

走行運動負荷における 冬虫夏草菌糸体エキス飲料の摂取効果

永田 晟*・田島多恵子*・盛安聖子*

Effectiveness on Ingestion with *Cordyceps Sinensis* Drinks During Running Exercise of Human

Akira NAGATA*, Taeko TAJIMA* and Satoko MORIYASU*

Summary

The Purpose of this study was to examine with effectiveness about cultured drinks of *Cordyceps sinensis* (Cs) during exhaustive running exercise of human. This drink is made from the mycelial extract of the cultured fruiting bodies *Cordyceps sinensis* as one of the most valued herbs in the traditional medicine. And it has been found to possess a potential and stimulant to relieve exhaustion and fatigue, and then to increase human endurance power. However, few scientific studies only have reported about effectiveness on ingestion with this drink quantitatively. Then, due to its complicated pharmacological components and mechanism of this function, there are few data on its effective dose. Healthy ten men were selected to ingest (240 ml daily) either Pure Cs drink (PUR) or Control drink of the placebo (CNT) to practice dual running exercise (I and II trials) on the treadmill, which were used with the ramp load method (1.0 km/hr/min). Their cardiovascular-respiratory responses of PUR groups were significantly more efficient than these of CNT ones, and blood concentrations of Catecholamine, Serum glucose, and SOD at PUR groups were changed toward lower level significantly during these exercise loads than those values at CNT ones. These results indicate that ingestion with *Cordyceps sinensis* drinks could have to improve the whole endurance of cardiovascular-respiratory function and would increase metabolic activation of ATP energetic production.

Key words: *Cordyceps sinensis*, running exercise, drinks, fatigue

I. 研究目的

冬虫夏草(学名:*Cordyceps sinensis* (Berkelly) Saccardo)は、分類上子囊菌亜門バツカク菌科に属し、冬期にオオコウモリガの一種である *Hepialus armoricanus* Ober. の幼虫に寄生し、養分を吸収して菌糸体になり、夏期に子実体を発生させる菌類の一種である。中国ではこれを採取し、蛾の体内から

発生した菌糸体と幼虫を一緒にして伝統薬として利用してきた。その産地は中国奥地の3,000m級以上の高山地帯に限られて、古くから貴重な薬物として使用され、さらに王侯貴族の間でも薬膳などに利用されてきた^①。この冬虫夏草がブームになった理由の一つに、1993年中国上海の馬コーチによる女子陸上競技選手が、冬虫夏草入りのドリンクを摂取して

* 富山県国際伝統医学センター (〒939-8224 富山県富山市友杉151)

長距離走の記録を更新し、全身持久力の向上を示したことによる。その後、蛾の幼虫を切り離してきのこ菌糸体のみの人工培養が可能となり、健康食品として利用され始めている。しかし、その有効性に関する運動生理学的な報告は見当たらない。

冬虫夏草菌糸体エキスのみの薬理生理作用として従来 *in vitro* での動物実験結果が多く報告されている⁹⁾。気管に対する作用として、一過性収縮と持続性収縮に対しては抑制的に作用し、気管の弛緩拡張作用が認められたと報告している⁹⁾。マウスの右心房に対する作用として、心ポンプ作用中の収縮力増強と収縮間隔の延長作用が見られ⁸⁾、マウスの大動脈に対しては、アセチルコリンの血管拡張物質として働き、血管の弛緩作用を示す⁹⁾。またモルモットの陰茎海綿体において一過性および持続性の硬直作用が認められている⁶⁾。さらにラット初代培養肝細胞に対しては、DNA 合成およびたんぱく合成の促進が認められた^{19,10)}。こうした動物実験結果からヒトに対する冬虫夏草菌糸体エキス摂取によって、心肺機能の向上・性機能の改善、肝機能強化のような効果を裏づけるものであり、抗疲労能の向上を示唆するものであった¹⁰⁾。

ヒトに対する試験として長距離陸上競技選手を被験者として、3ヶ月間毎日100mgの冬虫夏草エキスを飲用させ、飲用前後における運動機能と血液成分の変化について検討した報告がある⁴⁾。Hiyoshi et

al. は前後のデータを比較した結果、飲用後では血中グルコース値、ピルビン酸値、乳酸値およびインスリン値の運動負荷による増加量が、飲用前よりも低下してエネルギー代謝の改善効果が認められたと報告した。しかしヒトに対するプラセボを用いたクロスオーバー法による比較実験ではなかった。

