

운동수행 능력 및 체력 증진을 위한 효율적 영양관리에 관한 연구
-식이급식조건에 대하여-

오승호[†] · 김유섭* · 강정채**

[†]전남대학교 가정대학 식품영양학과

*전남대학교 사범대학 체육교육과

**전남대학교 의과대학 내과학교실

**A Study on Nutritional Management for Improvement of
Exercise Capacity and Physical Fitness
-For Dietary Feeding Condition-**

Seung-Ho Oh[†], Yoo-Sup Kim* and Jung-Chaee Kang**

[†]Dept. of Food and Nutrition, College of Home Economics, Chonnam National University, Kwang-ju 500-757, Korea

*Dept. of Physical Education, College of Education, Chonnam National University, Kwang-ju 500-757, Korea

**Dept. of Internal Medicine, College of Medicine, Chonnam National University, Kwang-ju 500-757, Korea

Abstract

This study was directed to further clarify the effect of resting time or dietary condition for the improvement of exercise capacity and physical fitness, and the changes of some body constituents and physiological functions which are related to the exercise metabolism. Sixteen male students(8 athletes and 8 nonathletes) were participated during 3 weeks(Aug. 20 - Sep. 9, 1989). Each subject performed two treadmill running trials at an absolute intensity(1 minute in 3.4mph/15% slope and 2 minutes in 5.5mph/20% slope). In the resting time trials, general diet was fed before 1, 2, 4 and 12 hours of the treadmill exercise loaded. In the dietary condition trials, high carbohydrate(HC), high fat(HF) and high protein(HP) diet were fed before 2 hours of the treadmill exercise loaded. Control trial was that of resting time before treadmill exercise loaded after 12 hours of general diet feeding. Measurements were made to study the change of blood glucose, palmitate, lactate, blood pressure and heart rate. The results obtained are summarized as follows : Mean daily metabolizable energy intakes of athlete was much higher than those of nonathlete during experimental period. In resting time trial, the blood glucose concentration of athlete and nonathlete from 2 hours group was similar to control group. The blood palmitate concentration of athlete was increased in 1 and 2 hours group but those of nonathlete was not only increased in 1 and 2 hours group but was more increased in 12 hours group, compared with both control group. The blood lactate concentration was increased in all experimental group, compared with both control group and those of nonathlete was much higher than athlete. The elevation rate of blood pressure in pre-

[†]To whom all correspondence should be addressed

and after-exercise of athlete was lower than those of nonathlete. In dietary composition trial, the blood glucose concentration of athlete and nonathlete in HC group was higher than other diet groups. The blood lactate concentration of athlete and nonathlete in HC group was lower than other diet groups. There was no remarkable change of the blood palmitate concentration and heart rate in each dietary composition trial. The elevation rate of blood pressure of athlete was no remarkable change in each dietary composition trial, but those of nonathlete was low in HC and high in HP group. In above results, it was suggested that the effective condition of resting time and dietary composition for the improvement of exercise capacity of nonathlete may be 2 hours and HC diet, respectively. But it was showed that the exercise capacity of athlete may not be affected by experimental condition of resting time, except 1 hour after feeding or of dietary composition because of well adaptation in new exercise condition.

Key words : energy intake, exercise metabolism, exercise loaded, dietary feeding condition

서 론

운동 수행 능력에 관련된 각종 영양소의 효과와, 체력을 향상시키기 위한 식이적 조건에 관한 연구는 우리나라 스포츠 발전뿐 아니라 국민의 건강 증진이란 측면에서 매우 중요한 과제라 할 수 있다.

그 중 운동전 에너지원 공급 조건에 따른 체내 물질대사 변동에 관한 연구들에 점차 관심이 높아지고 있다. 이는 체내 에너지원의 효율적 이용으로 체력 증진뿐 아니라 운동 수행 능력을 향상 시킬 수 있다는 생각 때문이다.

운동전, 혹은 운동중에 에너지원 공급과 운동 수행 능력에 관한 선행 연구 중 권등¹⁾에 의하면 운동전 예고당질식이의 급식은 지속적인 운동 후에도 저당질식이 급식에 비하여 혈당량이 높게 유지되며, 비록 혈중 젖산 농도가 높아지고 정맥혈의 산도가 감소해도 운동 수행 능력을 크게 향상시킨다고 보고하므로써 운동전 급식식이 성분에 따라 운동 수행 능력이 달라짐을 주장한 바 있다.

한편 지속적인 운동을 할 때 당질을 공급하면 혈당치가 높게 유지되고²⁾ 근육내 glycogen을 절약하는 효과가 있으며 피로도가 낮아져 운동 수행 능력을 향상시킨다는 보고³⁾ 등이 있는 반면 운동중 당질을 섭취하면 혈당량이 오히려 감소하고 유리지방산 생성이 억제되므로⁴⁾ 운동수행 능력을 저하시키는 요인이 된다고 하였다. 이에 대하여 민등⁵⁾도 운동 1시간 및 30분전에 포도당의 경구 투여시 일시적으로 혈당 농도가 증가 되기는 하나 insulin의 과다 분비현상으로 혈당 농도가 급격히 감소되고 유리지방산 동원이 억

제되므로 강도높은 지구성 운동이 아닌 한 운동전 포도당 투여가 운동수행 능력을 제한 시킬수도 있다고 보고하므로써 운동수행 능력에 대한 운동전 에너지원 급식에 대하여 상반된 주장을 하고 있다.

