.23	9.78 ± 4.18	9.72 ± 3.61
Rec2	6.71 ± 1.66	7.73 ± 1.98	4.97 ± 2.37	6.91 ± 3.95	9.96 ± 4.14	9.45 ± 4.51

CV_{RR} の平均値は, ATH の安静時 (ドリンク摂取 20 分後) において AAM 摂取の 60%強度の場合 8.04%, CON の場合 6.68%を表し, CV_{RR} が有意に高い値を示した (p<0.05) (図 3)。40%強度の場合も, AAM 摂取が CON 摂取に比べて高い傾向を示した。しかし, SED には同じような傾向は見られなかった。

2) LF/HF

LF/HF は, ATH の 60%強度の運動中 (Ex2), AAM 摂取が 2.92%, CON 摂取が 1.58%と有意に AAM 摂取による上昇が見られた (p<0.05)。また, ATH の 40%強度においても, 安静から運動終了まで AAM 摂取が高い傾向を示し, 運動中の平均が AAM 摂取は 6.90, CON 摂取は 5.07 であった。

反対に SED の場合は, 60%強度, 40%強度とも AAM 摂取の方が CON 摂取より低い値を示す傾向となった。

3) HF/TF, HF

HF/TF と HF は, ATH の 60%強度の運動中, CON 摂取が高く, AAM 摂取が低い傾向にあった。ATH の 40%強度でも, 運動中の平均が AAM 摂取は 4.65, CON 摂取は 5.38 を示し, Ex3 以降は CON が高い値となった。また, SED の HF/TF は 60%において, 運動中の平均が AAM 摂取は 5.44, CON 摂取は 5.91 と CON が高くなった。さらに, HF の結果も同じ傾向であった。