冬虫夏草菌糸体エキスの化学構造の未確定とともに、その有効性と作用機序に関する運動生理学的考察と客観化が少ないことに疑問を感じて、本実験システムを組んだ。この実験では、冬虫夏草菌糸体エキス入りのドリンクとコントロール飲料としてプラセボ飲料のドリンクの2種類を用意して、二重盲検法とクロスオーバー飲用によって起こる運動負荷中の呼吸・循環機能変化および血液成分の変化について検討することとした。

II. 研究方法

A. 被験者

健康な男子10名を選び、実験の主旨を説明し、同意書にサインを得た。二重盲検法とクロスオーバー法のためにキー番号をつけた (Table 1)。実験期間中、通常の食事及び生活を維持することを承知してもらい、第1回目の実験と第2回目の実験の間隔を1ヶ月間置いた。それぞれの期間中は激しい身体活動や飲酒を禁止した。

Table 1 Characteristics of subjects at this experiment and exercise time

ID (Subject)	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Stress Load (I) Time (min)	Stress Load (II) Time (min)
1. FK	34	172	69.9	6'00	6'00
2. NT	20	169	67.8	5'30"	5'00
3. KT	19	173	80.3	5'00	4'00
4. XF	36	166	66.5	6'00	5'30"
5. SK	36	173	73.0	6'00	9'30"
6. MT	32	170	62.3	6'00	9'00
7. TK	27	168	59.6	6'00	6'00
8. NK	29	169	66.6	6'00	5'00
9. SE	40	172	54.2	6'00	6'00
10. KA	28	167	65.5	6'00	9'00
Average	30.5	169.9	66.57	5'39	5'57

B. 冬虫夏草エキスとプラセボ飲料の摂取

冬虫夏草エキス10.0 kg/t, 液糖153.0 kg/t, クエン酸2.5 kg/t, 香料1.0 kg/t, 水833.5 kg/t の5種類の原料配合によって冬虫夏草菌糸体エキス飲料(PUR)とプラセボ・コントロール飲料(CNT)を製造し, 安全性と毒性検査を得た後に冷蔵保管した。すべて3ヶ月間の安定期間をもたせた。同一被験者はコントローラーより1週間分の飲料2本×7日=14本を受け取り, 午前10時と午後3時に120ml(1本の量)2本ずつを飲取した。

C. 運動負荷プロトコール

室温22℃, 湿度55%の実験室において2試行のトレッドミル走行による運動負荷試験をおこなった。Fig. 1のように1.0km/minのランプ負荷法を用い, 90% HRmax (約85% $\dot{V}O_2\text{max}$) をエンドポイントとして, 全被験者平均21分間の運動負荷を実施した(Table 1)。 $\dot{V}O_2\text{max}$ とHRmaxは性, 年齢別の推定値(Vmax システム内)が計算されてモニター化された。

Fig. 1のように運動負荷プロトコールは2試行(第Iと第II試行)を実施し, その間に10分間の休憩を取り, 各被験者別のエンドポイントまで1回目の運動負荷が個人別(Table 1の時間を参照)に実施された。なお, 1ヶ月のウォッシュアウト後にクロスオーバーによる被験者の2回目の運動負荷時には, 1回目と同一の負荷時間と強度(運動量)を用いた。

D. 測定項目

安静(座位)15分後から運動負荷と回復に至る約57分間にわたって, 経時的に呼気ガス, 血圧, 心電図をVmax システムによってブレス・バイ・ブレスで測定した。採血は安静, 第I試行の運動負荷終了直後, 第II試行の運動負荷終了直後, そして回復20分後の計4回実施した。肘正中皮下静脈血管に三方活栓をカニューレして各回血液20mlを採取した。血液は冷蔵高速遠心法によって血漿成分を分離し, スピッツに保管した後に血液分析業者(SRL)に委託した。その項目はカテコールアミン3分画(アドレナリン, ノルアドレナリン, ドーパミン), グルコース, 乳酸, そしてSOD(スーパーオキシドジスムターゼ, 運動負荷前後の2回), NK(リンパ球)細胞活性(運動負荷前の安静中1回)であった。また, 尿中の8-(OH)dG(8-ハイドロキシデオキシグアノシン)も安静中1回のみ検査した。