이상의 제 보고들을 참고로 하고 운동의 강도에 따라 체내 저장 에너지원의 이용 양상이 달라지며⁶⁾ 운동 직전의 절식이 운동시 지구력을 증진시킨다는 보고⁷⁾ 및 운동전 급식시키는 식이의 종류와 양적으로 운동수행 능력을 향상시킬수 있다는 주장⁸⁾들을 감안하여 불배 운동 부하 전 에너지원의 급식 시기나 에너지원의 급식 성분을 달리 하는 등 식이의 급식 조건별 운동 수행 능력에 관계되는 물질대사에 대한 더 많은 연구의 필요성이 요망된다 하겠다.

이에 본 연구에서는 운동선수와 비운동선수를 대상으로 운동전 시간을 달리 하여 급식 시키거나, 혹은 식이조성을 달리하여 급식시킨 다음 일정 강도의 운동 부하가 혈액중 포도당 유리지방산 및 젖산 함량변동과 심전도, 혈압 및 맥박등 심장반응에 미치는 영향을 관찰하므로써 운동 수행 능력 향상을 위한 식이 급식 조건의 일단을 규명하고자 하였다.

연구방법

실험대상

본 실험의 대상자는 19~25세의 건강한 남자 대학생중 4~6년의 선수경력을 가진 농구선수 8명(이하 선수군이라 약함)과 운동선수가 아닌 8명(이하 비선수군이라 약함)등, 총 16명의 지원자로 하였다. 이들은 흉부의 X-선검사, 혈액검사 및 내과 전문의사의

진찰등에 의하여 특기할만한 이상이 없었다. 각 대상자별 신장, 체중 및 피부두께(triceps, biceps, subscapular 및 abdomen측정치의 합)를 측정하였고 이들 피부두께의 합(Σ)으로부터 무지방조직량(Lean body mass : LBM)을 환산¹⁰⁾하였다(Table 1). 즉 $D = 1.1631 - 0.0632 \times (\log \Sigma)$ 의 식에 의하여 체밀도(D)를 구하고 $FM(kg) = \text{body weight}(kg) \times 4.95/D - 4.5$ 에 의하여 지방조직량(FM)을 구하였으며 $LBM(kg) = \text{body weight}(kg) - FM(kg)$ 의 식에 의하여었다. 또한 각 대상자별 hemoglobin(Hb), hematocrit(Ht), serum glutamic oxaloacetic transaminase(sGOT), serum glutamic pyruvic transaminase(sGPT) 및 alkaline phosphatase(Alk. Pase) 등 혈액학적 검사를 실시하였다(Table 2).

실험조건

본 실험은 1989년 8월 20일~9월 9일에 걸쳐 실시되었으며 두가지 실험조건을 설정하였다. 첫번째는 각 대상자별 일반식이(general diet) 급식후 시간별 운동부하군(이하 시간조건군 이라 약함)과 두번째는

식이 성분별로 급식후 운동부하군(이하 식이조건군 이라 약함)으로 하였다. 즉, 시간조건군은 일반식이 급식후 1, 2, 4 및 12시간 후 일정한 강도의 운동을 부하시킨 것과 일반식이 급식 12시간 이후 완전기아 상태에서 운동을 부하시키지 않은 대조군(control)으로 구성된 것이며 식이조건군은 평상시 일반식이를 급식하다가 고당질식이(high carbohydrate diet : HC) 고지방질식이(high fat diet : HF) 및 고단백질식이(high protein diet : HP)를 급식시킨 2시간후에 일정한 강도의 운동을 부하시킨 것으로 구성된 것이다.

본 실험에 사용한 각 식이조성은 Table 3과 같다. 운동부하는 트레드밀(Marguette electronic Inc. U. S. A.)을 사용하여 Bruce¹¹⁾ 법의 변형, 즉, 속도 3.4mph로 경사 15%에 1분간 운동을 부하한 후 속도 5.5mph에 경사 20%로 2분간 운동을 부하시켰다. 이때의 실온은 23~25 C 범위이었다.

운동부하 전후의 실험과정과 각 과정별 실험내용은 Fig. 1과 같다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects¹⁾

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Skinfold ²⁾	
				thickness (cm)	LBM ³⁾ (kg)
Athlete (n=8)	20.0±2	181±2	71.1±2.3	34.0±2.8	67.8±2.2
Nonathlete (n=8)	22.0±0.7	173±1	66.5±0.5	35.8±1.9	63.7±0.9

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ The sum of triceps, biceps, abdomen and subscapular skinfolds

³⁾ Lean body mass

Table 2. Summary of hematological and blood clinical results¹⁾

Subject	Hb g/dl	Ht %	GOT units	GPT units	Alk.pase units
Athlete (n=8)	15.6±0.2	48.3±1.0	14.9±0.3	12.1±0.4	10.5±1.2
Nonathlete (n=8)	16.1±0.3	49.2±0.7	14.7±1.0	11.4±1.1	8.0±0.7

¹⁾ Mean ± SE

Hb : hemoglobin, Ht : hematocrit, GOT : glutamic oxaloacetic transaminase(Reitman-Frankel units), GPT : glutamic pyruvic transaminase(Reitman-Frankel units) and alk. Pase : alkaline phosphatase(King-Armstrong units)

Table 3. Composition of experimental diet (%)

Diet	Carbohydrate	Protein	Fat
General	74	12	14
High carbohydrate	85	12	3
High fat	48	12	40
High protein	55	30	15

