

最大下 運動負荷時 Caffeine의 投與가 運動 선수의 血中 Energy Substrate 變化에 미치는 영향

조 홍 관

군산대학교 자연과학대학 체육학과

Effect of Caffeine Administration on Energy Substrate Change During Submaximal Exercise

Cho, Hong Kwan

Department of Physical Education, Kunsan National University, Kunsan, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to describe the effects of caffeine ingestion on the metabolic responses during submaximal exercise. Ten male of rowing player aged 18-22yrs. participated in the study. No subjects had any remarkable medical history and none were taking medications.

According to the administration of dehydrated caffeine(CA)(6 mg/kg) or placebo(PA), they were classified into two groups such as caffeine group and placebo group. A randomized, double-blind, crossover protocol was employed using either CA or PA. Subjects underwent a submaximal bicycle ergometer. Blood was drawn intravenously prior to 60 min., at rest, at 30, and 45 min. of exercise, and recovery period. Plasma concentrations of glucose, free fatty acid and lactate were obtained using enzymatic method.

Followings were obtained by the tests and analyses :

1) Blood glucose(BG) of 45 minute of exercise was significantly decreased in CA group of 76.3 ± 14.8 mg/100ml compared with PA group of 94.9 ± 11.2 mg/100ml($p < .05$).

2) Free fatty acid(FFA) of 30minute of exercise was significantly increased in CA group of 720 ± 80 μ Eq/l compared with PA group of 360 ± 120 μ Eq/l($p < .05$). After exercise, FFA was significantly higher in CA group than those in PA group($p < .01$).

3) Blood lactate(BL) was not significantly different between the two. After exercise, BL was significantly different in 30 minute($p < .05$).

KEY WORDS : caffeine administration · lipid metabolism · glucose · free fatty acid · lactate.

서 론

운동선수들이 경기력 향상에 도움을 줄 수 있는

채택일 : 1994년 2월 1일

음식물을 섭취하거나 영양보조식품, 보약 등을 복용하는 것은 흔한 일이 되었으며, 심지어 약물복용(doping)까지도 남용되고있는 실정이다.

훈련기간이나 시합장에서 흔히 투여되는 물질이

나 이용되는 처치 즉, 운동보조물(ergogenic aids)을 이용하는 목적은 이를 사용함으로써 생리적 기능을 개선할 수 있거나 기계적 효율(mechanical efficiency)을 증대시킬 수 있다는 잇점을 줄 것으로 믿기 때문이다. 카페인(caffeine : $C_8H_{10}N_4O_2$)은 methylated xanthine이라는 화합물의 하나로서 스포츠 현장에서 주로 강심작용, 중추신경흥분, 말초혈관 확장작용, 이노작용 및 심근, 골격근 등을 직접 자극하고 평활근의 긴장을 제거시키는데 관심을 두어왔다. 또한 커피와 홍차, 녹차, 우롱차 등에 함유되어 있는 카페인 성분은 자율신경계를 자극하고 심장의 펌프작용을 크게하여 에너지 대사를 활발하게 한다.

카페인은 경기력 향상을 목적으로 사용되는 기호품으로 이것은 1982년 국제 올림픽 위원회에서 약물검사 품목에는 포함시켰지만 실제로는 대량복용하지 않는 한, 늘 사용되고 있기 때문에 크게 문제시 되지는 않고 있다¹⁾²⁾.

카페인을 운동보조물로 복용시 지방연료의 사용을 촉진시켜 운동수행능력, 에너지 대사 등을 증가시키며³⁻⁶⁾, 중추신경을 자극하게 되어 지방의 사용을 촉진하고 운동 1시간 전에 복용시 장시간의 힘든 운동에 있어서 운동수행을 개선시킨다고 하였다⁷⁾. Astrand 등⁸⁾은 75% 이상의 최대 유산소 능력을 요구하는 작업시 작업근육 내에 저장된 glycogen은 점진적으로 고갈되며 이 경우 운동은 약화되어 혈중 유리지방산(Free fatty acid : FFA)이 기질(substrate)로서 작용한다고 했으며 장시간 운동 중엔 그 때문에 산소와 기질요소가 결정적 역할을 한다고 한 바 있다. 즉, 초기 운동에서는 탄수화물이 연료원이 되나 후반부엔 지방으로 바뀌어진다고 할 수 있을 것이다. 또한 지구성 운동시 지방의 산화율이 높아지면 phosphofructokinase와 pyruvate dehydrogenase 등의 반응의 조절작용에 의해 glycogen으로부터 에너지 이용이 억제된다고 하며⁹⁾¹⁰⁾, 카페인도 소화관에서 신속히 흡수되며 투여 후 1시간 정도이면 혈액내 최고 수준으로 증가하게 되어 약 3.5시간 반감기를 가지는데, 이는 카페인이 체내에서 지질대사를 활성화시키고 운동 초기에 glucose 이용을 억제시킴으로서 장시간의