E. 統計処理

経時的な呼吸・循環系の測定値は安静, 第I試行終了直前, 第II試行終了直前, 回復15分後4時点の一分間のデータについて平均値±標準偏差を算出し, 実験条件別, 各試行別に一元配置分散分析をおこない, PUR群とCNT群の値をFisherの最小有意差法を用いて比較し, 5%水準未満を有意とした。血液成分や尿中成分の両群別の平均値については繰り返しのある2群間の有意差t検定をおこなった。

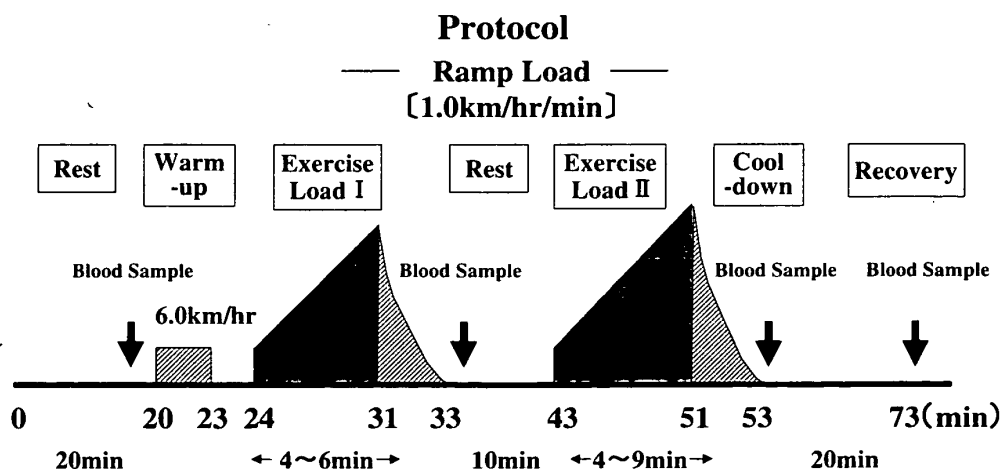


Fig. 1 Experimental protocol of exhaustive running exercise with dual ramp load methods

Ⅲ. 結果

A. 呼吸・循環系の検査項目

呼吸循環系の心拍数 (HR), 体重当たりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/kg$), 炭酸ガス排出量 ($\dot{V}CO_2$), 換気量 ($\dot{V}E$), 換気当量 ($\dot{V}O_2/VE$), 血圧 (収縮期圧 SBP と拡張期圧 DBP) の 6 項目について, 安静, 第 I 運動試行終了時, 第 II 運動試行終了時, 回復 15 分後の 4 時点において, 10 人の被験者の平均値と標準偏差を Table 2 にまとめた. 冬虫夏草エキスを飲料の摂取群 (PUR 群) とプラセボ飲料摂取のコントロール群 (CNT 群) とを比較した. 第 I 試行終了時の PUR 群の心拍数は平均 163 拍を, CNT 群は 170 拍を示した. PUR 群の $\dot{V}O_2/kg$ は 34.5ml を, CNT 群は 37.6ml を示し, それぞれ両群間に差がみられ, PUR 群は CNT 群より有意に減少した ($p < 0.05$). 第 II 試行終了時には PUR 群の心拍数は 177 拍まで, CNT 群は 180 拍まで上昇した ($p > 0.05$). 第 2 試行後 PUR 群の $\dot{V}O_2/kg$ は 36.8ml に対して CNT 群は 40.1ml を示し, CNT 群が有意に増加した ($p < 0.05$).

血圧の変化を見ると SBP (収縮期血圧) は PUR 群と CNT 群間において有意な差はみられなかったが,

DBP (拡張期血圧) は第 I 運動試行後において有意な差を示した ($p < 0.05$).

炭酸ガス排出量 ($\dot{V}CO_2$) はいずれの時点においても PUR 群と CNT 群間において, 有意な差はみられなかった. しかし, PUR 群の換気量 ($\dot{V}E$) は第 I 試行時と第 II 試行時において, 67.6L と 74.5L を示し, 他方 CNT 群は 72.7L と 78.6L を示した. 両群間の安静値から第 II 運動試行後の $\dot{V}E$ 増加率を比較すると PUR 群が 654%, CNT 群が 683% を示した ($p > 0.05$).

