

《原著》

スズメバチ成虫成分含有ハチミツ飲料が  
持久的運動時の血液性状に与える影響

岩本もりえ<sup>1,2</sup>, 岩本浩之<sup>2</sup>,  
檜村修生<sup>3</sup>

1 東京農業大学大学院農学研究科環境共生学専攻  
2 千厩ひかりクリニック  
3 東京農業大学国際食料情報学部教養分野

キーワード

1. *Vespa*
2. 成人
3. 持久的運動
4. アミノ酸

スズメバチ成虫成分を含有した飲料 (*Vespa*) と対照飲料である水道水 (*Water*) を成人男・女性に摂取 (120ml) させ、主観的運動強度を用いた30分間の持久的運動時の血液性状や循環機能および身体的疲労に与える影響を検証した。*Vespa*の摂取によって運動後の血中乳酸、アンモニア濃度、フェニルアラニンの上昇抑制が認められた。しかし、クレアチンキナーゼは*Vespa*の摂取による効果が認められなかった。また、*Vespa*の摂取によってフィッシャー比の運動前値の上昇が認められた。*Vespa*摂取後の運動は、*Water*摂取後のそれと比較して糖質代謝 (平均31.8%) と脂質代謝 (平均15.1%) を有意に高めた。また、*Vespa*摂取後の運動により、血中におけるトリプトファンの増大傾向とフェニルアラニンの減少が認められた。以上のことから、*Vespa*の摂取は運動による糖質代謝および脂質代謝を高め、筋細胞の損傷や代謝障害を軽減させるとともに中枢神経系に關与する芳香族アミノ酸に影響をもたらす可能性が示唆された。

体力・栄養・免疫学雑誌 第18巻 第1号 14-27頁 2008年

I. 緒言

スズメバチ (*Vespa* 属) は、生態学的に社会性昆虫にみられる栄養交換を行う<sup>1)</sup>。すなわち、スズメバチの成虫は捕獲した餌を幼虫に与え、幼虫から栄養液をもらう<sup>1)</sup>。スズメバチ成虫が幼虫から得た栄養液はアミノ酸液であり、スズメバチの卓越した飛行能力や行動制御の化学情報伝達を担うなど生命維持に不可欠なものと考えられている<sup>1,2)</sup>。スズメバチ幼虫アミノ酸液には16種類のアミノ酸が含まれており、その中でもグリシン(19.1 Mol%), プロリン(18.0 Mol%), フェニルアラニン(9.8 Mol%), リジン(8.6 Mol%)などが多く含まれるとされており、同構成のアミノ酸水溶液をマウスに摂取させ、遊泳運動をさせた結果、血中乳酸の上昇抑制、血中遊離脂肪酸やケトン体濃度および血中アドレナリンとノルアドレナリン濃度の上昇が認められ、運動能力を向上させたと報告されている<sup>3)</sup>。また、この水溶液はヒトにおける持久的運動時に血中ケトン体や回復期の血中

グリセロール濃度を上昇させ<sup>4)</sup>、脂質代謝を亢進させると報告されている<sup>5)</sup>。これらの報告はスズメバチ幼虫を用いた研究であり、スズメバチ成虫成分が運動中の生体にもたらす効果についての報告はされていない。スズメバチ成虫は、従来から東南アジアや中国および日本の中部地方などで食用とされてきた<sup>6,8)</sup>。また、成虫を焼酎に漬けたものは滋養強壮食品として経験的に効能が認められてきた<sup>6,7)</sup>。しかし、その成分が生体に与える生理的影響、特に運動能力の改善への影響については明らかにされていない。さらに近年、急激なサプリメントの需要の拡大にともない、健康飲料として流通しているスズメバチ成虫成分含有飲料が、明確なエビデンスのないままスポーツにおけるパフォーマンスの向上やコンディショニングに利用されている。

そこで本研究では、オオスズメバチ (*Vespa mandarinia*) の成虫から抽出した液体を主成分とする天然素材のスズメバチ成虫成分含有ハチミツ

Table 1. Ingredients of VESPA

Ingredient	Amount(per 120 ml)
WASP extract	200 mg ☆
Propolis	200 mg
Honey	9000 mg
Royal Jelly	400 mg
Energy amount	27.5 Kcal

☆ WASP extract (WASP imago ingredient honey permeating liquid)

Table 2. Amino acid contents of Vespa

Phenylalanine	2mg
Valine	1mg
Leucine	1mg
Lysine	1mg
Threonine	1mg
Alanine	1mg
Asparic acid	1mg
Glutamic acid	4mg
Proline	5mg
Serine	3mg

Measurement by the amino acid automatic analyzer

飲料をヒトに経口摂取させ、持久的運動時の血液性状や循環機能に与える影響を検討した。

II. 方法

1. 実験に用いた飲料

実験の飲料は、(有)川原商会（岩手県盛岡市）が製造し、藤原養蜂場（岩手県盛岡市）が販売する、スズメバチから抽出した栄養液にハチミツを溶かした飲料（以下、Vespa）を用いた。Vespaの成分およびアミノ酸含有量をTable 1およびTable 2に示した。

2. 被験者

被験者は、定期的な運動を行っていない健康な成人

5名（男子3名、女子2名）を対象（年齢 $41.4 \pm 4.7$ 歳）とした。被験者には本実験の目的や方法について十分に説明し、実験参加の同意を得た。なお、この実験は医療法人社団社の希会千厩ひかりクリニック倫理委員会の承認を得て実施した。

3. 持久的運動の実施手順と心拍数測定

Figure 1に実験の実施手順を示した。被験者は、無作為にVespa (120ml)またはWater (120ml)を運動開始30分前に経口摂取し、座位安静を保った。その後、2週間以上の期間をおいて、1回目と異なる飲料（VespaあるいはWater）を摂取して1回目と同様の実験を行った。トレッドミル（リハトレッドG, Senoh, 東京）を用いた30分間の持久的運動は、Borg<sup>9)</sup>による主観的

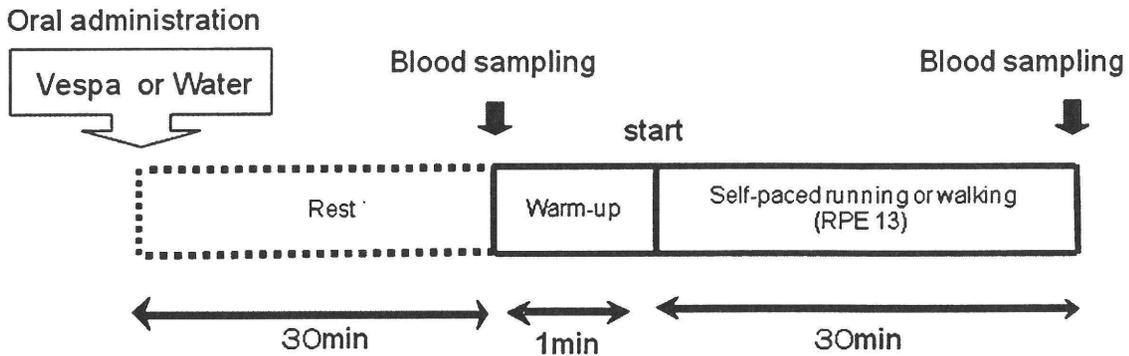


Figure 1. Experimental protocols of 30-min submaximal treadmill endurance exercise.