운동시 운동능력을 개선시킨다고 하였다¹¹⁾.

또한, Knapik 등¹²⁾은 10명의 남자 성인(운동선수 5명, 비운동선수 5명)을 대상으로, 운동선수는 평균 1주일 동안 32miles를 달리게 하고 비운동선수는 달리기를 시키지 않고 체중 kg당 5mg 또는 6mg의 카페인을 투여 a randomized crossover double-blind fashion으로 실시한 결과, FFA는 운동 후 5분에 감소한 후 양 집단 모두에서 유의하게 증가하였으며 serum glucose는 훈련집단에서 시간경과에 따라 상승하였고 운동 20분 후 비훈련집단에서의 카페인 투여군이 통제군보다 유의하게 높았다고 하였다. 그러나 respiratory exchange ratio가 변화하지 않았기 때문에 지방의 산화(fat oxidation)의 증가에 대한 증거가 없었다.

Erickson 등¹³⁾, Ivy 등¹⁴⁾, Salvin 등¹⁵⁾은 카페인 투여가 장시간 지구성 운동중 긍정적 효과를 나타낸다고 하였으며, 카페인을 일정량 복용하면 운동중 지질대사를 활성화시키는 물론 근육 glycogen을 절약시키는 효과가 있다고 하였다¹⁵⁻¹⁸⁾.

한편, 카페인은 phosphorylase 작용을 활성화 시키며¹⁹⁾, 근육내 triglyceride 분해작용을 직접²⁰⁾ 또는 간접적²¹⁾으로 촉진한다고 하였고, Costill 등²²⁾, Hicks 등¹⁸⁾, Rennie 등²⁴⁾은 증가된 혈중유리지방산은 지구성 운동능력과 관련성이 매우 높은 것으로 glycogen을 절약하는 효과가 있다고 하였다.

최근에 Josephine 등²⁵⁾은 실험실 쥐(rat)에게 25 mg의 카페인을 투여하고 treadmill을 타게한 뒤 분석한 결과, FFA는 유의하게 상승하였고 blood lactate는 약간 증가하는 경향을 보였다고 하였다. 또한 Michael 등²⁶⁾은 카페인의 투여가 폐환기 매개 변수(ventilatory parameters)와 에너지 기질이용(substrate utilization)등에 영향을 미친다고 하면서, 젖산 수준을 다소 경감시킨다고 하였다.

Doubt 등²⁷⁾은 찬물(18°C)과 더운물(28°C)로 체중 1kg당 5mg의 카페인을 투여한 후 55분간의 bicycle ergometer exercise를 실시한 결과 두 집단에서 혈중 FFA와 glycerol이 증가하였으나, 더운물의 시기(trial)에서는 호흡교환율이 증가한 반면, 찬물그룹에서는 변화가 없어 18°C의 찬물로 카페인을 복용하면 생리학적 효과가 없다고 하였다.

그러나 이러한 긍정적인 시각과 달리 카페인 투여에 관한 부정적 측면도 여러가지 발표되었는데, Temples등²⁸⁾, Cadarette등²⁹⁾, Knapik등¹²⁾, Mirkin등³⁰⁾은 카페인 투여가 지질대사의 활성화 및 효과에 별다른 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Winder등³¹⁾, Casal등³²⁾, 민창기 등³³⁾은 카페인이 운동 중 지질대사를 유의하게 증가시키지 않는다고 발표한 바 있다. Tamopolsky³⁴⁾등은 남자 대학선수들을 체중 1kg당 6mg의 카페인을 운동 1시간전에 복용하게 한 후 70% VO₂max로 treadmill을 달리게 한 결과 FFA만을 유의하게 상승시켰을 뿐 다른 지질대사에는 유의한 영향을 주지 못해 카페인은 지구성의 잠재적 에르고제닉(ergogenic)이 될 수 없다고 했다.