B. 血液成分

血液成分の項目について Fig. 2 に示した. PUR 群の平均乳酸蓄積量 (LA) は運動負荷 (第 I 試行) 後に 4.4mmol を示し, CNT 群は 5.5mmol を示し, 両群間には有意な差を示した ($p < 0.05$). しかし安静中, 第 II 試行後, 回復期には有意な差がみられなかった ($p > 0.05$). カテコールアミン 3 分画の血中分泌濃度は, 第 I 運動試行後においての, PUR 群は平均 1282pg/ml を, CNT 群は平均 1567pg/ml を示し, 第 II 試行後には平均 1262pg/ml と平均 1540pg/ml を

Table 2 Cardio-respiratory responses (average and SD) of PUR and CNT groups at four sampling periods during rest, exercise load of I and II trials and recovery times

		Pure (PUR): Cordyceps n = 10 × 2 Control (CNT): Placebo *p < 0.05			
		rest	stress load I	at rest, stress load II	recovery
Heart rate (BPM)	Pure	73.7 ± 6.29	163.1 ± 14.61	176.5 ± 8.64	95.7 ± 9.53
	Control	75.1 ± 8.97	169.7 ± 17.06	179.6 ± 10.07	99.7 ± 15.96
$\dot{V}O_2/kg$ (ml)	Pure	4.6 ± 0.85	34.5 ± 3.30	36.8 ± 4.36	5.0 ± 1.66
	Control	4.9 ± 0.44	37.6 ± 4.11	40.1 ± 4.18	4.9 ± 0.63
$\dot{V}CO_2$ (L)	Pure	0.3 ± 0.06	2.6 ± 0.37	2.7 ± 0.32	0.3 ± 0.12
	Control	0.3 ± 0.05	2.8 ± 0.55	2.8 ± 0.35	0.3 ± 0.05
$\dot{V}E$ (L)	Pure	11.4 ± 2.09	67.6 ± 9.44	74.5 ± 10.06	14.1 ± 4.74
	Control	11.5 ± 2.16	72.7 ± 13.89	78.6 ± 11.91	13.4 ± 2.73
$\dot{V}O_2/\dot{V}E$ (ml)	Pure	2.7 ± 0.35	3.4 ± 0.34	3.3 ± 0.37	2.4 ± 0.35
	Control	2.8 ± 0.28	3.4 ± 0.40	3.4 ± 0.44	2.4 ± 0.28
Blood Pressure	Pure	132.7 ± 12.17	237.8 ± 40.80	217.0 ± 47.30	131.3 ± 20.07
	Control	130.7 ± 9.73	238.8 ± 37.51	223.2 ± 39.17	126.4 ± 18.06
SBP (mmHg)	Pure	80.6 ± 13.57	63.6 ± 11.36	71.1 ± 12.77	80.6 ± 9.08
	Control	74.9 ± 14.07	70.8 ± 15.31	72.9 ± 25.50	82.4 ± 8.46
DBP (mmHg)	Pure				
	Control				

示し、回復期には平均853pg/mlと平均732pg/mlを示した。PUR群とCNT群の安静値から第Ⅱ運動試行後の値への上昇率は237%と291%を示した。両群間の上昇率の差はPUR群の方が有意に低い上昇率を示した ($p < 0.05$)。

平均グルコース (G) 濃度は第Ⅰ運動試行後と第Ⅱ運動試行後においてPUR群は102mg/dlと125mg/dlを示し、CNT群は98mg/dlと110mg/dlを示して、PUR群は高い値を示したが両群間の差はみられなかった ($p > 0.05$)。そしてSODの平均濃度は運動負荷前後において、PUR群が3.6U/mlと4.4U/mlを、CNT群は3.4U/mlと4.8U/mlを示した。前後の増加率はPUR群では122%増加し、CNT群では141%の上昇を示し、PUR群のSODは運動負荷後にCNT群よりも19%低かった。両群間においてPUR群の増加率は有意に低かった ($p < 0.05$)。

NK細胞活性濃度は、一週間の冬虫夏草エキス飲料を摂取し続けたPUR群は、50.5%が53.8%に増加したが、CNT群も同様であった ($p > 0.05$)。尿中8-(OH)dGはPUR群の場合6.51ng/mlが6.79ng/mlに10.2%上昇したが、CNT群の場合は10.9%増加したに過ぎず、両群間に有意な差はみられなかった ($p > 0.05$)。