運動強度(RPE)13 (ややきつい) の速度で、自由ペース走・歩行とした。RPE13による運動負荷テストは、持久的運動能力を知る上で信頼性、再現性が高く<sup>10, 11)</sup>、LT水準の運動強度であると報告されている<sup>12)</sup>。被験者は実験開始日までにトレッドミル歩行および走行練習を行い、実験実施日にはコンディションを整えるように指示した。1回目の運動負荷試験は、被験者の申告により1分毎に速度の増減を行い、RPE13を維持するようにした<sup>10, 11)</sup>。2回目の運動負荷試験は、1回目の実験と同負荷にて運動を行い、被験者に1分毎にRPEを申告させた。また、心拍数はトレッドミルに接続された心拍自動計測計(リハトレッドG, Senoh, 東京)を用いて1分毎に記録した。

#### 4. 採血および血液の分析項目

被験者には採血するまで、昼食摂取後6時間以上経過するように指示した。採血は15分から30分間座位安静後、午後6時半から7時と運動直後1分以内に肘正中皮静脈から15ml採取した。測定項目は、乳酸値(La)、血糖値(GLU)、中性脂肪(TG)、クレアチンキナーゼ(CK)、アルドラーゼ(ALD)、アンモニア濃度(Am)、乳酸脱水素酵素(LDH)、遊離脂肪酸(NEFA)、アミノ酸11分画〔トリプトファン(Trp)、チロシン(Tyr)、フェニルアラニン(Phe)、バリン(Val)、メチオニン(Met)、イソロイシン(Ile)、ロイシン(Leu)、ヒスチジン(His)、オルニチン(Om)、リジン(Lys)、アルギニン(Arg)]およびフィッシャー比〔分岐鎖アミノ酸/(Phe+Tyr)〕である。

Laの血液サンプルは、0.8N過塩素酸と血液(各

1ml)を採血管にて等量混和した。GLUの血液サンプル(2ml)は、EDTA-2Na剤添加の真空採血管に採集し、TG、CK、ALD、LDH、NEFAの血液サンプル(6ml)は、分離剤を含む真空採血管に採集後、混和して4℃で保存した。Amの血液サンプルは、タングステン酸ナトリウムリン酸4mlに1.0mlの血液を注入して混和した。アミノ酸の血液サンプル(5ml)は、ヘパリンNa添加の真空採血管に採集した。これらは、5分間の遠心分離(3,000rpm)を行い、上清を-20℃で凍結保存し、全血液サンプルの成分分析を外注依頼した。

#### 5. 自覚症状と身体疲労部位の調査

日本産業衛生学会の「自覚症状しらべ」を用いて、VespaおよびWater摂取時に運動直前と直後における自覚症状を調査した。調査は25項目の愁訴について5段階(1:全くあてはまらない~5:非常にあてはまる)の中から、あてはまる番号を1つ選択させ○をつけ、その番号を点数として換算した。

身体疲労部位は、日本産業衛生学会の「身体疲労部位しらべ」を用い、Vespa・Water摂取時において、運動直前と翌日の起床時にアンケートにて調査した。調査は、身体17部位(①首、②左肩、③右肩、④左上腕、⑤右上腕、⑥左肘・前腕、⑦右肘・前腕、⑧背部、⑨腰、⑩左手・手首、⑪右手・手首、⑫左臀部・大腿、⑬右臀部・大腿、⑭左膝・下腿、⑮右膝・下腿、⑯左足・足首、⑰右足・足首)であり、痛みや疲労の度合いを4段階に分けた(0:全く感じない、1:わずかに感じる、2:かなり感じる、3:強く感じる)中から、症状に合った数字1つに○をつけさ

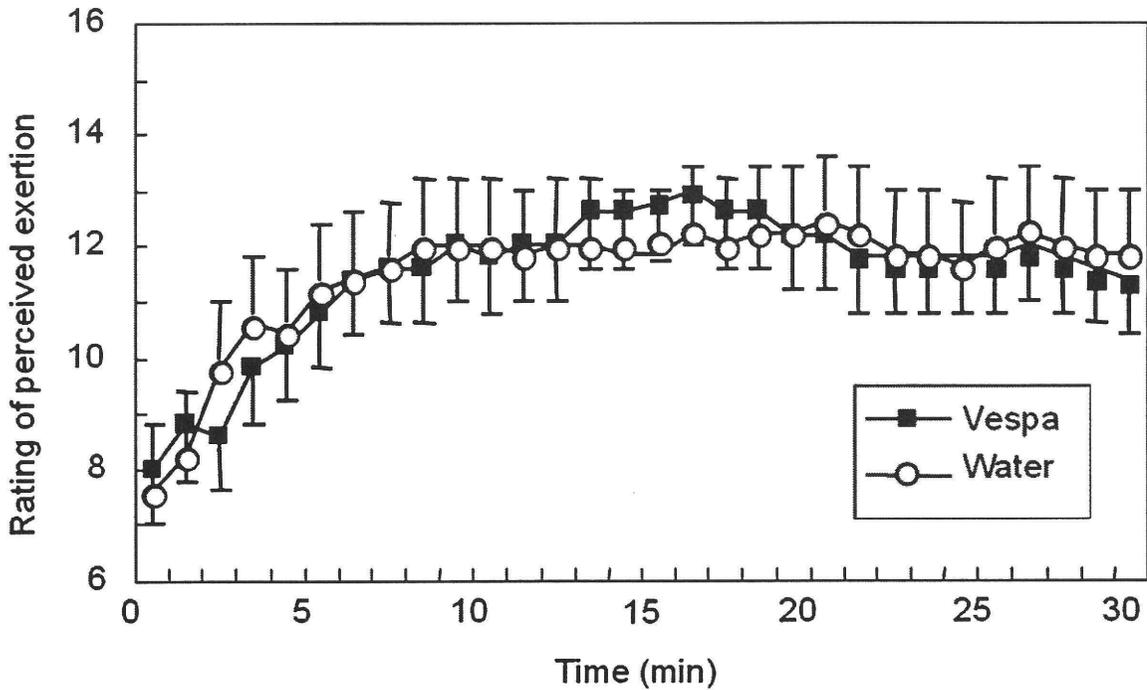


Figure 2. Changes in rating of perceived exertion (RPE) during the 30-min endurance exercise by pre-oral administration of vespa or water. Values are means  $\pm$  SD for 5 subjects.