이와같은 연구결과들의 차이는 실험설계 및 연구방법 등에서 다소 상이한 계획을 세웠기 때문에 비롯될 가능성이 높다. 카페인과 같이 인체구성과 기능을 인위적으로 변경시키고자 복용되는 물질에 대해서는 연구결과가 긍정적이든 부정적이든간에, 검사 분석자들과 지도자들 사이에 논란이 계속되는 것은 당연한 일이다.

본 연구의 목적은 통제된 상황조건하에 규칙적인 훈련을 실시하고 있는 조정경기(rowing) 선수(체육특기자)들을 대상으로, 카페인을 6mg/kg 투여하여 energy substrate 변화를 밝힘으로서 카페인이 지구성 운동에 어떠한 영향을 미치는지 규명하여 현장에서 선수들이 활용할 수 있는 참고자료를 제시하는데 있다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구를 위한 실험대상은 군산 K대학교 재학 중이며 학교 기숙사에서 생활하고 있는 체육특기자인 조정경기 선수들로서, 습관적으로 커피, 음료

등을 섭취해 카페인에 대한 부작용이 없는 운동선수 10명을 선정하였다. 연구대상 15명 중 실험당일 condition이 좋지 않은 피검자 3명과, 예비실험시 운동부하량, 운동시간 등을 견디지 못하는 피검자 2명은 연구대상에서 제외시켰다.

연구대상의 신체적 특성은 Table 1에서 보는 바와 같다.

2. 실험설계 및 절차

1) 실험설계

본 실험은 Fig. 1과 같이 2개 실험집단에게 실험의 조건을 변화시키면서 수행하였는데, 카페인을 투여한 후 일정한 시간 간격으로 실시하고 이중맹검법(a randomized, crossover, double-blind manner)을 사용하였다.

구체적 내용은, 5명의 experimental group, 5명의 control group으로 나누어 실험을 실시하며, 1주째에 5명씩 두 그룹으로 카페인 투여와 placebo를 실시하고, 실험의 공정성과 실험시 나타날 수 있는 각종 변화와 결과를 객관성있게 알아보기 위해서 2주째는 첫 실험에서 실험한 내용과 다르게 실험군에게 placebo를 실시하고 control군에게 카페인을 투여하여 실시하였다.

2) 실험절차

피검자는 운동시작 2시간 전에 실험실에 도착하

	I					II				
Caffeine	A	B	C	D	E	a	b	c	d	e
Placebo	a	b	c	d	e	A	B	C	D	E

Fig. 1. Experimental design(a randomized, crossover, double-blind manner).

Subject group I : ABCDE.

Subject group II : abcde.

Table 1. Characteristics of the subject

Age (yrs)	Hcight (cm)	Body weight (kg)	Body surface area(m ²)	H.R(rest) (beats/min)	Exercise career(yrs)
20.9	174.4	70.3	1.83	64.0	6.2
2.1	9.8	8.1	0.39	7.2	1.4

Values are means ± SD.

조 흥 관

여 약 30분간 의자에 앉아 대기하도록 하고 운동 시작 60분 전에 카페인을 투여한 후, 곧이어 전완 정맥(antecubital vein)에서 1회의 채혈을 하였다.

1회의 채혈이 끝난후 60분 휴식을 취하게 하고, 본운동에 들어가기 전 3분간 맨손체조로 warming-up을 시킨 후 2회 채혈 하였다. Bicycle ergometer exercise(Combi 707 ergometer)를 이용한 점증부하 운동(graded exercise) 실시 중 운동 후 30분에 3회째 채혈, 운동 45분이 되었을때 피검자를 2분동안 쉬게한뒤 4회째 채혈, 운동종료 후 회복기 15분에 5회째 채혈하였다.

운동부하는 심박수 check에 의한 퍼센트(%) 표시법을 이용하였으며, 개인별 능력차를 고려하여 최대심박수의 50~90%에 해당하는 운동강도를 각 피검자별 고유강도로 하고, 개인별 운동부하량은 통제하지 않은 상태에서 운동시간으로만 통제하였다.

실험 protocol은 Fig. 2와 같다.