Ⅳ. 考察

冬虫夏草の化学構造の一部はフユムシナツクサタケ (*Cordyceps sinnensis*) とチュソウヘンブクガ (*Hepialus armoricanus Oberthur*) などの複合体の分体 (310nm) として報告されていた²⁾。しかし、この構造は蛾の成分のみが分析されたものである。本試験で使用された冬虫夏草菌糸体エキスの有効成分の同定および構造の決定は、in vitroの適当な活性測定系が見出せないため、同定されていない。そのために冬虫夏草菌糸体エキスの効果は、その生理作用を確認し、生化学的なパラメーターを測定し、作用機作を推定せざるを得ない現状である。

冬虫夏草の人に投与された報告は1993年の馬軍団の長距離競技記録達成のニュースや、1998年にHiyoshi⁴⁾の陸上競技選手のパフォーマンス向上に関する数編に過ぎない。従来の動物に投与したデータと同様に、人を対象とした本実験においても、心拍数、体重当たりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/kg$)、換気量 ($\dot{V}E$) そして血圧 (SBPとDBP) などの呼吸・循環機能系の測定において統計上有意差が認められ、冬虫夏草菌糸体エキス飲料の有効性が認められた。これは人の全身持久性能力の改善を示唆するものと考えられる。さらに運動負荷後の乳酸の蓄積量に差が見られ、運動中のパフォーマンスの向上と抗疲労性

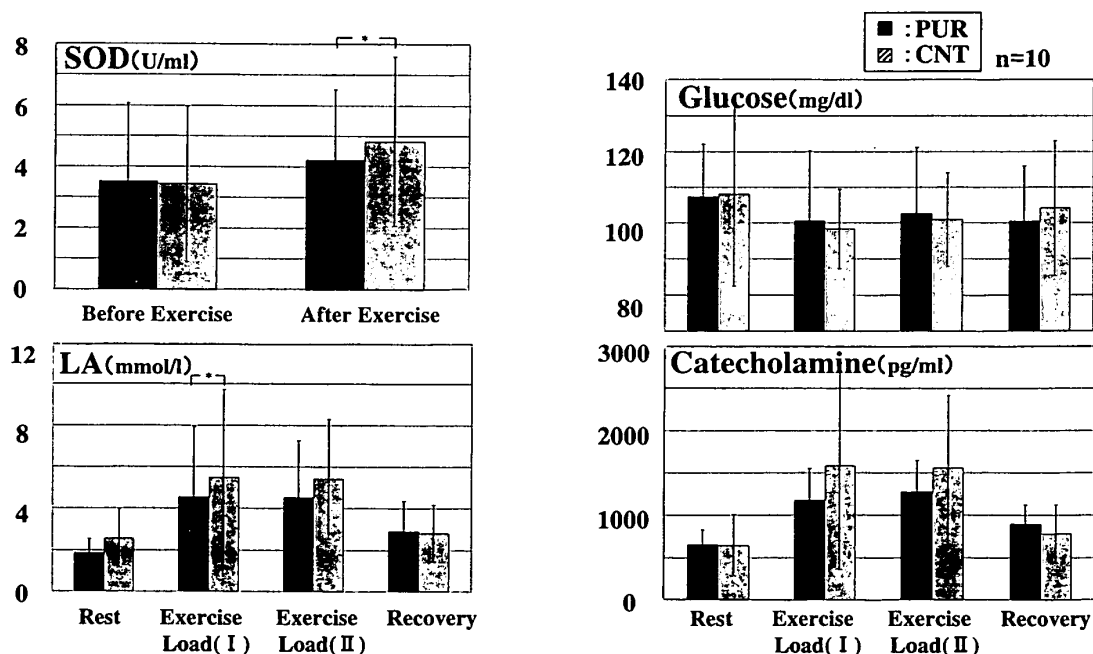


Fig. 2 Concentration of blood content of Superoxide Dismutase (SOD), Lactic Acid (LA), glucose (G), and Catecholamine (Adrenaline, Norepinephrine and Dopamine) during exercise