せ、その番号を点数として換算した。

### 6. 統計処理

各測定値は平均値および標準偏差で示した。RPEと心拍数の検定は、繰り返しのある二元配置分散分析法 (Two-factor factorial ANOVA)を用い、有意差が認められた場合にはTukey-Kramerの事後検定を行った。運動前 (Pre) と運動後 (Post) のアミノ酸11分画の血液性状およびその変化率 (%) = [(運動後の測定値 - 運動前の測定値) / 運動前の測定値]  $\times$  100により算出した値の比較は、Wilcoxonの符号順位検定を用いた。不定愁訴と疲労感の平均値の比較はPaired t-testを用いた。統計処理は、統計ソフト、エクセル統計Statce12を用い、有意水準はいずれの検定においても5%未満とした。

## III. 実験結果

### 1. 運動時のRPEと心拍数の変化

Figure 2は、VespaとWater摂取後の運動時におけるRPEの変化を示した。VespaとWater摂取後のRPEは、運動開始から10分頃まで徐々に上昇し、その後ほぼ定常状態を示した。運動実施中 (30分間) の平均の

RPEは、Vespaが $11.5 \pm 1.2$ 、Waterが $11.7 \pm 1.1$ であった。二元配置分散分析の結果、飲料の種類 (Vespa, Water) と運動時間には交互作用は認められなかった。単純主効果は、飲料の種類が要因の場合および運動時間が要因の場合ともにRPEに有意差が認められた ( $p < 0.01$ ) が、事後検定によるVespaとWater間の比較では、いずれの時点においてもRPEに有意差が認められなかった。

Figure 3は、VespaとWater摂取後の運動による心拍数の変化を示した。運動実施中 (30分間) の平均心拍数は、Vespaが $117.8 \pm 20.3$ bpm、Waterが $120.9 \pm 22.8$ bpmであった。二元配置分散分析の結果、飲料の種類 (Vespa, Water) と運動時間には交互作用は認められなかった。また、運動開始から20分後よりVespa摂取時がWater摂取時に比べ低水準 (約5~9bpm) での定常状態を呈し、飲料の種類が要因の場合および運動時間が要因の場合ともに心拍数に有意差が認められた ( $p < 0.01$ )。しかし、事後検定によるVespaとWater間の比較では、いずれの時点においても心拍数に有意差が認められなかった。

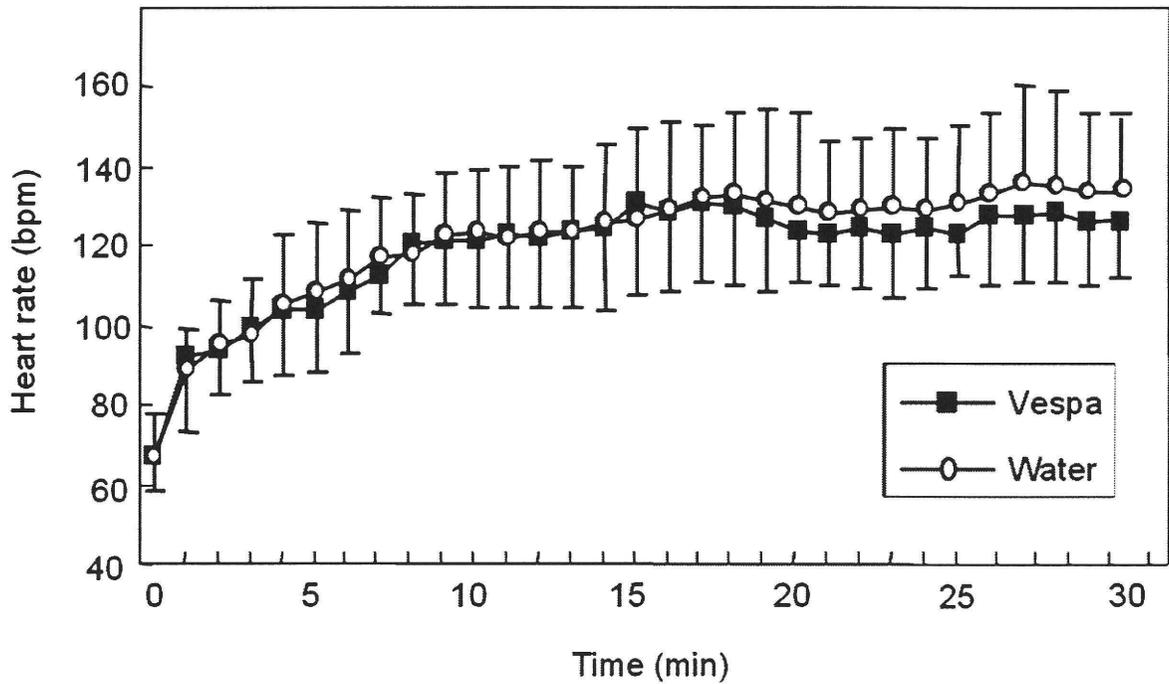


Figure 3. Changes of the heart rate during endurance exercise by pre-oral administration of vespa or water. Values are means  $\pm$  SD for 5 subjects.

2. 運動前後での血液性状の比較

Table 3は, VespaまたはWaterを摂取した運動前後 (前者; V-preおよびV-post; 後者; W-preおよびW-post) における血液性状を示した。Laは, W-post ( $3.0 \pm 2.1\text{mM}$ )がW-pre ( $0.8 \pm 0.2\text{mM}$ )に比較して有意に高値を示した( $p<0.05$ )が, V-preとV-postの間には差が認められなかった。GLUは, V-post ( $70.7 \pm 8.0\text{mg/dl}$ )がV-pre ( $111.1 \pm 12.4\text{mg/dl}$ )に比較して有意に低値を示した( $p<0.05$ )が, W-preとW-post間には差が認められなかった。TGは, V-pre ( $133.8 \pm 52.0\text{mg/dl}$ )に比べV-post ( $139.3 \pm 53.4\text{mg/dl}$ )が増加し, W-pre ( $140.2 \pm 92.5\text{mg/dl}$ )に比べW-post ( $122.0 \pm 73.5\text{mg/dl}$ )が減少した。CKは, V-post ( $124.5 \pm 44.0\text{IU/L}$ )とW-post ( $158.0 \pm 84.4\text{IU/L}$ )がそれぞれのV-pre ( $110.7 \pm 43.8\text{IU/L}$ )とW-pre ( $145.6 \pm 83.0\text{IU/L}$ )に比較して有意に高値を示した( $p<0.05$ )。ALDは, W-post ( $5.2 \pm 1.0\text{IU/L}$ )がW-pre ( $4.5 \pm 1.0\text{IU/L}$ )に比較して有意に高値を示した( $p<0.05$ )が, V-pre ( $5.2 \pm 1.2\text{IU/L}$ )とV-post ( $5.5 \pm 0.8\text{IU/L}$ )の間には差が認められなかった。Amは, V-post ( $103.3 \pm 7.8\mu\text{g/dl}$ )とW-post ( $117.6 \pm 14.6\mu\text{g/dl}$ )がそれぞれのV-pre ( $81.2 \pm 14.2\mu\text{g/dl}$ )とW-pre ( $74.4 \pm 7.6\mu\text{g/dl}$ )に比較して有意に高値を示した( $p<0.05$ )。LDHは, V-post ( $194.8 \pm 8.8\text{IU/L}$ )とW-post

( $192.0 \pm 32.6\text{IU/L}$ )がV-pre ( $180.5 \pm 20.3\text{IU/L}$ )とW-pre ( $180.8 \pm 31.6\text{IU/L}$ )に比較して有意に高値を示した( $p<0.05$ )。NEFAは, V-post ( $0.5 \pm 0.1\text{mEq/L}$ )とW-post ( $0.8 \pm 0.4\text{mEq/L}$ )がV-pre ( $0.3 \pm 0.1\text{mEq/L}$ )とW-pre ( $0.6 \pm 0.2\text{mEq/L}$ )に比較して有意に高値を示した( $p<0.05$ )。