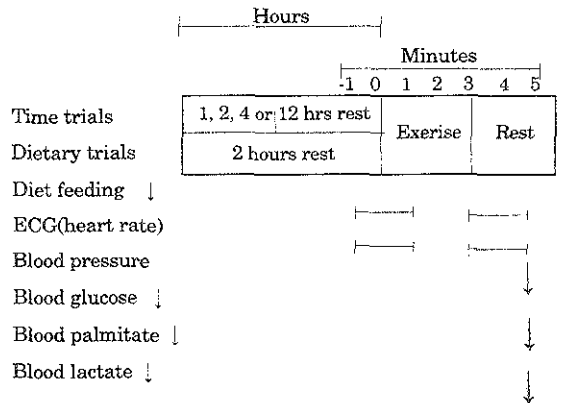


Fig. 1. Design of protocol used to study effects of dietary feeding condition with an indication (↓ or -) when various measurements were made.

시료 채취 및 처리

각 대상자들의 대사에너지량(metabolizable energy: ME) 측정을 위한 식이 대변 및 소변의 채취는 실험기간중 마지막 3일에 걸쳐 1일단위로 모두 수집하여 총량을 측정된 후 그 일부를 분석용 시료로 사용하였다.

각 실험의 조건별 채혈은 운동을 부하하고 정확히 2분후에 손가락 끝(finger tip)에서 heparin을 처리한 모세관으로 하였고 그 일부는 곧 혈장을 분리하여 -20°C 냉동고에 보관하였다.

대사에너지량 측정

각 대상자별 식이 및 대변 시료의 일정량을 냉동 건조후 각각의 에너지량을 열량계(Yoshida Seisakusho, Nenken type, Japan)로 측정하였다¹²⁾. 소변중 에너지 손실량은 micro Kjeldahl법으로 측정된 소변의 질소 배설량으로 부터 환산하였다¹³⁾. 식이로 부터 측정된 총 에너지 섭취량(gross energy: GE)에서 대변(fecal energy: FE)과 소변의 에너지(urinary energy: UE) 손실량을 감하여 대사에너지량(ME)을 산출하였다.

맥박 및 혈압 측정

대상자의 흉부 10개 부위(RA, LA, RL, LL, V₁ ~ V₆)에 physiograph(case 12, Margutte electronics Inc, U.S.A.)에서 도출된 전극을 부착하고 정지상태의 트레드밀 위에 서서 1분간 안정시 심전도(ECG)를 모기하였다. 곧 정확히 3분간 운동을 부하하고 곧 정지상태의 트레드밀 위에서 1분간 심전도를 모기때 자동 산출되었으며 혈압은 혈압계(Critikon, Johnson-Johnson Co., U.S.A.)로 측정하였다.

혈액성분 측정

혈액중 GOT 및 GPT활성과 Alk-Pase 활성 측정은 아산제약주식회사 GOT, GPT 측정 Kit(AM 101K) AM 및 Alk. Pase측정 Kit(AM 105 K)를 각각 이용하였고 Hb는 cyanomethemoglobin¹⁴⁾, Ht는 모세관법, 혈당은 영동제약주식회사 포도당측정용시약(GOD POD 효소법)¹⁵⁾에 의하여 정량하였고 혈장중 palmitate함량은 gas chromatography¹⁶⁾, 그리고 혈장중 짝산 함량은 Barker등의 방법¹⁶⁾에 의하여 정량하였다.

측정자료의 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 각 실험조건별로 평균치 및 표준오차를 산출하였고 각 실험조건별 평균치간의 유의성 검정은 t-test로 실시하였다.

결 과

실험 대상자의 1일 1인당 총 에너지 섭취량(GE), 그리고 대변과 소변으로의 에너지 손실량 및 대사에너지량(ME)을 나타낸 성적은 Table 4와 같다.

Table 4. Relationship between daily energy intake and metabolizable energy intake during general diet feeding¹⁾

Subject	Energy Intake Measured ²⁾	Fecal Loss ³⁾	Urinary Loss ³⁾	Metabolizable Energy ⁴⁾
Athlete (n=8)	2603±163 ⁵⁾	172±11 ⁵⁾	101±7 ⁵⁾	2330±163 ⁵⁾
Nonathlete (n=8)	3312±201 ⁵⁾	214±20 ⁵⁾	109±4 ⁵⁾	2989±196 ⁵⁾

¹⁾ Mean±SE

²⁾ Energy measured by bomb calorimeter

³⁾ Urinary loss=urine total nitrogen(g/day) × 7.9(kcal)

⁴⁾ Metabolizable energy(ME)=dietary energy intake

⁵⁾ Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by t-test.

열량계로 측정된 총 에너지 섭취량은 선수군이 2603±163kcal/day이었고 비선수군이 3312±201 kcal/day로서 선수군에 비하여 비선수군이 현저히 높았다(p<0.05). 총 에너지 섭취량에 대한 대변 및 소변중 에너지 손실율은 선수군이 각각 약 6.6% 및 3.9% 이었고 비선수군이 각각 약 6.5% 및 3.3% 이었다. 총 에너지 섭취량에서 대변 및 소변의 에너지 손실량을 감하여 산출한 대사에너지량은 선수군이 2330±163kcal/day이었고 비선수군이 2989±196kcal/day로서 역시 선수군에 비하여 비선수군이 훨씬 높았다(p<0.05).