を直接示唆するもので、エネルギー産生の代謝過程に影響したと考えられる。Hiyoshi らの先行研究ではピルビン酸やグルコース濃度の低下を示し、エネルギー代謝の促進と ATP 産生の増大を報告している。これらのデータと本実験の結果はほぼ等しい内容であるが、運動負荷中の乳酸蓄積量の増加率が抑制され、運動後のピルビン酸の増加抑制はエネルギー産生の代謝過程の活性化が推察される。

循環機能系の指標として心拍数と最大血圧の掛け算・ダブルプロダクトが提案されている。この指標は全身の循環機能を示すといわれるので、本実験の場合の循環係数は冬虫夏草エキス飲料摂取によって、第 I 運動試行直後に PUR 群のダブルプロダクト (388×10^2) が CNT 群の 406×10^2 よりも有意に低下した。この差は明らかに末梢循環抵抗の低下を示すものと考えられる。また、運動負荷中に拡張期血圧 (DBP) や換気当量 ($\dot{V}O_2/VE$) の上昇は PUR 群の場合に抑制され、CNT 群の値よりも有意に低下した。先行研究において冬虫夏草エキスをマウスに投与し、水泳負荷を課した実験¹⁶⁾では、心筋のポンプ作用、すなわち変力作用が高まり、変時作用は低減すると報告している。本実験も同様に冬虫夏草エキス飲料の摂取によって PUR 群の末梢循環抵抗が低下することによって、結果的に心拍出量の増加をきたし、心拍数を有意に減少させたものと考えられる。換言すると、血管の拡張効果がみられ、呼吸・循環効率は上昇したようである。特に、冬虫夏草エキスによる血管系の弛緩作用は顕著な作用と思われる。その結果、運動負荷に対応する疲労耐性づくりと全身持久力の向上に役立つことが考えられる。

他方、本実験の運動負荷中に収縮期血圧 (SBP) よりも DBP の方が有意な低下を示したことは、血管系の抵抗力低下よりも心臓ポンプ作用の増加の方に、より大きく影響したとも考えられる。いずれも冬虫夏草エキスの摂取は人の循環機能の向上に有効であったようである。Fig. 2 に示したように PUR 群で運動負荷後に、CNT 群に比べて乳酸値が有意に増加抑制され、運動中のパフォーマンスの向上と抗疲労性を直接示唆するもので、エネルギー産生の代謝過程に影響したと考えられる。Hiyoshi らの報告ではピルビン酸、乳酸およびグルコース濃度の低下を示し、酸化的リン酸化過程を促進し ATP 産生の増大を報告している。これらのデータと本実験はほぼ等しい内容であるが、運動負荷中の乳酸蓄積量の増

加が抑制され、ピルビン酸が減少していることから酸化的リン酸化過程の活性化が推測される。しかし Hiyoshi らの報告は⁴⁾冬虫夏草菌糸体エキスの長期間 (ほぼ 3 ヶ月) 摂取した結果であり、本実験の 1 週間摂取とは実験条件に差がみられる。今後 ATP 産生とピルビン酸や乳酸濃度の増加率との相関を検討する必要があるだろう。

本実験の運動負荷強度は約 90% HRmax (85% $\dot{V}O_{2max}$) を示し、酸素消費量の極大とエネルギー源 (ATP) 産生の限界がみられた。そのために活性酸素の発生が高まることが予想される^{5,7)}。活性酸素の発生はミトコンドリア電子伝達系、ミクロソーム P-450 電子伝達系など、運動負荷中に酸素消費量が増加し、ラジカル物質が産生された結果といわれる^{5,7)}。しかし、体内に産生された活性酸素の測定法が *in vitro* 状態で確立していない現状においては、ラジカル物質を消去する SOD、グルタチオンペルオキシターゼ (GSHPx)、カタラーゼ (CAT) などの抗酸化酵素活性の定量化によって二次的に推定せざるを得ない⁵⁾。ATP 産生時において、ミトコンドリア電子伝達系の SOD などの抗酸化酵素活性は運動負荷強度とともに上昇すると考えられている⁷⁾。本実験の運動負荷法として、第 I と第 II 運動試行のダブル・ランプ負荷法を応用したために、抗酸化酵素の活性化は高まったと考えられるので、確実に活性酸素の産生が増加したようである。本実験の SOD の増減量によって活性酸素の増減が推定できると考えられる。