3. VespaおよびWater摂取による血液性状の変化率

Figure 4は, VespaまたはWaterを摂取した運動前後における血液性状の変化率を示した。LaはVespa ( $74.4 \pm 73.4\%$ ), Water ( $345.3 \pm 392.2\%$ )で有意にWaterが増加し ( $p<0.05$ ), GLUはVespa ( $-36.3 \pm 4.6\%$ ), Water ( $-12.3 \pm 14.2\%$ )で有意にVespaが減少した( $p<0.05$ )。TGはVespaが $5.7 \pm 14.4\%$ 増加し, Waterでは $-9.4 \pm 11.6\%$ 減少した ( $p<0.05$ )。CKはVespa ( $14.1 \pm 5.9\%$ ), Water ( $9.9 \pm 4.3\%$ )で有意にVespaが増加し( $p<0.05$ )。AmはVespa ( $29.4 \pm 15.9\%$ ), Water ( $59.7 \pm 28.0\%$ )で有意にWaterが増加を示した( $p<0.05$ )。ALD (Vespa: $8.5 \pm 21.1\%$ , Water: $16.6 \pm 8.8\%$ ), LDH (Vespa: $9.0 \pm 12.3\%$ , Water: $6.3 \pm 2.0\%$ ), NEFA (Vespa: $72.5 \pm 69.0\%$ , Water: $36.3 \pm 31.6\%$ )は, いずれも変化率に有意な差がみられなかった。

Table 3. Blood properties before and after endurance exercise by pre-oral administration of the vespa or water.

	Vespa		Water		
	Pre-exercise	Post-exercise	Pre-exercise	Post-exercise	
Lactic acid (La) (mM)	1.3 ± 0.3	2.1 ± 0.7	0.8 ± 0.2	3.0 ± 2.1	*
Blood glucose (GLU) (mg/dl)	111.1 ± 12.4	70.7 ± 8.0	94.2 ± 10.9	81.8 ± 10.3	
Triacylglycerol (TG) (mg/dl)	133.8 ± 52.0	139.3 ± 53.4	140.2 ± 92.5	122.0 ± 73.5	
Creatine kinase (CK) (IU/L)	110.7 ± 43.8	124.5 ± 44.0	145.6 ± 83.0	158.0 ± 84.4	*
Aldolase (ALD) (IU/L)	5.2 ± 1.2	5.5 ± 0.8	4.5 ± 1.0	5.2 ± 1.0	*
Ammonia (Am) (µg/dl)	81.2 ± 14.2	103.3 ± 7.8	74.4 ± 7.6	117.6 ± 14.6	*
Lactate dehydrogenase (LDH) (IU/L)	180.5 ± 20.3	194.8 ± 8.8	180.8 ± 31.6	192.0 ± 32.6	*
Non-esterified fatty acid (NEFA) (mEq/L)	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.8 ± 0.4	*

Values are means ± SD for 5 subjects each group. \* : Significant difference ( $p < 0.05$ ) between values pre- and post-exercise in the same drinking condition.

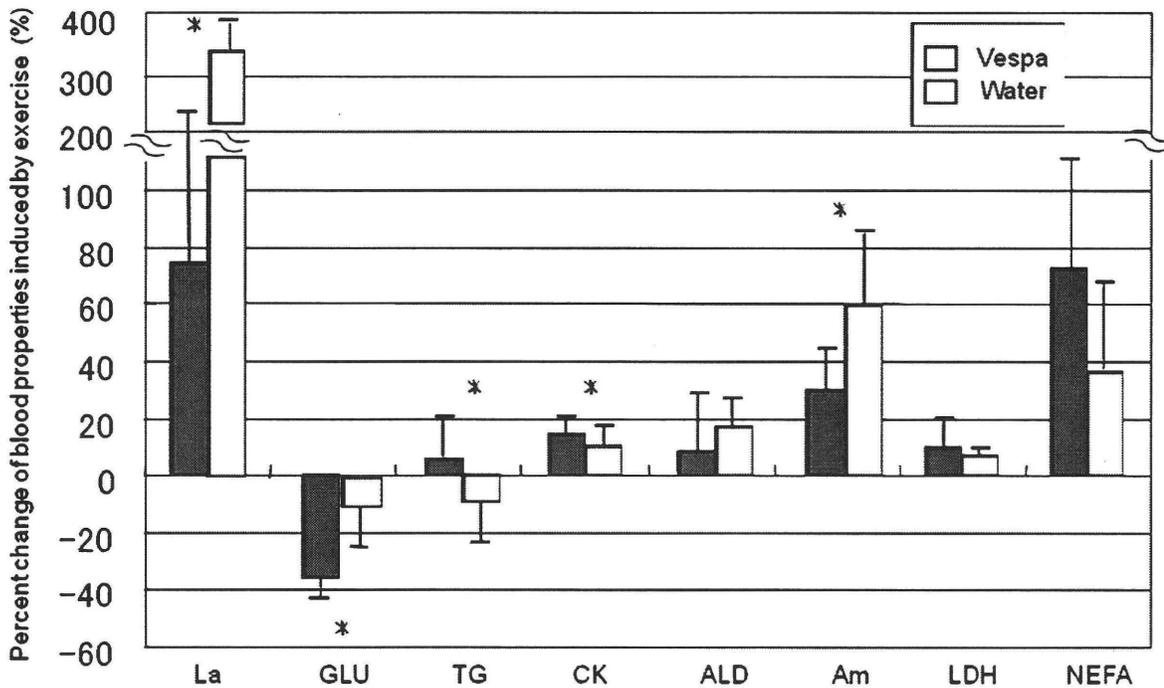


Figure 4. Changes of the blood properties after endurance exercise by pre-oral administration of vespa or water. Values are means ± SD for 5 subjects. \* : Significant difference ( $p < 0.05$ ) between values of the same parameter.

Table 4. Amino acids concentration in the blood by pre-oral administration of the vespa or water.

(nmol/ml)	Vespa		Water	
	Pre-exercise	Post-exercise	Pre-exercise	Post-exercise
Trp	56.0 ± 8.9	59.0 ± 6.4	58.6 ± 8.7	58.1 ± 7.2
Tyr	61.6 ± 13.6	60.7 ± 14.5	68.4 ± 10.4	71.1 ± 5.7
Phe	65.4 ± 10.8	64.1 ± 10.2	66.4 ± 11.3	69.5 ± 10.1 §
Val	268.3 ± 25.6	249.0 ± 16.0 *	241.3 ± 45.6	237.3 ± 42.4
Met	17.0 ± 4.3	16.3 ± 4.7	23.6 ± 7.2	24.3 ± 4.5 §
Ile	60.0 ± 5.9	52.5 ± 5.7	68.8 ± 15.3	66.1 ± 13.7
Leu	131.9 ± 12.1	121.3 ± 9.9	129.7 ± 16.2	128.9 ± 17.0
His	103.5 ± 7.9	98.4 ± 6.6 *	94.8 ± 11.5	95.1 ± 7.5
Orn	66.2 ± 25.0	54.3 ± 20.8	80.4 ± 29.7 ※	74.4 ± 28.9 §
Lys	195.5 ± 15.0	189.3 ± 17.6	194.0 ± 27.0	200.1 ± 28.8
Arg	77.9 ± 19.3	75.8 ± 16.7	97.6 ± 11.4	99.0 ± 12.3 §
Fischer's ratio	3.8 ± 0.7	3.5 ± 0.6 *	3.2 ± 0.6 ※	3.1 ± 0.6 #

Values are means ± SD for 5 subjects in each group expressed in nmol.

\* : p < 0.05, Pre-exercise group V.S. Post-exercise group in the vespa drinking status.