일반식이 급식후 시간군별 운동부하시 혈중 포도당 농도는 Table 5와 같다.

선수군의 혈중 포도당 농도는 대조군 99.4±2.3mg%에 비하여 1시간군에 현저히 감소(p<0.05)되었다가 이후 회복되어 2, 4 및 12시간군에는 대조군과 비슷하게 되었는데 비선수군에서는 대조군 88.5±2.2mg%에 비하여 1시간군에 현저히 증가(p<0.05)되

Table 5. Changes of plasma glucose concentration in exercise loaded by time after general diet feeding¹⁾
(mg%)

Subject	Control	1hr	2hr	4hr	12hr
Athlete (n=8)	99.4 ±2.3 ^{a12)}	82.6 ±4.0 ^{a1)}	103.8 ±2.4 ^{a1)}	103.1 ±3.6 ^{a1)}	95.8 ±3.2 ^{a1)}
Nonathlete (n=8)	88.5 ±2.2 ^{a1)}	97.7 ±2.1 ^{a1)}	81.9 ±2.4 ^{a1)}	79.7 ±1.7 ^{a1)}	84.5 ±3.7 ^{a1)}

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by t-test

었다가 이후 감소되어 2.4 및 12시간군에는 대조군과 비슷하게 되었다. 1시간 군을 제외하면 이후 각 시간군별 모두 선수군에 비하여 비선수군의 혈중 포도당 농도가 현저히 ($p < 0.05$) 낮았다.

식이 조성별 급식후 운동 부하시 혈중 포도당 농도는 Table 6과 같다.

선수군의 혈중 포도당 농도는 고당질(HC), 고지방질(HF) 및 고단백질(HP)식이 급식군별로 각각 $103.5 \pm 2.3\text{mg}\%$, $94.3 \pm 3.6\text{mg}\%$ 및 $80.7 \pm 2.8\text{mg}\%$ 로 HC급식군에서 제일 높았으며 HP급식군에서 제일 낮았다($p < 0.05$). 비선수군은 HC 및 HP급식군별로 각각 $97.5 \pm 2.6\text{mg}\%$, $86.8 \pm 0.7\text{mg}\%$ 및 $75.4 \pm 2.4\text{mg}\%$ 로 HF급식군에서 제일 낮았다($p < 0.01$).

일반식이 급식후 시간군별 운동 부하시 혈중 palmitate농도는 Table 7 과 같다.

선수군의 혈중 palmitate 농도는 대조군에 비하여 1 및 2시간군에 현저히 증가($p < 0.05$) 되었다가 이후 감소되어 4 및 12시간군에는 대조군과 비슷하게 되었는데 비 선수군에서는 대조군에 비하여 1시간군

Table 6. Changes of plasma glucose concentration in exercise loaded after feeding by dietary condition¹⁾
(mg%)

Subject	Diet		
	HC	HF	HP
Athlete (n=8)	$103.5 \pm 2.3^{\text{a}2)}$	$94.3 \pm 3.6^{\text{a}1)}$	$80.7 \pm 2.8^{\text{a}1)}$
Nonathlete (n=8)	$97.5 \pm 2.6^{\text{a}1)}$	$86.8 \pm 0.7^{\text{a}1)}$	$75.4 \pm 2.4^{\text{a}1)}$

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by t-test

Table 7. Changes of plasma palmitate concentration in exercise loaded by time after general diet feeding¹⁾
(mg%)

Subject	Control	1hr	2hr	4hr	12hr
Athlete (n=8)	157.1 ±7.2 ^{a1)}	180.9 ±8.3 ^{a1)}	181.0 ±311.4 ^{a1)}	164.9 ±10.0 ^{a1)}	163.4 ±7.9 ^{a1)}
Nonathlete (n=8)	139.6 ±6.2 ^{a1)}	170.9 ±8.6 ^{a1)}	153.4 ±8.2 ^{a1)}	154.9 ±7.8 ^{a1)}	199.3 ±9.6 ^{a1)}

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by t-test

에 현저히 증가($p < 0.05$) 되었다가 이후 다소 낮아지나 12시간군에는 대조군에 비하여 매우 증가($p < 0.01$) 되어 선수군의 12시간군 보다는 높아졌다($p < 0.01$).

식이 조성별 급식후 운동 부하시 혈중 palmitate 농도는 Table 8과 같다.

선수군의 혈중 palmitate농도는 HC 및 HP급식군에 비하여 HP급식군은 $156.4 \pm 6.9\text{mg}\%$ 로 현저히 낮았다($p < 0.05$). 비선수군에서도 같은 경향으로 HP급식군이 $129.8 \pm 8.5\text{mg}\%$ 로 다른 식이 급식군에 비하여 제일 낮았으나 유의차는 없었다.

일반식이 급식후 시간군별 운동 부하시 혈중 젖산 농도는 Table 9와 같다.

선수군 및 비선수군의 혈중 젖산 농도는 모두 대조군에 비하여 각 시간군별로 현저히 증가($p < 0.01$) 되었는데 선수군에 비하여 비선수군의 증가폭이 매우 컸으며 특히 비선수군의 1시간군에서 제일 높은 젖산 농도를 보였다.