3) 카페인 투여방법

본 실험에 사용된 카페인을 K제약회사에서 생산된 조제용 순도 98.5%의 무수카페인(dehydrated caffeine)으로 하였다. 운동실시 60분 전, 실험군에게 200ml의 레몬수(lemonade solution)를 이용 피검자가 직접 경구 투여토록 했으며, 통제군은 카페인 들어 있지 않은 순수한 레몬수를 섭취하도록

하였다. 투여한 카페인 6mg/kg에 해당되는 량을 투여하였는데 이는 국제 올림픽 위원회 doping규제량에 저촉되지 않는 최대섭취량이다.

3. 혈액처리 및 분석

채혈은 1회용 주사기를 사용했으며, 피검자로부터 채혈한 10ml의 정맥혈 중 7ml을 EDTA로 처리된 tube에 넣어 그 즉시 3,000g로 5분간 원심분리하여 분석시까지 ice box에 동결 보존하였다.

혈액의 분석방법은 enzymatic method로 분석하였다.

4. 통계처리

자료의 통계처리는 SAS program을 이용 분석 처리하였으며, 각 집단간 측정항목 비교는 종속표집에 의한 t검사로 유의수준을 검정하였고 운동시간 경과에 따른 변화량에 있어서 집단간의 유의차는 이원변량분석(two-way ANOVA)방법을 적용하였다. 유의도는 5% 수준에서 검증하였다.

결 과

카페인 투여에 의한 체내 지질대사 변화 및 반응을 알아보기 위해 조정경기 선수들을 대상으로, 안정시, 운동중, 운동후에 나타난 glucose, free fatty acids, lactate의 측정결과는 Table 2와 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5등에서 보는 바와 같다.

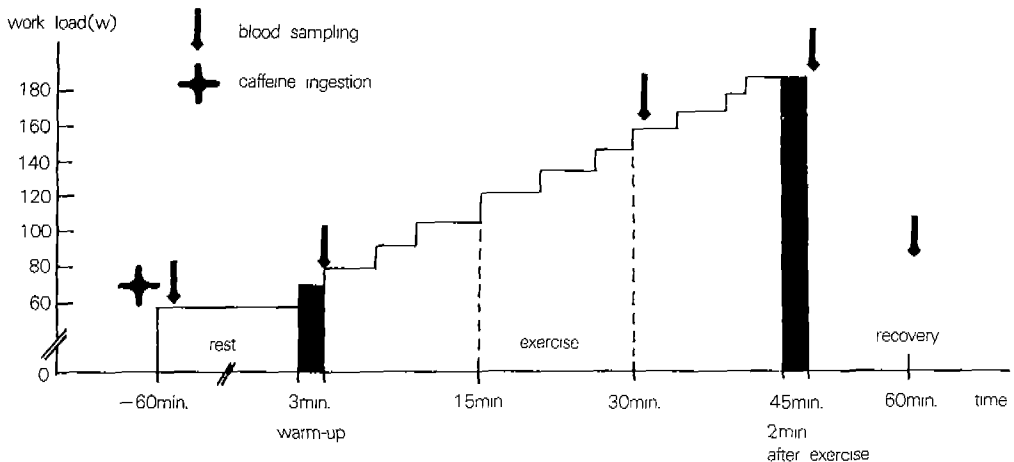


Fig. 2. Experimental work test protocol.

Caffeine 투여가 지질대사변화에 미치는 영향

Table 2. Concentration of substrates during exercise following placebo(PA) or caffeine(CA) administration

		Rest	After warm-up	30 Min.	45 Min.	Recovery
Glucose (mg/100ml)	PA	80.6± 11.0	86.4± 13.0	92.3 ± 8.8	94.9 ± 11.1	88.0 ± 7.9
	CA	94.1± 6.8	97.2± 11.9	84.8 ± 9.5	76.3*± 14.8	79.7 ± 16.0
Free fatty acids(μEq/l)	PA	180 ± 120	270 ± 80	360 ± 120	690* ± 30	540 ± 100
	CA	150 ± 90	380 ± 130	720 **± 80	880* ± 140	1080 ***##± 90
Lactate (μEq/l)	PA	1610 ± 490	1540 ± 870	2390 #± 710	2080 ± 550	1370 ± 420
	CA	1560 ± 240	1490 ± 660	2630 #± 930	1820 ± 490	1670 ± 980

Values are means± SD.