※ : p < 0.05, Vespa group V.S. Water group in the pre-exercise condition.

# : p < 0.05, Pre-exercise group V.S. Post-exercise group in the water drinking status.

§ : p < 0.05, Vespa group V.S. Water group in the post-exercise condition.

4. VespaおよびWater摂取によるアミノ酸11分画の比較

Table 4は, VespaまたはWaterを摂取した運動前後におけるアミノ酸11分画を示した。Vespa摂取時において, 運動後に値が増加した項目はTrpのみであった (V-pre:56.0 ± 8.9nmol/ml, V-post:59.0 ± 6.4nmol/ml)。V-preに比較してV-postが有意に減少した項目は, Val (V-pre:268.3 ± 25.6, V-post:249.0 ± 16.0nmol/ml), His (V-pre:103.5 ± 7.9, V-post:98.4 ± 6.6nmol/ml), フィッシャー比 (V-pre: 3.8 ± 0.7, V-post: 3.5 ± 0.6)であった (p<0.05)。V-preとW-preの比較では, OrnにおいてW-pre (80.4 ± 29.7nmol/ml)がV-pre (66.2 ± 25.0nmol/ml)に比べ有意に高値を示し, フィッシャー比 (W-pre:3.2 ± 0.6)は有意に低値を示した(p<0.05)。W-preとW-postの比較では, フィッシャー比においてW-post (3.1 ± 0.6)がW-preに比べ有意に低値を示した(p<0.05)。V-postとW-postの比較では, Phe (V-post:64.1 ± 10.2, W-post:69.5 ± 10.1nmol/ml), Met (V-post:16.3 ± 4.7, W-post:24.3 ± 4.5nmol/ml), Orn (V-post:54.3 ± 20.8, W-post:74.4 ± 28.9nmol/ml), Arg (V-post:75.8 ± 16.7, W-post:99.0 ± 12.3nmol/ml)はW-postがV-postに比較して有意に増加した(p<0.05)。

5. 自覚症状と身体疲労部位の調査

Figure 5にVespaとWater摂取による運動前後の自覚症状の変化を示した。25項目の自覚症状 (愁訴100%の場合125点) 中, 平均でV-post (38.4 ± 21.6点) はV-pre (46.0 ± 22.2点) に比較して低値であった。しかし, W-post (34.8 ± 13.0点) はW-pre (31.0 ± 5.6点) よりも高値を示した。また, いずれも有意な差は認められなかった。

Figure 6にVespaとWater摂取による運動前および翌朝時の身体疲労部位の変化を示した。4段階に分けた痛みや疲労の状況は, 平均でV-post (2.6 ± 3.7点) はV-pre (5.0 ± 5.3点) に比較して低値であった。しかし, W-post (7.6 ± 6.2点) はW-pre (5.8 ± 7.8点) よりも高値を示した。また, いずれも有意な差は認められなかった。

IV. 考察

本実験のトレッドミルを用いた持久的運動の負荷強度は, 主観的運動強度<sup>9)</sup> RPE13を用いた。つまり, VespaおよびWater摂取後において, 負荷の設定を個人の主観による「ややきつい」を基準に運動を行った際の血液性状や循環機能を比較検討した。この強度

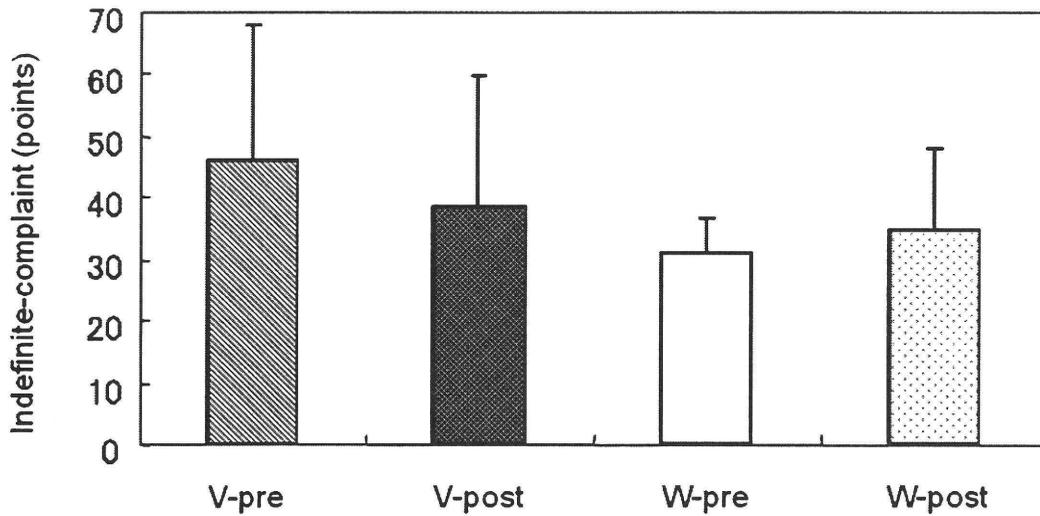


Figure 5. Effects of indefinite-complaint on the oral administration of vespa or water before (pre) and after (post) endurance exercise. V-pre; Oral administration of vespa, before endurance exercise. V-post; Oral administration of vespa, after endurance exercise. W-pre; Oral administration of water, before endurance exercise. W-post; Oral administration of water, after endurance exercise.

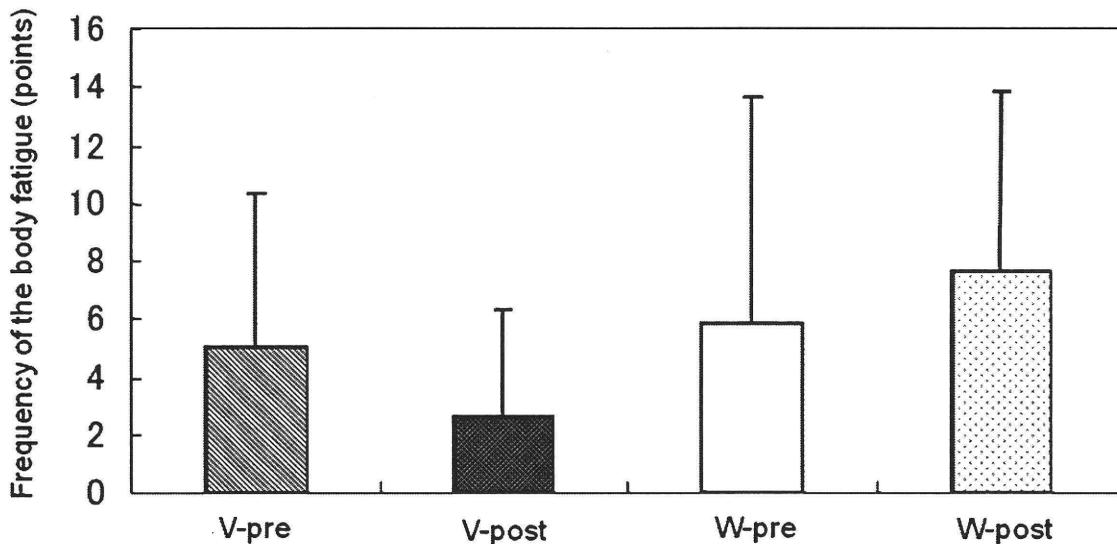


Figure 6. Effect of complains of the fatigue at the oral administration of vespa or water before (pre) and after (post) endurance exercise. V-pre; Oral administration of vespa, before endurance exercise. V-post; Oral administration of vespa, after endurance exercise. W-pre; Oral administration of water, before endurance exercise. W-post; Oral administration of water, after endurance exercise.