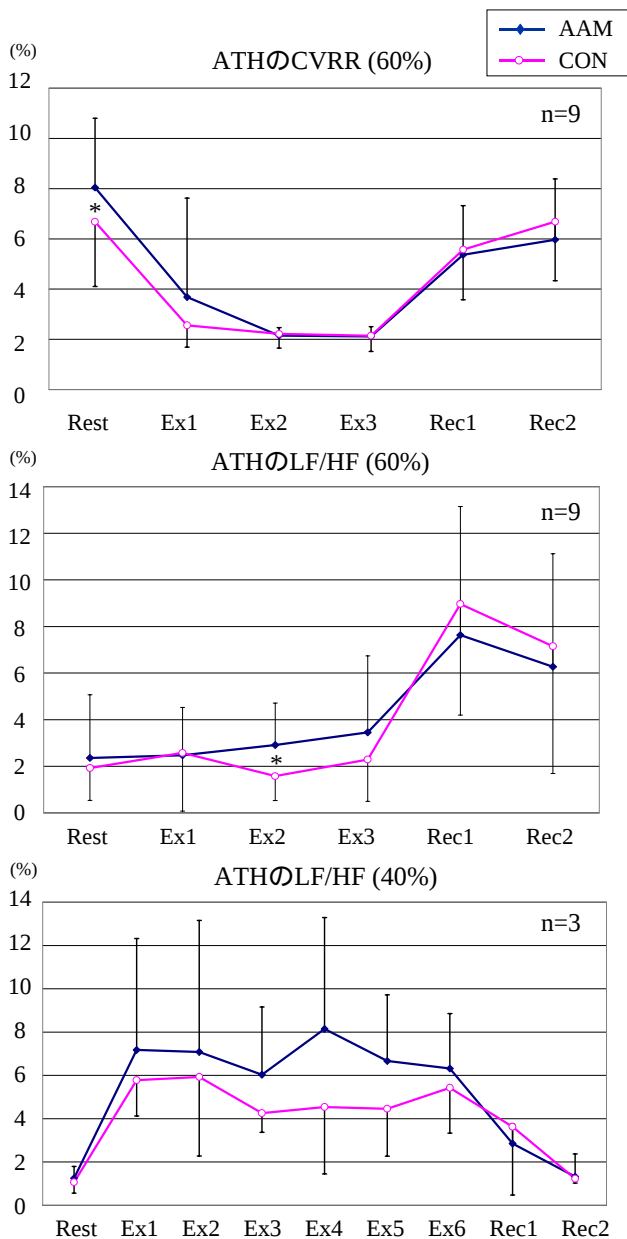


図3 ATHの自律神経系の変化

3. 呼吸循環機能

呼吸循環器系の各パラメータにおける，被験者の
 平均値と標準偏差を表5と表6に示した。

表5 ATHにおける呼吸循環器系の基本統計量

60%	$\dot{V}E$ (L/min)		$\dot{V}O_2/kg$ (ml/min/kg)		$\dot{V}CO_2$ (L/min)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	10.33 ± 1.92	9.05 ± 2.55	4.53 ± 0.86	4.13 ± 1.07	0.25 ± 0.04	0.21 ± 0.06
Ex1	61.78 ± 18.14	60.26 ± 13.53	38.45 ± 8.60	39.78 ± 7.14	2.24 ± 0.59	2.27 ± 0.44
Ex2	60.41 ± 15.29	59.81 ± 10.61	34.94 ± 4.70	36.65 ± 6.32	2.42 ± 1.00	2.11 ± 0.32
Ex3	56.70 ± 14.67	57.70 ± 9.25	32.07 ± 5.23	34.19 ± 6.35	2.23 ± 1.06	1.96 ± 0.32
Rec1	14.30 ± 3.63	13.36 ± 2.87	4.87 ± 1.25	4.89 ± 1.22	0.30 ± 0.08	0.28 ± 0.06
Rec2	12.54 ± 3.81	12.06 ± 3.31	4.68 ± 1.01	4.62 ± 1.36	0.28 ± 0.07	0.27 ± 0.08

40%	$\dot{V}E$ (L/min)		$\dot{V}O_2/kg$ (ml/min/kg)		$\dot{V}CO_2$ (L/min)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	10.74 ± 1.55	10.04 ± 2.21	5.07 ± 0.97*	4.39 ± 0.79	0.26 ± 0.05	0.24 ± 0.04
Ex1	48.86 ± 9.76	47.63 ± 7.68	29.78 ± 3.40	29.70 ± 3.83	1.70 ± 0.28	1.70 ± 0.19
Ex2	51.58 ± 10.03	49.18 ± 6.71	29.88 ± 3.06	28.81 ± 3.53	1.77 ± 0.29	1.70 ± 0.17
Ex3	50.27 ± 10.39	47.55 ± 7.46	28.03 ± 3.44	26.48 ± 2.65	1.63 ± 0.30	1.54 ± 0.19
Ex4	50.21 ± 10.66	46.10 ± 8.07	27.95 ± 3.43	25.96 ± 2.79	1.60 ± 0.32	1.48 ± 0.19
Ex5	47.10 ± 11.07	44.92 ± 8.43	26.09 ± 4.22	25.36 ± 2.77	1.46 ± 0.32	1.41 ± 0.20
Ex6	46.32 ± 10.34	45.05 ± 8.96	25.91 ± 4.29	25.15 ± 2.99	1.42 ± 0.30	1.39 ± 0.21
Rec1	14.82 ± 1.89	12.70 ± 2.44	5.45 ± 0.54	4.95 ± 0.87	0.31 ± 0.04	0.28 ± 0.06
Rec2	13.20 ± 2.16	12.33 ± 2.94	4.48 ± 0.67	4.48 ± 0.90	0.27 ± 0.05	0.25 ± 0.05

表6 SEDにおける呼吸循環器系の基本統計量

60%	$\dot{V}E$ (L/min)		$\dot{V}O_2/kg$ (ml/min/kg)		$\dot{V}CO_2$ (L/min)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	10.08 ± 2.67*	8.36 ± 0.86	4.40 ± 0.65	3.76 ± 0.51	0.25 ± 0.07*	0.21 ± 0.03
Ex1	56.42 ± 13.06	47.37 ± 8.08	29.79 ± 5.18	25.08 ± 3.54	1.95 ± 0.49	1.62 ± 0.29
Ex2	53.60 ± 15.49	47.49 ± 9.59	27.38 ± 5.88	24.16 ± 3.83	1.75 ± 0.56	1.54 ± 0.34
Ex3	50.98 ± 16.50*	43.64 ± 10.94	25.78 ± 5.94	21.97 ± 4.20	1.66 ± 0.57*	1.40 ± 0.37
Rec1	12.55 ± 3.53	11.43 ± 1.62	4.84 ± 1.07	4.22 ± 0.95	0.31 ± 0.09	0.27 ± 0.06
Rec2	11.70 ± 3.61	10.08 ± 2.19	4.19 ± 0.84	3.69 ± 0.74	0.27 ± 0.07	0.23 ± 0.04