Significant difference between caffeine group and placebo group ; *p<.05, **p<.01

Significantly different from rest, during exercise and recovery ; #p<.05, ##p<.01

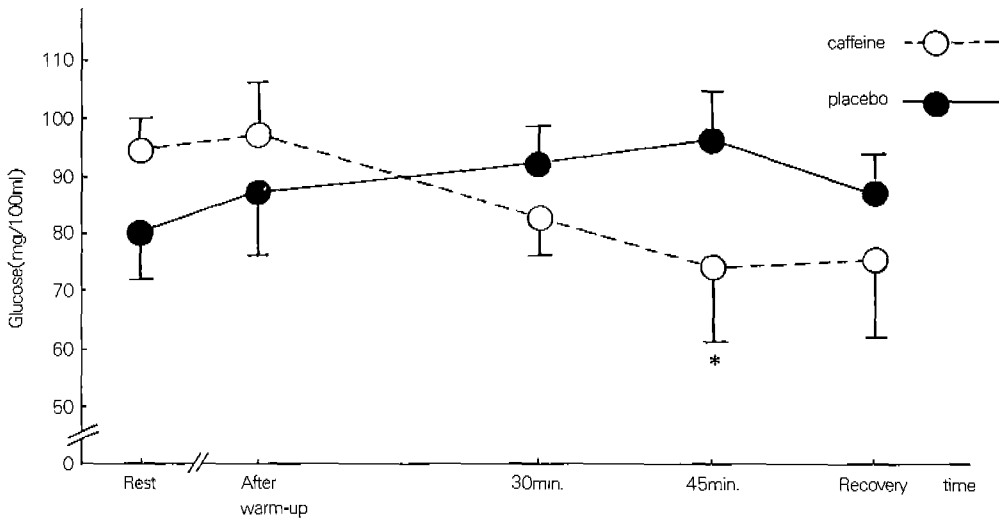


Fig. 3. Effect of caffeine ingestion on blood glucose levels in fasted exercising athletes.
*p<.05

1 Glucose의 변화

Table 2와 Fig. 3에서 보는 바와 같이 glucose는 안정시에 caffeine group(CA)이 94.1±6.8mg/100 ml로 placebo group(PA)의 80.6±11.0mg/100ml보다 약간 높았고, 예비운동 후에는 CA가 97.2±11.9 mg/100ml로 다소 증가한 반면, PA는 오히려 86.4±13.0mg/100ml로 약간 증가하는 경향을 보였다. 운동 후 30분에는 CA가 84.8±9.5mg/100ml로 낮아지는 반면 PA는 92.3±8.8mg/100ml로 계속 증가하는 경향이였다.

운동종료 후의 변화를 보면, CA가 76.3±14.8mg/

100ml로 PA의 94.9±11.1mg/100ml에 비해 유의하게 낮았다(p<.05). 한편, 운동 후 회복기에는 CA가 79.7±16.0mg/100ml로 다소 증가한 것으로 나타났으며 PA는 88.0±7.9mg/100ml로 다소 감소한 것으로 나타났지만 유의성은 없었다.

Glucose의 운동시간 경과에 따른 변화량을 보면 CA는 회복기에 다소 증가한 반면, PA는 약간 감소하는 경향을 보였지만 모두 다 유의성은 없었다.