は、運動習慣を有しない被験者に対する安全性や再現性が認められている<sup>10-12)</sup>。また、LT水準での運動時のRPEは13から14に相当し、運動の進行段階や体力水準あるいは性別に関係なくほぼ一定であると報告

されている<sup>13)</sup>。

本研究においても、運動中のRPEは30分間の平均値でVespaが $11.5 \pm 1.2$ 、Waterが $11.7 \pm 1.1$ であり、定常状態においても13を上回ることはなく、VespaとWater

間の各時間の比較においても差が認められなかった。同様に、心拍数においてもVespa摂取時はWater摂取時に比較して低値傾向を示したが、VespaとWater間の比較による各時間に有意差が認められなかった。しかし、飲料を要因とした検定では飲料の違いによりRPEと心拍数に顕著な差が認められた。すなわち、Vespa摂取とWater摂取ではRPEと心拍数に与える効果に相違があるといえる。さらに、無酸素性作業閾値の指標であるLaは、運動後においてはVespaが $2.1 \pm 0.7 \text{mM}$ 、Waterが $3.0 \pm 2.1 \text{mM}$ であり、安静時の値からVespaが平均74.4%の増加に対しWaterが平均345.3%の顕著な増加を示した。これにより、Vespaの摂取は有酸素性運動を維持し<sup>14)</sup>乳酸性アシドーシスの発生を抑制すると考える。これらのことより、Vespa摂取は循環器系に効果をもたらすと推察する。

GLUは、Water摂取時に比較してVespa摂取時において顕著な低下が認められた。TGは、変化率においてVespa摂取時に増加し、Water摂取時には逆に減少した(変化率15.0%)。これらのことより、Vespa摂取による持久的運動は解糖代謝と脂質代謝を亢進すると考える。先行研究においては、ラットまたはヒトでのスズメバチ幼虫分泌液の投与が脂質代謝を亢進することが確認されている<sup>24)</sup>。

運動によって生ずる骨格筋の損傷は、CKやALDを血中に逸脱させる<sup>15)</sup>。アミノ酸(Arg, Gln, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Pro, Val, Thr, Trp; 総量3.6g)と炭水化物、脂質、ビタミン、ミネラルの混合飲料を運動開始30分前に摂取し、最大筋力の10%の負荷で肘関節の屈曲・伸展持続運動を30分間行った報告では、運動後(直後、1・6・24・48・72・96時間後)の血中CKは、アミノ酸摂取群およびプラセボ群ともに運動前に比べて48・72・96時間後に有意な上昇が認められ、ピーク値においてはアミノ酸摂取群がプラセボ群に比べて有意に低値を示したとしている<sup>16)</sup>。本実験においてのCKは、VespaとWater摂取時ともに運動直後において顕著に上昇し、変化率はVespa摂取時がWater摂取時に比べ顕著に増加した。この相違は、本実験が全身持久性体力を要する運動様式であったことや被験者が運動習慣を有さないことに起因すると考える。しかし、CKのピークが運動直後より48時間以後<sup>16)</sup>または24時間以後<sup>17,18)</sup>にあることを踏まえると、本実験の試料においてもCKの

ピーク値やその経時的変化に差がもたらされる可能性があると考えられる。一方、ALDはWater摂取時の運動後において顕著に上昇し、Vespa摂取時の運動後では顕著な上昇が認められなかった。これは、ALDの血中の半減期が4時間であり<sup>18)</sup>、急性期での組織障害の実状をよく反映する<sup>19)</sup>ためであると推察する。また、Vespa摂取時の運動前値がWater摂取時のそれよりも高値であったことは食物由来と考える。すなわち、Vespaの摂取によってタンパク質合成速度が亢進されてALDは上昇するが、運動に伴う骨格筋収縮によって生ずるALDの産生は抑制されたと推察する。アミノ酸混合飲料を用いた上述の研究においても、ALDはアミノ酸摂取群がプラセボ群に比べて有意に低値を示したとしている<sup>16)</sup>。これらのことから、Vespaの摂取は運動時の骨格筋の崩壊や損傷を抑制する可能性があると思われる。

Amは、タンパク質の摂取による代謝過程や運動などの骨格筋の収縮によって生成される<sup>20,21)</sup>と報告されている。ヒトでは $80 \mu\text{g/dl}$ <sup>22)</sup>を上回るとエネルギー産生や神経伝達能力が低下するとされている<sup>23)</sup>。本研究では、W-pre( $74.4 \mu\text{g/dl}$ )は正常値であったがV-pre( $81.2 \mu\text{g/dl}$ )は正常値の上限をわずかに超えた。この結果は、Vespa摂取による食物由来のものと考えられる。運動後のAmは運動前と比較して、V-post, W-postともに顕著に増加したが、変化率の比較ではWater摂取時に顕著な上昇が認められ、Vespaの摂取によって30.3%の上昇抑制効果が確認された。先行研究では、運動直前<sup>24)</sup>または運動直後<sup>25,26)</sup>のタンパク質摂取によって骨格筋のタンパク質合成比率を高めたとする報告がある。したがって、本実験のAmの上昇はVespaの摂取によってタンパク質合成速度が亢進され、その結果Amが産生されたが、運動による骨格筋収縮に伴うAmの産生は抑制されたと推察する。

血中アミノ酸では、Vespa摂取時の運動後に血中濃度が増加した項目がTrpのみであった。また同時に、分岐鎖アミノ酸(Val)の顕著な低下が認められたことは、芳香族アミノ酸と分岐鎖アミノ酸が拮抗関係にあり、運動などにより分岐鎖アミノ酸が消耗すると、Trpの血中濃度が高まるとするこれまでの報告を裏付けるものである<sup>27)</sup>。しかし、Water摂取時にはこれらの項目に差がみられなかった。Trpは、中枢性疲

劣発生機構に関するセロトニンの前駆体であり、セロトニン合成の律速段階がTrpの供給にあることから、Trpの増大は疲労感を引き起こす要因になる<sup>28-31)</sup>。これに従えば、本研究におけるVespa摂取後の運動によるTrpの増大は疲労を誘引する。逆に、運動により疲労したラットの脳脊髄液中にはtransforming growth factor-beta(TGF-β)が増大し、これによって疲労感が生じるのであり、セロトニン増大と疲労感とは関係がないとする報告がある<sup>32)</sup>。また、疲労感とは関係がなく末梢ホルモンによって影響されるとする報告<sup>33)</sup>、さらに、運動によって増加した脳内Trpに反応するセロトニン(5-HTニューロン)は知られていないとする報告<sup>34)</sup>と本研究におけるVespaおよびWater摂取時の運動中のRPEと心拍数に差が認められなかったことから、今回のTrpの増大は疲労を生じさせていないと考える。

さらに、運動前後の自覚症状調査および運動前と翌朝時の身体疲労部位の調査において、Vespa摂取時とWater摂取時を比較してW-postにおいての愁訴が高値傾向にあり、V-postで低値傾向であったことから、本実験のVespa摂取後による運動は疲労や不定愁訴を増長させないと考える。