40%	$\dot{V}E$ (L/min)		$\dot{V}O_2/kg$ (ml/min/kg)		$\dot{V}CO_2$ (L/min)	
	AAM	CON	AAM	CON	AAM	CON
Rest	8.98 ± 2.18	9.32 ± 1.65	4.03 ± 0.91	4.19 ± 0.77	0.22 ± 0.05	0.23 ± 0.05
Ex1	40.01 ± 9.38	40.67 ± 11.04	21.41 ± 3.40	21.63 ± 4.44	1.33 ± 0.31	1.37 ± 0.39
Ex2	37.91 ± 7.04	39.61 ± 11.71	19.71 ± 2.42	20.04 ± 4.49	1.23 ± 0.22	1.28 ± 0.41
Ex3	36.92 ± 7.72	36.79 ± 9.27	18.83 ± 2.55	18.32 ± 3.41	1.16 ± 0.20	1.14 ± 0.32
Ex4	36.35 ± 7.62	37.36 ± 10.18	18.51 ± 3.23	18.73 ± 3.69	1.13 ± 0.23	1.16 ± 0.35
Ex5	32.36 ± 5.80	33.63 ± 9.01	16.46 ± 2.50	17.27 ± 3.30	0.97 ± 0.16	1.03 ± 0.29
Ex6	32.11 ± 7.04	33.21 ± 10.06	16.60 ± 2.60	17.26 ± 3.78	0.97 ± 0.19	1.03 ± 0.33
Rec1	12.38 ± 2.49	13.60 ± 2.21	4.56 ± 0.75	5.09 ± 0.64	0.27 ± 0.05	0.32 ± 0.07
Rec2	11.47 ± 1.46	11.43 ± 2.03	4.33 ± 0.64	4.36 ± 0.74	0.25 ± 0.03	0.26 ± 0.05

1) 換気量 (VE)

ATH の VE は、60%強度、40%強度ともに有意差はないもののAAM 摂取がCON 摂取に比べて高い値であった(図4)。

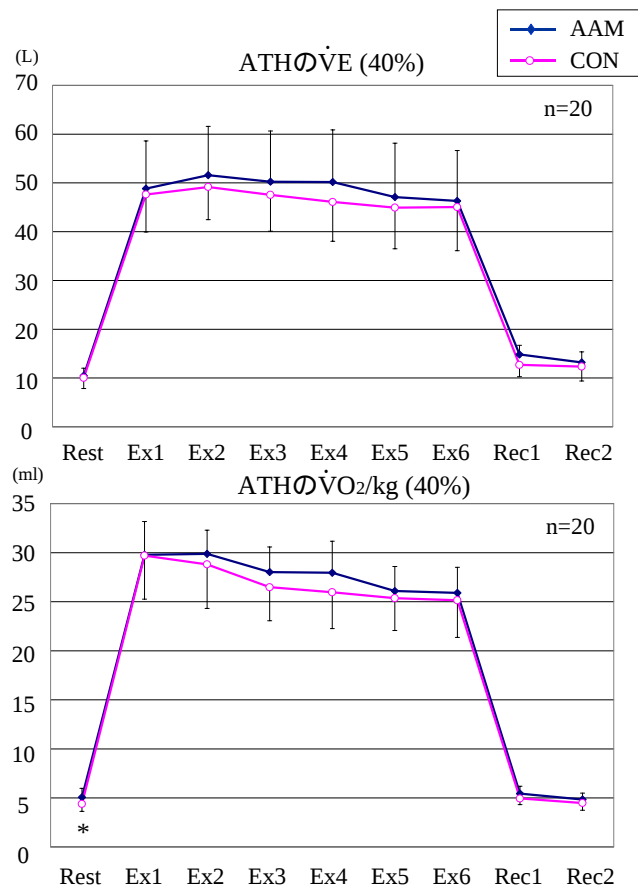


図4 ATHの呼吸循環器系の変化

SED の VE は、60%強度の場合、安静から回復まで AAM 摂取がCON 摂取よりも高い値となった(図5)。その中で安静時の値は、AAM 摂取が 10.08ml, CON 摂取が 8.36ml, 運動中 Ex3 においては AAM 摂取が 50.98ml, CON 摂取が 43.64ml となり、有意に AAM 摂取が上昇した ($p<0.05$)。SED の 40%強度においては、同じような傾向にはならなかった。