식이 조성별 급식후 운동 부하시 혈중 젖산 농도는

Table 8. Changes of plasma palmitate concentration in exercise loaded after feeding by dietary condition¹⁾
(mg%)

Subject	Diet		
	HC	HF	HP
Athlete (n=8)	$168.6 \pm 7.1^{\text{a}2)}$	$189.7 \pm 11.5^{\text{a}1)}$	$156.4 \pm 6.9^{\text{a}1)}$
Nonathlete (n=8)	$155.0 \pm 11.4^{\text{a}1)}$	$144.4 \pm 4.6^{\text{a}1)}$	$129.8 \pm 8.5^{\text{a}1)}$

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by t-test

Table 9. Changes of plasma lactate concentration in exercise loaded by time after general diet feeding¹⁾ (mg%)

Subject	Control	1hr	2hr	4hr	12hr
Athlete (n=8)	13.2 ±0.9 ^{aA2)}	52.3 ±5.3 ^{b*}	62.9 ±3.1 ^{bA}	59.1 ±3.1 ^{aA}	71.6 ±3.6 ^{bA}
Nonathlete (n=8)	18.8 ±3.0 ^{aA}	111.9 ±3.2 ^{bB}	92.3 ±6.8 ^{bB}	88.7 ±6.3 ^{bB}	112.9 ±1.7 ^{bB}

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by t-test

Table 10. Changes of plasma lactate concentration in exercise loaded after feeding by dietary condition¹⁾ (mg%)

Subject	Diet		
	HC	HF	HP
Athlete (n=8)	47.0 ± 3.2 ^{aA2)}	97.4 ± 8.9 ^{bA}	59.6 ± 4.7 ^{aA}
Nonathlete (n=8)	107.3 ± 8.3 ^{bB}	102.5 ± 8.5 ^{aA}	108.4 ± 7.1 ^{aB}

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by t-test

Table 11. Changes of blood pressure in exercise loaded by time after general diet feeding¹⁾ (mmHg)

Subject	Systolic pressure				Diastolic pressure			
	1hr	2hr	4hr	12hr	1hr	2hr	4hr	12hr
Athlete(n=8)								
pre-exercise	124 ± 2 ^{aA2)}	127 ± 3 ^{aA}	122 ± 3 ^{aA}	123 ± 2 ^{aA}	65 ± 3 ^{bA}	68 ± 2 ^{dA}	68 ± 3 ^{dA}	71 ± 2 ^{dA}
after-exercise	153 ± 4 ^{aB}	144 ± 6 ^{aB}	142 ± 7 ^{aB}	149 ± 4 ^{aB}	82 ± 3 ^{aB}	79 ± 4 ^{dA}	76 ± 1 ^{dA}	81 ± 4 ^{dA}
Nonathlete(n=8)								
pre-exercise	130 ± 3 ^{aA}	131 ± 2 ^{aA}	132 ± 3 ^{aA}	135 ± 2 ^{aC}	71 ± 4 ^{dA}	75 ± 3 ^{dA}	76 ± 3 ^{dA}	81 ± 3 ^{aB}
after-exercise	154 ± 9 ^{aB}	167 ± 8 ^{aB}	161 ± 9 ^{aB}	158 ± 7 ^{aB}	75 ± 5 ^{aB}	84 ± 6 ^{dA}	83 ± 6 ^{dA}	84 ± 4 ^{bB}

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by t-test

Table 12. Changes of blood pressure in exercise loaded after feeding by dietary condition¹⁾ (mmHg)

Subject	Systolic Pressure			Diastolic Pressure		
	HC diet	HF diet	HP diet	HC diet	HF diet	HP diet
Athlete(n=8)						
pre-exercise	127 ± 2 ^{aA2)}	128 ± 4 ^{aA}	120 ± 1 ^{aA}	70 ± 4 ^{dD}	72 ± 2 ^{dD}	65 ± 2 ^{dD}
after-exercise	160 ± 7 ^{aB}	163 ± 6 ^{aB}	157 ± 6 ^{aB}	85 ± 5 ^{dD}	83 ± 6 ^{dD}	79 ± 4 ^{aB}
Nonathlete(n=8)						
pre-exercise	133 ± 2 ^{aA}	132 ± 3 ^{aA}	127 ± 2 ^{aA}	74 ± 3 ^{dD}	74 ± 5 ^{dD}	72 ± 3 ^{dD}
after-exercise	153 ± 6 ^{aB}	149 ± 8 ^{aB}	161 ± 9 ^{aB}	82 ± 2 ^{aB}	81 ± 5 ^{dD}	79 ± 3 ^{aB}

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at p < 0.05 by t-test

Table 10과 같다.

선수군의 혈중 젖산 농도는 HC, HF 및 HP 급식 군별로 각각 47.0 ± 3.2mg%, 97.4 ± 8.9mg% 및 59.6 ± 4.7mg%로 고당질식이군에서 제일 낮았다. 비선수군의 혈중 젖산 농도는 HC, HF 및 HP 급식군별로 각각 107.3 ± 8.3mg%, 102.5 ± 8.5mg% 및 108.4 ± 7.1mg%로 식이 조성별 차이를 보이지 않았다.

일반식이 급식후 시간군별 운동 부하시 수축기 및

이완기 혈압 변동은 Table 11과 같다.

선수군의 이완기 혈압은 운동전에 비하여 각 시간군별 운동부하 이후 모두 현저히 증가(p < 0.05)하였는데 비선수군은 각 시간군별 대조군과 비슷하였다. 수축기 혈압은 선수군 및 비선수군에게 모두 각 시간군별 운동전에 비하여 운동부하 이후 현저히 증가(p < 0.05)하였는데 비선수군의 증가폭이 선수군보다 다소 높았다.