芳香族アミノ酸の中でもPheは、Vespa摂取時とWater摂取時を比較してW-postにおいて顕著に増加した。アミノ酸混合飲料を経口摂取した上述の研究<sup>16)</sup>によれば、アミノ酸の血中濃度は摂取後30分で最大上昇を認め、これはアミノ酸摂取に伴うものであると考察している。本研究では、Vespa摂取後30分から運動を開始して運動終了直後のPhe血中濃度を検討している。アミノ酸の吸収動態からみれば、この時点でのPhe濃度の変化に対する経口摂取の影響はきわめて少ないと考えられ、Vespa摂取時のPheの運動後の上昇抑制は、代謝作用によるものと推定できる。

PheとTrpはともに芳香族アミノ酸であり、血液脳関門の輸送体は芳香族アミノ酸と分岐鎖アミノ酸とが共通である。この点でPheとTrpは同様の動態を示すと考えられる。しかし、Pheが運動による活動筋群の筋タンパク質分解の指標としても用いられるのに対し、Trpは中枢性疲労に関連する報告が多い。また、Trpはセロトニンの前駆体であり、Pheは水酸化によりチロシンを生成するアドレナリン、ノルア

ドレナリン、チロキシンの前駆物質である。本研究において、PheとTrpが相反する結果を示したのは、両者のもつこのような生理活性の相違が反映しているものと推察する。

フィッシャー比は、VespaとWater摂取時の運動前後の比較においてはともに運動後に、また、運動前値の比較においてはWater摂取時に顕著に低値を示した。フィッシャー比の低下は、分岐鎖アミノ酸の減少かつPheとTyrの増加を示すものであり、これによっても脳内セロトニンの合成が促進する。一方、運動時における分岐鎖アミノ酸の摂取は脳内セロトニンの生成量を抑制し、Performanceを改善すると報告されている<sup>35-37)</sup>。またTipton<sup>24)</sup>は、炭水化物と結合した相対的に少量の必須アミノ酸が、レジスタンス運動を行った場合の筋タンパク質合成の有効な刺激物になると報告している。すなわち、アミノ酸の摂取量の多さが運動時の生体に有利な効果をもたらすとは限らない。本研究でのVespaの含有するアミノ酸の量(24mg/120ml)は、市場にあるアミノ酸サプリメント(アミノ酸; 2.7g/190ml<sup>3)</sup>、アミノ酸; 5.7g/190ml<sup>38)</sup>)に比較して少量であったが、Vespaの摂取が血液性状に変化をもたらしたことは明らかであった。これらのことから、アミノ酸サプリメントの生体に対する有用性は含有量の多さではなく、個々の成分作用または相互作用にあると推察する。しかし、Vespaにはプロポリスとローヤルゼリーが含まれており、成虫成分のアミノ酸のみが今回の結果に影響を及ぼしたとはいえない。例えば、プロポリスは抗酸化作用<sup>39)</sup>、インシュリン抵抗の改善<sup>40)</sup>、制ガンと抗炎症作用<sup>41)</sup>があると報告されている。ローヤルゼリーではインシュリン抵抗性改善作用<sup>42)</sup>、総コレステロールとリポタンパク質代謝の減少<sup>43)</sup>、運動後の疲労回復<sup>44)</sup>などが報告されている。今後、これらの成分を除いた試料を用いて成虫成分アミノ酸単独の効果を検証する必要がある。

これまで、スズメバチ幼虫分泌液と同構成のアミノ酸液の摂取により、運動による血糖値低下の抑制や血中乳酸値の低下<sup>3)</sup>、脂質代謝の亢進<sup>2,4,5)</sup>、運動能力の向上<sup>2,4)</sup>をもたらしたと報告されている。いずれも、運動により生体を受けるダメージの緩和や運動能力の向上およびホメオスタシスの維持に寄与するものである。本研究の結果においても、糖質代謝

や脂質代謝の亢進, 解糖系酵素の血中逸脱抑制, 芳香族アミノ酸への関与などが認められ, スズメバチ成虫成分含有ハチミツ飲料が運動によるヒトの生体への負担の軽減や回復に貢献できると推察される。

## V. 結論

スズメバチ成虫成分を含有した飲料を用いてヒトの持久的運動 [RPE13 (ややきつい) と感じる速度での自由ペース走・歩行] に与える効果を血液性状および循環機能の変化から検証し, 以下の結果を得た。

1. 持久的運動後の血中乳酸, 血糖, 中性脂肪, クレアチンキナーゼ, アンモニアは, Vespa摂取時とWater摂取時では差がみられた。
2. Vespaの摂取による持久的運動は, Water摂取によるそれと比較して糖質代謝と脂質代謝を高めた。
3. Vespaの摂取により, 運動後のトリプトファンの増大傾向と分岐鎖アミノ酸の減少が認められ, Vespaの摂取が中枢神経系に関与する可能性が示唆された。
4. Vespaの摂取により, 運動後のフェニルアラニンの上昇が抑制されたことから, 骨格筋の崩壊や損傷の緩和が推測された。
5. Vespaの摂取は, 運動前のフィッシャー比を上昇させたが, 運動に伴うフィッシャー比の低下抑制効果は認められなかった。

以上のことから, Vespaの摂取は運動による筋細胞の損傷や代謝障害などの生体への負担を軽減させ, 中枢神経系に関与する芳香族アミノ酸に影響を及ぼす可能性が示唆された。

(受稿2007/09/26 受理2008/07/04)

## VI. 文献

- 1) 阿部岳: スズメバチと栄養学. 栄養と健康のライフサイエンス, 1996;1:64-71.
- 2) 阿部岳: スズメバチ栄養液の運動への作用. ミツバチ科学, 1995;16(1):1-8.
- 3) Abe T, Inamori M, Iida K, Tamura M: The activation of fatty acid metabolism by Vespa amino acid mixture (VAAM) and related nutrients during endurance exercise in mice. *Adv Exerc Sports Physiol*, 1997;3:35-44.
- 4) 齊藤慎一, 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, 2001;24:71-78.
- 5) 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) 摂取の運動時代謝応答に及ぼす影響. 疲労と休養の科学, 1997;12(1):31-40.
- 6) 松浦誠: スズメバチを食べる. 北海道: 北海道大学図書館刊行会, 2003;25-77.
- 7) 梅谷献二: 虫を食べる文化誌. 東京: 創森社, 2005;142-149.
- 8) 野中健一: 中部地方におけるクロスズメバチ食慣行とその地域差. *人文地理*, 1989;41:276-290.
- 9) Borg GAV: Perceived exertion: A note on "history" and methods. *Med Sci Sports*, 1973;5:90-93.
- 10) 中垣内真樹, 熊谷もりえ, 鍋倉賢治, 佐伯徹郎, 三本木温, 田中喜代次: 全身持久性体力の評価法としての主観的運動強度を用いた最大下12分間走行テストの提案. *体育学研究*, 1996;41:173-180.
- 11) 熊谷もりえ, 中垣内真樹, 西嶋尚彦, 田中喜代次: 個人情報と主観的運動強度を導入した全身持久性の簡易推定法. *体力科学*, 1997;46:179-188.
- 12) American college of Sports Medicine: Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 3rd edition, Philadelphia: Lea & Febiger, 1986;31-44.
- 13) Demello JJ, Cureton KJ, Boineau RE: Ratings of perceived exertion at lactate threshold in trained and untrained men and women. *Med Sci Sports Exerc*, 1987;19:354-362.
- 14) 堀清記: 高温環境下における運動時の生理的反応. *体力科学*, 2007;56:1-8.
- 15) Parra J, Cadefau JA, Rodas G, Amigo N, Cusso R: The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. *Acta Physiol Scand*, 2000;169:157-165.
- 16) Nosaka K, Sacco P, Mawatari K: Effects of amino acid supplementation on muscle soreness and damage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*,