2. Free fatty acid의 변화

Table 2와 Fig. 4에서 보는 바와 같이 Free fatty

조 흥 관

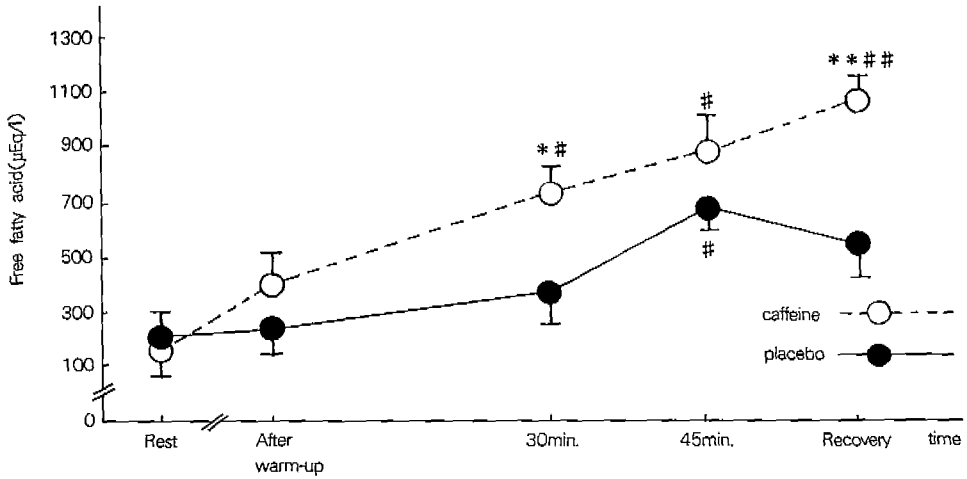


Fig. 4. Effect of caffeine ingestion on plasma free fatty acids levels in fasted exercising athletes. *.#p<.05 **.#p<.01

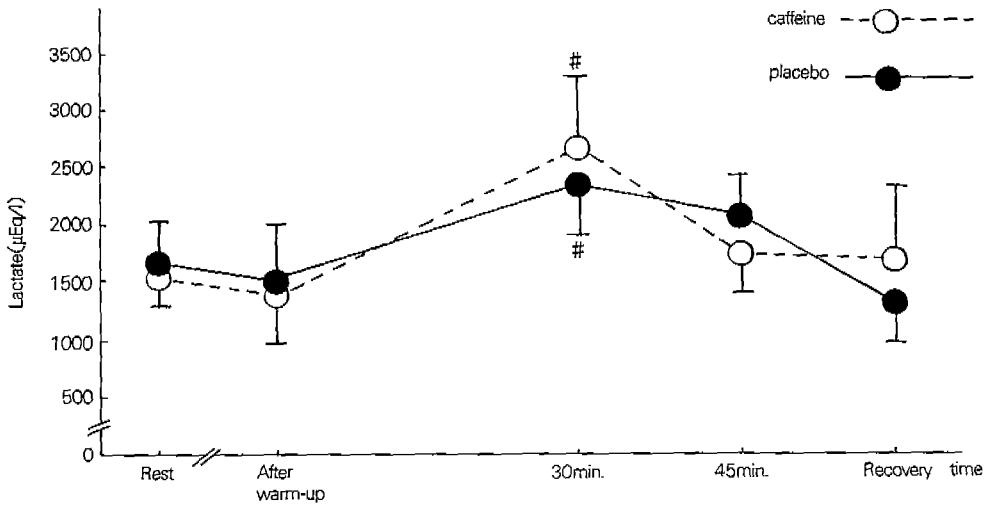


Fig. 5. Effect of caffeine ingestion on blood lactate levels in fasted exercising athletes. #p<.05

acid는 안정시에 CA가 $150 \pm 90 \mu\text{Eq/l}$ 로 PA의 $180 \pm 120 \mu\text{Eq/l}$ 보다 약간 낮았고, 예비운동 후에는 반대로 CA가 $380 \pm 130 \mu\text{Eq/l}$ 로 다소 증가했으며 운동 후 30분에는 CA가 $720 \pm 80 \mu\text{Eq/l}$ 로 유의한 증가치를 나타냈으나($p < .05$), PA는 $360 \pm 120 \mu\text{Eq/l}$ 로 미미한 증가를 보였다.

운동종료 후의 변화를 보면, CA가 $880 \pm 140 \mu\text{Eq/l}$, PA가 $690 \pm 30 \mu\text{Eq/l}$ 로 각각 다소 증가했으나 집단

간의 유의한 차이는 없었다. 한편, 운동 후 회복기에는 CA가 $1080 \pm 90 \mu\text{Eq/l}$ 로 매우 높게 나타난($p < .01$) 반면에, PA는 오히려 $540 \pm 100 \mu\text{Eq/l}$ 로 다소 떨어지는 경향을 보였다.

FFA의 운동시간 경과에 따른 변화량을 보면, CA는 운동 후 30분, 45분에 각각 유의한 차이가 있었으며($p < .05$), 운동종료 후 회복기에는 CA만이 아주 높게 나타나 유의한 차이를 나타냈다($p < .01$).