Table 13. Changes of heart rate in exercise loaded after feeding by dietary condition¹⁾ (mmHg)

Subject	Diet		
	HC	HF	HP
Athlete(n=8)			
pre-exercise	85 ± 3 ^{aA}	86 ± 3 ^{aA}	82 ± 3 ^{aA}
after-exercise	162 ± 3 ^{bB}	165 ± 2 ^{bB}	158 ± 3 ^{bB}
Nonathlete(n=8)			
pre-exercise	85 ± 5 ^{aA}	78 ± 3 ^{aA}	75 ± 3 ^{aA}
after-exercise	172 ± 4 ^{bB}	171 ± 2 ^{bB}	172 ± 3 ^{bB}

¹⁾ Mean ± SE

²⁾ Values within a column (capital letters) or a line (small letters) with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by t-test.

식이 조성별 급식후 운동 부하시 혈압 변동은 Table 12와 같다.

선수군의 이완기 혈압은 운동부하로 대체로 상승하였으나 각 식이 조성별로 큰 차이는 없었으며 수축기 혈압도 운동부하로 현저히 ($p < 0.05$) 상승하였으나 식이 조성별로 큰 차이는 없었다. 비선수군의 이완기 및 수축기 혈압도 각각 선수군과 같은 경향이였다. 운동부하에 의한 혈압 상승율로 보면 선수군 및 비선수군 모두 고당질식이 급식시에 제일 낮았다.

식이 조성별 급식후 운동 부하시 맥박 변동은 Table 13과 같다.

선수군과 비선수군의 맥박은 식이 조성별 급식으로 별 영향이 없었다.

고 찰

선수군과 비선수군의 1일 섭취한 대사에너지량은 각각 2330 ± 163 kcal/day 및 2989 ± 196 kcal/day로서 이는 한국인 영양권장량²²⁾에 의거하면 선수군은 중등 정도의 활동을 하는 사람에 대한 권장량에 해당되며 비선수군은 심한 활동을 하는 사람에 해당된다. 이와 같이 선수군에 비하여 비선수군의 대사에너지량이 훨씬 높게 나타난 것은 본 실험기간중 비선수군은 자유로운 생활환경으로 활동의 제약을 받지 않았으나 선수군은 합숙 시켰으므로 일부 활동이 제한 되었기 때문으로 사료된다.

혈중 포도당 농도에 대하여 권등²³⁾은 장거리 선수들 대상으로 한 실험에서 식이요법으로 혈중 포도당 농도를 높게 유지시킬 수 있었으며 이때 운동 수행 능

력도 향상된다고 보고한 바 있으며 Berghstorm²⁴⁾ 및 Reitman²⁵⁾은 고당질식을 급식시키면 glycogen이 체내 많이 저장되므로서 운동 능력이 향상된다고 하였다. 또 Ivy²⁶⁾은 포도당을 섭취후 2시간 운동에서 마지막 30분 동안에 운동 능력이 증가한다는 등 운동 전 당질 급식으로 운동 수행 능력이 높아진다는 주장들이 있다. 그러나 Felig²⁷⁾은 장거리 운동에서 저혈당시 포도당을 섭취하면 혈당량은 증가하나 기록에는 별 효과가 없었다는 보고도 있다.

한편 민등²⁸⁾은 경구로 포도당 투여 후 운동부하시 잠정적으로 혈당량이 증가되나 곧 insulin의 과다 분비로 혈당이 급속히 감소된다고 하였으며 이에 대하여 Bonen²⁹⁾, Costill³⁰⁾ 및 Koivisto³¹⁾도 같은 주장을 하였다. 그러나, 포도당 투여도 강도가 높은 운동을 부하 할때는 insulin 반응이 억제된다고³²⁾하였다. 또 Kochan³³⁾의 보고에 의하면 운동후련은 근육의 insulin에 대한 민감도 증가와 효소활성을 높여 근육 glycogen의 저장량을 높인다고 하였다.

이상의 제 보고를 참고할때 본 실험에서 혈중 포도당 농도가 식이 급식후 1시간에 운동부하시 대조군에 비하여 선수군은 현저히 감소되고 비선수군은 현저히 증가하였다가 이후 각각 대조군과 비슷하게 되는 결과는 소화흡수되어 혈액에 유입되는 포도당에 대하여 선수군이 비선수군보다 더 예민하게 glycogen으로 동화작용이 활발하다는 점을 확인시켜주는 현상이라 사료된다. 식이 조성별 급식후 운동부하시 혈중 포도당 농도는 고당질식이 급식으로 선수군 및 비선수군 모두에서 타 식이군 보다 높아 선행연구들과 같은 경향이었다.

혈중 palmitate 농도는 식후 1시간에 운동 부하시 선수군 및 비선수군에서 모두 대조군에 비하여 현저히 증가 되었는데 이는 운동으로 혈중 유리지방산 농도가 높아진다는 선행 연구³⁴⁾와 관련된 결과로 보며 이는 식이급식 1~2시간 이내 운동부하시 체내지방산을 에너지원으로 하는 에너지 대사가 항진되어 지는 것 같으나 식이성 지방산에 의한 것인지 혹은 체지방의 분해에 의한 것인지는 앞으로 추구할 필요가 있다고 본다.

식후 12시간에 운동부하시 혈중 palmitate 농도는 대조군에 비하여 선수군에는 별 차이가 없었으나 비선수군은 현저히 증가되었는데 이는 지방질을 에너지원으로 이용하기 때문으로 사료된다.