- 2006;16(6):620-635.
- 17) Shimomura Y, Yamamoto Y, Bajotto G et al: Nutraceuical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *J Nutr*, 2006;136(2):529-532.
  - 18) 河合忠, 水島裕監修: 今日臨床検査, 第10版. 東京: 南江堂, 2007;175-213.
  - 19) 橋本直明: 今日診療, Vol.13. 東京: 医学書院, 2003;CD-ROM(C).
  - 20) Araujo JA, Falavigna G, Rogero MM et al: Effect of chronic supplementation with branched-chain amino acids on the performance and hepatic and muscle glycogen content in trained rats. *Life Sci*, 2006;79:1343-1348.
  - 21) 牧田茂: 集団スポーツ運動療法における血中アンモニア濃度測定の意義. *心臓リハビリテーション*, 1998;3(1):130-134
  - 22) 上代淑人監訳: ハーパー・生化学, 原著25版. 東京: 丸善株式会社, 2001;931-932.
  - 23) 上代淑人監訳: ハーパー・生化学, 原著25版. 東京: 丸善株式会社, 2001;343-350.
  - 24) Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL et al: Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol*, 2001;281:197-206.
  - 25) Levenhagen DK, Jennifer DJ, Michael GC, David JM, Myfanwy JB, Paul JF: Post exercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol*, 2001;280:982-993.
  - 26) Okamura K, Doi T, Hamada K et al: Effect of amino acid and glucose administration during postexercise recovery on protein kinetics in dogs. *Am J Physiol*, 1997;272(6):1023-1030.
  - 27) Fernstrom JD: Branched-chain amino acids and brain function. *J Nutr*, 2005;135:1539-1546.
  - 28) Blomstrand E, Perrett D, Parry-Billings M, Newsholme EA: Effect of sustained exercise on plasma amino acid concentrations and on 5-hydroxytryptamine metabolism in six different brain regions in the rat. *Acta Physiol Scand*, 1989;136:473-481.
  - 29) Yamamoto T, Newsholme EA: Diminished central fatigue by inhibition of the L-system transporter for the uptake of tryptophan. *Brain Res Bull*, 2000;52:35-38.
  - 30) Huffman DM, Altena TS, Mawhinney TP, Thomas TR: Effect of n-3 fatty acids on free tryptophan and exercise fatigue. *Eur J Appl Physiol*, 2004;92:584-591.
  - 31) Castell LM, Yamamoto T, Phoenix J, Newsholme EA: The role of tryptophan in fatigue in different conditions of stress. *Adv Exp Med Biol*, 1999;467:697-704.
  - 32) Inoue K, Yamazaki H, Manabe Y, Fukuda C, Hanai K, Fushiki T: Transforming growth factor-beta activated during exercise in brain depresses spontaneous motor activity of animals. Relevance to central fatigue. *Brain Res*, 1999;846:145-153.
  - 33) Meeusen R, Piacentini MF: Exercise, fatigue, neurotransmission and the influence of the neuroendocrine axis. *Adv Exp Med Biol*, 2003;527:521-525.
  - 34) Fernstrom JD, Fernstrom MH: Exercise, serum free tryptophan, and central fatigue. *J Nutr*, 2006;136(2):553-559.
  - 35) Smriga M, Kameishi M, Torii K: Exercise-dependent preference for a mixture of branched-chain amino acids and homeostatic control of brain serotonin in exercising rats. *J Nutr*, 2006;136(2):548-552.
  - 36) Newsholme EA, Blomstrand E: Branched-chain amino acids and central fatigue. *J Nutr*, 2006;136(1):274-276.
  - 37) Blomstrand E: A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *J Nutr*, 2006;136(2):544-547.
  - 38) Demura S, Nagasawa Y, Kitabayashi T, Matsuzawa J: Effect of amino acid mixture intake on physiological responses and rating of perceived exertion during cycling exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 2003;96:883-895.
  - 39) Bhadauria M, Nirala SK, Shukla S: Propolis protects CYP 2E1 enzymatic activity and oxidative stress induced by carbon tetrachloride. *Mol Cell Biochem*, 2007;302(1-2):215-224.

- 40) 座間味義人, 高取真吾, 小山敏広他: フルクトース負荷インスリン抵抗モデル (ラット) におけるPropolisによるインスリン抵抗性改善作用. *Yakugaku Zassi*, 2007;127(12):2065-2073.
- 41) Sforcin JM: Propolis and the immune system: a review. *J Ethnopharmacol*, 2007;113(1):1-14.
- 42) 野村政孝, 圓尾奈緒美, 座間味義人, 高取真吾, 土井志真, 川崎博己: Royal Jelly長期投与によるOtsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF)ラットのインスリン抵抗性改善作用. *Yakugaku Zassi*, 2007;127(11):1877-1882.
- 43) Guo H, Saiga A, Sato M, Miyazawa I et al: Royal jelly supplementation improves lipoprotein metabolism in humans. *J Nutr Sci Vitaminol*, 2007;53(4):345-348.
- 44) Kamakura M, Mitani N, Fukuda T, Fukushima M: Antifatigue effect of fresh royal jelly in mice. *J Nutr Sci Vitaminol*, 2001;47(6):394-401.

## Hornet imago ingredient honey permeating liquid drink has influences on blood property at the endurance exercise

Morie IWAMOTO,<sup>1,2</sup> Hiroyuki IWAMOTO,<sup>2</sup>  
Osamu KASHIMURA<sup>3</sup>

- 1 Department of Environmental Symbiotic Studies, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture
- 2 Senmaya Hikari Clinic
- 3 Laboratory of Health Science, Faculty of International Agriculture and Food Studies, Tokyo University of Agriculture,

We investigated the effects of *Vespa* drinking, which contained a hornet imago ingredient, on the changes of blood properties, circulation and physical fatigue after endurance exercise of 30 minutes. It was found that the intake of *Vespa* drinking inhibited the increases of blood concentration of lactic acid, ammonia and phenylalanine after exercises. However, it was showed that the intake of *Vespa* did not influenced on creatine kinase. The intake of *Vespa* drinking increased the pre-exercise Fischer's ratio. The exercises after the intake of *Vespa* drinking significantly raised carbohydrate metabolism (31.8%) and fat metabolism (15.1%) compared with the exercises after water intake. Moreover, it was observed that the intake of *Vespa* drinking increased the blood concentration of tryptophan and decreased that of phenylalanine. From the above-mentioned, the intake of *Vespa* drinking raised carbohydrate and fat metabolism after exercises and reduced injury and metabolic disorders of muscular cells, and the possibility that aromatic amino acid involved with central nervous system was suggested.

**Key words;** *Vespa*, human, endurance exercise, amino acid

別冊請求先： 岩本もりえ  
〒029-0803 岩手県一関市千厩町千厩字石堂 13-12 千厩ひかりクリニック  
TEL 0191-51-1156, FAX 0191-51-1160