2) 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/kg$, $\dot{V}O_2$)

ATH の $\dot{V}O_2/kg$ は 40%強度の場合、安静時の AAM 摂取が 5.07ml, CON 摂取が 4.39ml と AAM 摂取の値が有意な上昇を示した ($p<0.05$)。その後の回復までも、有意差はないものの、すべてのポイントで AAM 摂取が CON 摂取に比べて高い値を示した。

SED の $\dot{V}O_2/kg$ は 60%強度の場合、すべてのポイントで AAM 摂取が CON 摂取に比べて高い値を示した。特に運動中の Ex2 において AAM 摂取が 27.38ml, CON 摂取が 24.16ml を示し、また Ex3 においても有意差がみられた ($p<0.05$)。 $\dot{V}O_2$ においても同じように、Ex2 と 3 のポイントでゆういぎに AAM 摂取が上昇した ($p<0.05$)。

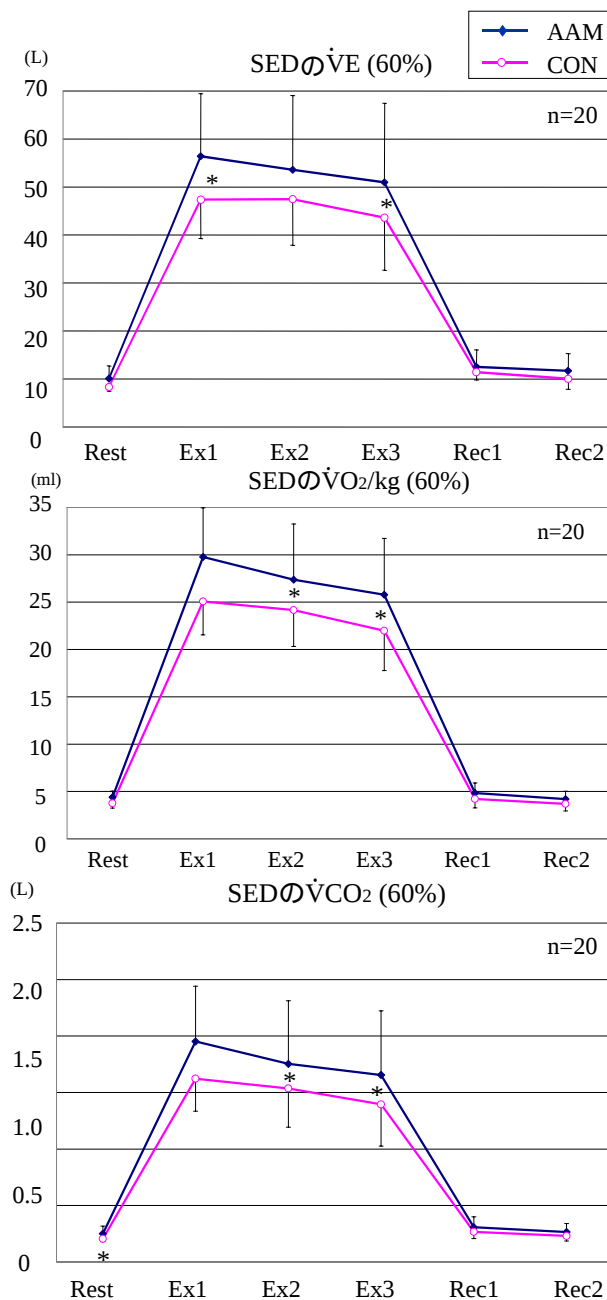


図5 SEDの呼吸循環器系の変化

3) 二酸化炭素排出量 (VCO₂)

ATH の VCO₂ は 40%強度において、AAM 摂取が安静から回復まで高い値であったが、有意差はみられなかった。

SED の VCO₂ は 60%強度の場合 AAM 摂取が CON 摂取よりも高い値を示し、安静時と運動中の Ex2 と Ex3 の 3 つのポイントで有意差がみられた ($p < 0.05$)。

4) エネルギー代謝率 (METS)