本実験では、PUR 群は CNT 群に比して、運動負荷時に $\dot{V}O_2/kg$ が有意に減少しているにも拘わらず、 $\dot{V}CO_2$ には差が認められなかった。この結果はミトコンドリア電子伝達系において酸素が非常に効率的に利用され、活性酸素として漏出するのを防止したためと考えられる。その結果、Fig. 2 にみられるように運動負荷後の SOD の上昇が CNT 群に比して有意に抑制されたものだろう。この代謝機構の活性化は Mn-SOD (ミトコンドリア系) の血中濃度の低下 (Fig. 2) と呼吸・循環系の低い測定値 (Table 2) によってさらに裏づけられる。このように CNT 群と比べて PUR 群の SOD 上昇率が低減したことは、同一負荷強度と量の実験において、ATP 産生の促進にもかかわらず活性酸素産生が少なく、活性酸素消去酵素の活性化が低いことを示したようである³⁾。換言すると、運動筋中ミトコンドリアにおいて ATP が

産生される際に発生する活性酸素量が低くなり、主に糖質代謝の活性化と TCA 回路内の化学反応のスムーズ化が推測された。本実験では SOD の低下現象や循環系機能の促進によって、冬虫夏草エキスの作用機序を探究したにすぎない。

ストレス・ホルモン様物質といわれる副腎髄質のカテコールアミン 3 分画の運動負荷による分泌濃度は、PUR 群の増加を抑制した (Fig. 2)。これは、冬虫夏草エキス飲料摂取が本実験中の運動負荷量と強度に対する適切な処方になり、運動負荷への軽減効果を示したと考えられる。さらにカテコールアミン 3 分画の濃度が 2 回目の運動負荷後においても減少しないことは、負荷後の回復作用を高めるために上昇したと推察された。さらに PUR 群では、CNT 群よりも運動負荷中の血糖値が高く保たれているのは、筋肉内に貯蔵されたグルコースの酸化的リン酸化過程の効率が上昇し、完全に燃焼する割合が CNT 群に比して高いことを示唆し、血液から筋肉へのグルコースの供給量を減少させるために血糖値が高く維持されたと考えられる。また、運動負荷後の血液中の乳酸値の増加抑制もこの機序を説明している。

回復期の血糖値の上昇は、直前の運動により消耗した筋肉内のグルコースを肝臓内に貯蔵されていた糖質で補充するために起こった現象であろう。PUR 群で CNT 群に比して回復期に血糖値が低いのは、運動時にグルコースの酸化的リン酸化の効率が良く、乳酸産生による ATP 産生に依存する割合が低下したことを示唆している。結果的に筋肉でのグルコース消費が少なくてすむため、回復期の血糖値は CNT 群ほど上昇する必要がないと考えられる。

乳酸の蓄積量は、PUR 群と CNT 群の両グループ間において、1 回目の運動試行後に有意な差がみられた。これは従来の酸化ヘモグロビン増加や酸素供給能力と酸素運搬能力の促進作用の報告^{9,10)}と一致するデータであった。そして HR, VE, $\dot{V}O_2/\text{kg}$, BP などの呼吸・循環系の測定値に有意な低下現象があらわれたことを考え、1 週間の冬虫夏草エキス飲料の摂取は、脈管系の拡張と酸素利用効率の向上、そしてエネルギー代謝過程の活性化を示したと考えられる。

感染菌などへの免疫体の一つといわれる NK 細胞活性 (血漿)、そして DNA (核酸) の酸化的損傷のマーカーともいわれる 8-(OH)dG について²⁾運動負

荷前の安静時に検査し、1 週間にわたる冬虫夏草エキス飲料摂取による活性変化を比較した。摂取前後の変化は、すべて基準範囲内の値を示し、PUR 群と CNT 群ともに有意な変化ではなかった。これらのデータからみて 1 日 240ml $\times$ 7 日の冬虫夏草エキス摂取量によって、体内の免疫体や DNA 損傷レベルは変化しないと思われる。この無変化は冬虫夏草エキスの短期間摂取によるとと思われるので、今後長期間摂取による免疫効果を調査する必要があるだろう。