식이조성별 급식후 운동부하시 혈중 palmitate 농

도는 선수군에서 고지방질식이 급식군이 다소 높았으나 비선수군에서는 식이 급식군별로 모두 비슷하여 혈중 유리지방산 농도에 미치는 식이조성의 영향은 크지 않은 것 같다.

한편 본 실험결과 혈중 젖산 농도는 식이 급식후 각 시간별 운동부하시 대조군에 비하여 모두 현저하게 증가 하므로서 심한 운동부하시 혈중 젖산 농도가 매우 증가 된다는 선행 연구²⁴⁻²⁶와 일치된 결과를 보였다. 또 선수군에서 급식후 각 시간별 혈중 젖산 농도는 비선수군에 비하여 현저하게 낮았는데, 이는 평상시 운동훈련으로 무산소 역치가 높아져 강한 운동을 부하해도 젖산 축적을 낮춘다는 김동²⁵의 보고와도 같은 경향이었다.

식이조성별 급식후 운동부하시 혈중 젖산 농도는 선수군에서 고당질식이 급식군에 제일 낮았는데 비선수군에서는 식이조성별 차이가 없었다. 이상의 성적은 포도당 투여후 일정 강도의 운동을 부하 시켰을 때 혈중 젖산 농도가 감소된다는 보고²⁸와 일치하나 똑같은 운동부하시 고당질식이 보다는 저당질식이 급식이 젖산을 현저히 낮게 축적 시킨다는 보고²⁹ 및 포도당 투여는 혈중 젖산농도를 증가시킨다는 보고³⁰ 등 선행연구 결과와 상반되는 것으로 이는 포도당 투여후에 강도가 높은 운동부하시 투여된 포도당은 혈중 젖산 농도에 영향을 미치지 못한다는 보고^{29, 30} 등과 관련되는 현상이라 생각된다. 혈압은 심맥관계 기능의 중요한 지표가 될뿐 아니라 체력단련 효과의 한 척도가 되며 피로 판정에 이용 되기도 한다³¹. 본 실험에서 식후 시간별 이완기 혈압은 선수군의 경우 운동전에 비하여 운동후 모두 증가 하였으며, 통계적 유의차는 아니나 비선수군에서도 이와 유사한 경향으로 이완기 혈압은 운동후가 안정시 보다 낮아진다는 선행연구³²와 달랐다. 이는 본 실험의 운동부하 강도와 혈압 측정시기등 실험적 조건의 차이에 기인 되는 점으로 추측된다. 운동부하에 의한 혈압상승을 보면 각 식후 시간별 비선수군에 비하여 선수군이 낮았는데 이는 운동훈련으로 심장기능을 향상시켰기 때문이라 사료된다. 운동전후 이완기 및 수축기 혈압 차이를 식이조성별로 보면 선수군은 식이 조성별로 비슷하였는데 비선수군은 고당질식이 급식시 제일 낮았고 고단백질식이 급식시 가장높게 나타나므로서 선수와 비선수간 식이 조성에 대하여 혈압은 다르게 반응하였다.

맥박수는 운동부하의 증가에 따라 직선적으로 증가

되며³³ 고당질식이 급식은 운동직후 대조군에 비하여 맥박수가 낮아진다고 하였다^{18, 23}. 본 실험에서 선수군 및 비선수군의 맥박수 변동은 각 식이 조성별로 각각 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

요 약

식이 급식 조건이 운동 수행에 관련된 물질대사의 상호관계를 파악하므로서 운동수행 능력을 향상시키는 조건을 규명하기 위하여 운동선수(선수군)와 비운동선수(비선수군) 각각 8명씩을 대상으로 급식후 시간별 및 식이 조성별로 구분하여 급식 후 일정 강도의 운동을 부하시키고 혈액중 포도당, palmitate 및 젖산 농도와 혈압, 맥박을 측정한다. 다음과 같은 결과를 얻었다. 실험기간중 1일 1인당 대사에너지 섭취량은 선수군에 비하여 비선수군이 훨씬 높았다. 식이 급식후 휴식시간별 운동부하로 선수군 및 비선수군 모두 혈중 포도당 농도는 2시간군 이후에 대조군과 비슷하게 되었는데 혈중 palmitate 농도는 증가되었다. 혈중젖산 농도는 운동 부하로 모두 증가되었는데 특히 선수군에 비하여 비 선수군의 증가폭이 더 컸다. 운동부하에 의한 혈압 상승율은 각 휴식 시간별 비선수군에 비하여 선수군이 낮았다. 식이 조성별 급식후 운동부하로 혈중 포도당 및 젖산 농도는 선수군 및 비선수군 모두 고당질식이군이 다른 식이군보다 높았는데 혈압 상승율은 고당질식이군이 제일 낮았다. 혈중 palmitate 농도 및 맥박수는 각 식이 조성별로 큰 차이는 없었다.

이상의 성적을 종합할때 비운동선수의 경우에는 급식 2시간후에 운동부하가 유리하며 운동전 급식하는 식이 조성은 고당질이 효과적인 것으로 생각된다. 그러나 운동선수는 에너지 발생기전이 예민하게 반응하므로서 급식 1시간후 휴식시간별 운동부하에 큰 영향이 없는 것 같으며 역시 식이 조성에 의한 영향을 크게 받지 않는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국체육과학연구원 연구조성비에 의해 이루어졌으며 이에 감사를 드린다.