SED の 60%強度における METS は、Ex2 と Ex3 のポイントで有意差があらわれ、Ex2 の値は AAM 摂取が 7.83、CON 摂取が 6.90 と有意に高くなった ($p < 0.001$)。

考察

1. アミノ酸摂取時における交感神経機能

交感神経活動を反映する血中カテコールアミン濃度は、代謝量 (運動強度) の増加にともない高くなり、カテコールアミンには脂肪細胞の脂肪分解作用があることが認められている¹³⁾。そしてトレーニングによって、カテコールアミンに対する反応性が亢進することが多くの実験で示されている¹⁴⁾。

交感神経機能の活動の指標とされる LF/HF の結果から、ATH の 60%強度 40%強度および SED の 60%強度は AAM 摂取により高まったことから、交感神経機能が活性化したと考えられる。また長時間運動では、交感神経系が高まる¹³⁾ことから、40%強度における運動では、AAM 摂取の効果と重なって、脂肪細胞の分解作用も活発になると考えた。

2. アミノ酸摂取時における迷走神経機能

運動強度の増大にともない、心臓迷走神経系の活動の指標となる HF 成分は低下するが、その低下は、運動開始直後から 30 秒間の間に HF 成分は直線的に急激に低下することが認められている¹⁹⁾。塩澤ら²⁰⁾の結果においても、HF 成分の運動種目による値の差は、運動後 5 分間のうちに顕在化する傾向を示し、特に下肢ペダリング運動、ステップ運動などの有酸素運動において低下するとしている。反対に、安静時の迷走神経系は高く^{15, 21)}、さらに運動習慣によって増大することが知られている¹⁵⁾。

安静時の ATH の 60%強度および 40%強度の運動において、迷走神経系の活動を表す CV_{RR} や HF/TF は AAM 摂取によって上昇がみられるなど、迷走神経系機能が優位になったことが考えられる。運動中の SED の 60%強度および 40%強度における HF/TF は、CON 摂取が高い値を示したことから、AAM 摂取による迷走神経系の抑制と思われる。

3. アミノ酸摂取時における呼吸・循環機能

ATH は、ほぼ毎日ランニングによるトレーニングを行い、エネルギー代謝の面では優れていた。ATH の場合、60%強度においては摂取による差は見られなかったが、40%強度による運動の場合、安静時から回復期まで AAM 摂取は換気量や酸素摂取量などのエネルギー代謝が高い値を示した。安静時の高値は、運動にかかわらず AAM を摂取するだけでエネルギー代謝が高まったとみられたが、さらに 40%強度の場合は運動中も高値を示したことから、その効果を継続できたと考えられる。さらに SED においては、60%強度の場合にエネルギー代謝の活性化が顕著にみられることから、AAM 摂取による効果が示唆された。

4. アミノ酸摂取時の効果について

今回の結果から、運動を習慣化している人が低い強度 (40%強度) の運動を行った場合、交感神経系が上昇する傾向と迷走神経系が抑制する傾向がみられることから、AAM 摂取によるエネルギー代謝の促進が示唆された。さらに少し強めの強度 (60%強度) においては、AAM 摂取による脂肪細胞からのエネルギー源が効率的に消費され、長時間運動時に備えて糖質利用の節約になると考えた。つまり、運動習慣を確立することによって、軽い強度の運動で効果的なエネルギー代謝の利用が可能になると考える。

結語

本研究は、アミノ酸混合液を摂取することにより運動に及ぼす影響を検討した。

- 1) 交感神経系の働きは、競技者の 60%強度と 40%強度ともに運動中に LF/HF 値が高まり、活性化

した。

- 2) 迷走神経系の働きは、競技者は運動前の安静時において高まった。他方、一般人は運動中に迷走神経系の働きが抑制された。
- 3) 呼吸・循環器系の働きから、競技者の 40%強度の場合は酸素摂取量が、一般人の 60%強度の場合は酸素摂取量、換気量、二酸化炭素排出量などが、アミノ酸を摂取することによって有意に上昇し、エネルギー代謝が高まった。
- 4) 自律神経系の働きから、運動習慣のある競技者の方が 60%強度、40%強度ともに効果が顕著であった。