V. 結論

冬虫夏草菌糸体エキス飲料 240ml を 1 週間摂取することによって走行運動負荷中の呼吸・循環系の機能を測定し、この飲料の有効性を評価した。この測定は二重盲検法によるクロスオーバー法を採用し、10 人の健常な男性に適用した。その結果、以下のことがまとめられた。

- 1) 冬虫夏草エキス摂取によって、運動負荷中の血液中の血糖値が高く維持されること、および運動負荷後の血液中の乳酸値の低下と血糖値の上昇抑制がみられたことから、筋肉内での酸化的リン酸化過程が促進され、運動能力の向上と抗疲労効果が示唆された。
- 2) 冬虫夏草エキス摂取によって、運動中の体重当たりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/\text{kg}$) の減少にも拘わらず、炭酸ガス排出量 ($\dot{V}CO_2$) が減少していないこと、および運動負荷後の SOD とカテコールアミン 3 分画の減少がみられたことなどから考えて、筋肉内で酸化的リン酸化過程が促進されているにも拘わらず、ミトコンドリア電子伝達系において酸素が非常に効率良く利用されて、活性酸素として漏出することを防止する可能性が示唆された。
- 3) 冬虫夏草菌糸体エキス摂取によって、運動負荷中の心拍数の低下および拡張期血圧の低下が認められ、循環係数のダブルプロダクトが有意に低下しており、循環機能の向上が示唆された。
- 4) 一週間の冬虫夏草エキス飲料の摂取は、運動能力と抗疲労能の向上に作用したが、NK 細胞の活性化や 8-(OH)dG の濃度は変化しなかった。今後冬虫夏草菌糸体エキス飲料の長期間摂取による有効性について、さらに調査研究する必要があるだろう。

参考文献

- 1) Azuma Y, Manabe N, Kanamori M and Miyamoto H (1994) Phosphorus-31 nuclear magnetic response study of energy metabolism in intact slow- and fast-twitch muscles of rats. *J Agri Sci* 72: 103-108
- 2) Asami S, Hirano T, Yamaguchi R, Tsurudome Y, Itoh H and Kasai H (1998) Effects of forced and spontaneous exercise on 8-hydroxy-deoxyguanosine levels in rat organs. *Biochem Biophys Res Commun*, 243: 678-682
- 3) Chatterjee K, Srinivasan K S, Maiti P C (1957) *Cordyceps sinensis* (Berkeley) Saccardo: Structure of Cordycepic acid. *J Am Pharmaceut Assoc* 66: 114-118
- 4) Hiyoshi T, Akasu F, Yoshitsugu M, Fujiwara M, Ishii T, Taketomo N, Tsuboi H, Uchida M and Tsunoo H (1998) Supplemental effects of *Cordyceps sinensis* extract on long distance runners. *Proceedings Int M Sports Sci Commemorating the 1998 Winter Olympics in Nagano*: 205-210
- 5) 井上正康編 (1999) 活性酸素と運動 — しなやかな健康と長寿を求めて. 共立出版, 138-142, 東京
- 6) Manabe N, Sugimoto M, Azuma Y, Takemoto N, Yamashita A, Tsuboi H, Tsunoo A, Kinjo N, Nian-Lai H and Miyamoto H (1996) Effects of the mycelial extract of cultured *Cordyceps sinensis* on in vivo hepatic energy metabolism in the mouse. *J J Pharmacol* 70: 85-88
- 7) 大野秀樹, 谷口直之 (1996) 活性酸素と運動, スーパーオキシジスムターゼ. *最新医学*, 51: 326-331
- 8) 竹友直生 (1997) 冬虫夏草栽培菌糸体エキスの血糖降下作用について. *糖尿病*, 40 (Supplement 1): 433
- 9) Tsunoo A, Taketomo N, Kamijo M, Yamashita A, Kinjo N and Huang N (1995) Pharmacological effects of the mycelial extract on cultured *Cordyceps sinensis* on airways and aortae of the rat. In *Science and cultivation of edible fungi, Mushroom Science XIV*, Elliott T J (ed.): 425-431, Balkema, Rotterdam
- 10) Yamaguchi Y, Kagota S, Nakamura K, Shinozuka K and Kunitomo M (2000) Antioxidant activity of the extracts from fruiting bodies of cultured *Cordyceps sinensis*. *Phytochem Res* 14: 647-64
(平成13年7月13日受付, 平成13年10月15日訂正, 平成13年11月19日受理)