문헌

1. 권태동, 허복, 황수관, 주은영 : 장거리 선수의 식이요법 훈련이 운동시 혈중 glucose 농도와 기록에 미치는 영향. 한국체육학회지, 23, 63. (1984)
2. Ahlborg, B. and Fellig, P. : Influence of glucose ingestion on fuel-hormone response during prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.*, 41, 683 (1976)
3. Coyle, E. F., Hagberg, J. M. and Hurley, B. F. : Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise. *J. Appl. Physiol.*, 55, 2300 (1983)
4. Koivisto, V. A. : Fructose as a dietary sweetener in diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 1, 241 (1978)
5. Costill, D. L. : Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 43, 695 (1977)
6. 민창기, 박해근, 홍성표, 전종귀 : Caffeine과 glucose 투여가 지구성 운동중 대사 및 호흡기능에 미치는 효과. 스포츠과학 연구과제종합보고서, p. 5 (1986)
7. Shils, M. E. and Young, V. R. : Modern nutrition in health and disease. 7th ed., Lea and febiger, Philadelphia, p.1004 (1988)
8. Dohm, G. L., Tapseori, E. B., Baracat, H. A. and Kasperk, G. J. : Influence of fasting on glycogen depletion rats during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 55, 830 (1983)
9. 김화영 : 운동과 영양. 대한스포츠의학회지, 2, 39 (1984)
10. Drunin, J. V. G. A. and Womersley, J. : Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness : measurement on 481 men and women from 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.*, 32, 77 (1974)
11. Bruce, R. A., Kusumi, F. and Hosmer, D. : Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am. Heart J.*, 85, 546 (1973)
12. Miller, D. S. and Payne, P. R. : A Ballistic bomb calorimeter. *Br. J. Nutr.*, 13, 501 (1959)
13. Pike, R. L. and Brown, M. L. : Nutrition an integrated approach. 3rd ed., John Wiley and Sons, New York, p.771 (1984)
14. 이삼열, 정윤섭 : 임상병리검사법. 연세대학교출판부, p. 75 (1982)
15. A. O. A. C. : *Official methods of analysis*. 1st suppl., 13th ed. (1980)
16. Barker, S. B. and Summerson, W. H. : The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, 138, 534 (1941)
17. 한국인구보건연구원편 : 한국인의 영양권장량, 제5차개정, 고문사 (1989)
18. Bergstorm, J. and Hultman, E. : Nutrition for maximal sports performance. *JAMA*, 221, 999 (1972)
19. Reitman, J., Baldwin, K. M. and Holloszy, J. O. : Intramuscular triglyceride utilization by red, white and intermediate skeletal muscle and heart during exhausting exercise. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 142, 628 (1973)
20. Ivy, J. L., Costill, D. L., Fink, W. J. and Lower, R. W. : Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *Med. Sci. Sports*, 11, 6 (1979)
21. Felig, P., Chief, A., Minagowa, A. and Wahren, J. : Hypoglycemia during prolonged exercise in normal man. *N. Engl. J. Med.*, 306, 895 (1982)
22. Bonen, A. and Belcastro, A. N. : Glucose ingestion before and during intense exercise. *J. Appl. Physiol.*, 50, 766 (1981)
23. Kochan, R. G., Lamb, R. E., Reimann, M. and Schlender, K. K. : Modified assay to detect activation of glycogen synthase following exercise. *Am. J. Physiol.*, 240, 197 (1981)
24. 서석주, 황수관, 주은영 : 장기간 체력훈련이 glucose 흡수에 미치는 영향. 경북의대잡지, 25, 99 (1984)
25. 오성태, 황수관, 기원재, 황준하, 주은영 : 60% 및 20% 포도당 섭취후 혈중 포도당 및 인슐린 농도의 변화. 경북의대잡지, 28, 187 (1987)
26. 이원재, 황수관, 허복 : 최대하 운동부하 정도에 따른 심박수, 혈압, 호흡수 및 혈중유산 농도의 변화. 스포츠과학연구보고서, 19, 25 (1982)
27. 황문영, 권태동, 허복, 황수관, 주은영 : 운동후 회복기에 지상과 수중에서의 생리적인 변화양상의 비교. 스포츠과학연구보고서, 22, 13 (1985)
28. 이일홍, 황수관, 김형진, 박재석, 주은영 : 강제유형시 수온에 따른 원위의 수중 장기 산소소비량과 폐용압율의 변화. 한국체육학회지, 22, 141 (1983)
29. 김영환, 주은영, 황수관, 이원재 : 목표 심박수 운동시 젖산 축적과 운동지속시간이 운동능력에 미치는 영향. 스포츠과학연구보고서, p. 159 (1987)
30. Rennie, M. J. and Johnson, R. H. : Effects of an exercise-diet program on metabolic changes with exercise in runners. *J. Appl. Physiol.*, 37, 821 (1974)
31. Giles, D. and Maclaren, D. : Effects of caffeine and glucose ingestion on metabolism and respiratory function during prolonged exercise. *J. Sport Sci.*, 2, 35 (1984)
32. 황수관, 허복 : Treadmill운동부하후 회복기에 있어서 심폐기능의 변화. 한국체육학회지, 19, 187 (1980)
33. Fox, E. L. and Mathews, D. K. : The physiological basis of physical education and athletics. 3rd., p.231, Philadelphia, Saunders (1981)