文献

- 1) 阿部 岳：スズメバチ栄養液にみられるアミノ酸混合物の機能性．BIO INDUSTRY：Vol.12，No.7，29-35，1995
- 2) 阿部 岳：開発に関連する研究者の立場からスズメバチ・アミノ酸混合液（VAAM）の脂肪燃焼促進作用．臨床スポーツ医学：Vol.19，No.10，1169-1174，2002
- 3) 澤井保子：スポーツ栄養科学と食品開発 スズメバチ栄養液から生まれた VAAM の機能性と商品開発．食品工業：45-52，2002
- 4) 水野 康，浅野勝巳，阿部 岳，森下幸治：スズメバチ幼虫分泌アミノ酸（Hornet Larval Salivary Amino Acid Mixture：HLSA）摂取の運動時代謝に应答に及ぼす影響．疲労と休養の科学，12（1），31-40，1997
- 5) 白土男女幸，石井友保，谷 浩充，鈴川一宏，中野昭一：スズメバチ幼虫分泌アミノ酸溶液（Hornet Larval Salivary Amino Acid Mixture：HLSA）に含有するケト原性および糖原性アミノ酸摂取が運動時代謝に及ぼす影響．日本運動生理学雑誌，第 9 巻第 1 号 21-31，2002
- 6) 斎藤慎一，土田 博，向井直樹，阿部 岳：昼食後の持久性運動時の血中ケトン体濃度に及ぼすスズメバチ幼虫分泌アミノ酸混合液（Vespa Amino Acid Mixture：VAAM）摂取の影響．筑波大学体育科学系紀要，24，71-78，2001
- 7) Tsuchita, H., Shirai-Morishita, Y., Shimizu, T., and Abe, T.：Effects of a vespa amino acid mixture identical to hornet larval saliva on the blood biochemical indices of running rats. Nutr. Res., 17,999-1012,1977
- 8) 小畑友紀雄，野原隆司，浜崎 博，篠山重威：健常者の安静時心拍変動について．呼吸と循環・42 巻 6 号，573-578，1994
- 9) 亀谷 学：自律神経評価法．臨床スポーツ医学：vol.9，No.8，854-857，1992
- 10) Vavid M. Sacknoff, Gillbert W. Gleim, Nina Stachenfeld, and Meil L. Coplan：Effect of athletic training on heart rate variability. American Heart Journal Volume 127, 1275-1278, 1994
- 11) 梅野克身，水戸茂樹，山地啓司：RR 間隔のパワースペクトルからみた体調の評価．ランニング学研究 5，51-60，1994
- 12) Ronald Edmond De Meersman：Heart rate variability and aerobic fitness. American Heart Journal Volume 125, 726-731, 1993
- 13) 斉藤 満：運動時循環の交感神経性調節：体育学研究 47，491-497，2002
- 14) 井澤鉄也：脂肪細胞の脂肪分解反応と運動．日本運動生理学雑誌 第 8 巻第 1 号，1-24，2001
- 15) 竹宮 隆，石河利寛：運動適応の科学 - トレーニングの科学的アプローチ - ．杏林書院，第 1 版，153-167，1998
- 16) 申 健洙，大西祥平：スポーツ選手の自律神経機能，呼吸と循環・43 巻 6 号，1995
- 17) 田島多恵子，永田 晟：中高年者の健康的な運動強度と感性．北陸体育学紀要 第 37 号 27-32，2001
- 18) 山縣孝司，宮本法子，室 増男，只野ちがや，与那正栄，関 博之：運動競技選手における動的運動終了直後の副交感神経活動への切り換え特性．呼吸と循環・47 巻 6 号 627-632．1999
- 19) 髭谷 満，林 由紀子，関川清一，川口浩太郎，大成浄志，小林和典：運動中の心拍変動と換気性作業閾値との関連 - MemCalc 法による検討 - （第一報）．体力科学 50,185-192，2001
- 20) 塩澤友規，岩崎賢一，伊藤雅夫，金 慧徳，山口 喜久，平柳 要，谷島 一嘉：運動負荷によ

る循環生理学的影響は運動回復期心電図 R-R
間隔変動の周波数分析により評価可能か．日大
医誌 59(10)：484-491，2000

- 21) 永田 晟，田島多恵子：ランブ負荷運動中の呼
吸応答ゆらぎ - MEMCalc 法による周波数解析
- ．北陸体育学紀要 第 38 号，15-21，2000

(Received: June 05, 2003)

(Issued in internet Edition: July 07, 2003)