3. Lactate의 변화

Table 2와 Fig. 5에서 보는 바와 같이 Lactate는 안정시에 CA가 $1560 \pm 240 \mu\text{Eq/l}$ 으로 PA의 $1610 \pm 490 \mu\text{Eq/l}$ 보다 다소 낮게 나타났고, 예비운동 후에도 CA가 $1490 \pm 660 \mu\text{Eq/l}$ 으로 PA의 $1540 \pm 490 \mu\text{Eq/l}$ 보다는 낮았다. 운동 후 30분에는 CA가 $2630 \pm 930 \mu\text{Eq/l}$ 로 높은 증가치를 보였으며, PA도 $2390 \pm 710 \mu\text{Eq/l}$ 로 높은 증가를 나타냈으나 집단간의 유의성은 없었다. 또한 운동종료 후의 변화를 보면, CA가 $1820 \pm 490 \mu\text{Eq/l}$ 로 낮아졌으며 PA도 $2080 \pm 550 \mu\text{Eq/l}$ 로 비슷하게 낮아졌다.

운동 후 회복기에 CA가 $1670 \pm 980 \mu\text{Eq/l}$, PA가 $1370 \pm 420 \mu\text{Eq/l}$ 으로 나타나 이 시기에 양집단 모두 낮은 경향을 보였다.

Lactate의 운동시간 경과에 따른 변화를 보면, CA, PA 집단 모두 운동 후 30분에 각각 유의하게 증가하였다($p < .05$).

고 찰

카페인을 운동 중 중추신경을 자극하여 피로를 지연시키고¹⁰⁾³⁵⁾, 신경충동 전달물질로서³⁶⁾ 심근 및 골격근의 수축을 강화시키는 작용을 한다고 하였으며³⁷⁻⁴¹⁾, 혈관계, 심장 등에 직접, 간접으로 작용하여 혈압을 상승시키는 물론 심박출량을 증대시킨다고 하였다⁴²⁾.

또한, 체내에 흡수된 카페인은 운동 중 지질대사를 활성화시켜²²⁾, 운동초기에 glycogen분해를 억제시킴으로써 지구력 경기종목의 운동수행능력을 개선시킨다고 하였으며⁴³⁾⁴⁴⁾ 장거리 달리기 경우, 카페인 복용은 노력성 인지도(perceived exertion)를 감소시키고 지질대사를 증가시키며 운동보조물(ergogenic aids)의 역할을 한다고 하였다¹³⁾⁴⁶⁾.

본 연구에서는 운동 후 30분에서 부터 glucose 사용량이 점차 감소되면서 운동 종료 후에는 현저한 감소를 보이다가 운동 후 회복기에도 그 수준을 유지한 것으로 보아, 카페인 이 운동시간이 경과함에 따라 glycogen분해를 억제시키는 역할을 했다고 생각된다.

Van Handel⁴⁶⁾은 FFA가 운동시작 15분 정도에 22% 정도의 증가율을 나타내며 그 효과가 지속적으로 된다고 하였으며, Patwadhan⁶⁾은 카페인 투여 후 FFA는 1시간 정도 후에 100% 증가율을 보이고 4시간 동안 지속적으로 향상된다고 보고하였다.

본 연구에서는 6mg/kg을 투여하였는데도 안정시에 별 차이가 없었으며, 예비운동 후에도 CA와 PA사이에 유의한 차이가 없었다.

시간경과에 따른 FFA 변화량은 ergogenic aids로서의 해석을 하는데 중요한 의미를 가지며, 변화량의 크기를 해석하는 것도 필요하다. 즉 체지방 조직 저장의 이용률을 증대시키고 그 결과로서 골격근의 당질 절약에 의해 지방산화의 증대를 가져온다는 것들은 FFA증가가 exhaustion상태를 지연시켜 줄 수 있고 운동량을 늘릴 수 있다는 것을 시사한다.

본 연구에서 FFA 변화를 보면, 운동부하를 준 후 30분, 45분, 회복기 등에 유의한 차이를 나타내면서 증가했고, 특히 운동종료 후 회복기에는 안정시의 7.2배에 달하는 높은 수치로 CA군이 FFA만을 유의하게 증가시킴으로서, 결국 카페인 섭취가 지구성 운동에 잠재적 ergogenic이 될 수 있다는 긍정적 보고들²⁴⁾⁴⁵⁾과 일치함을 알 수 있다. 이것은 또한 PA군과의 비교에서도 운동 후에 차이가 있다는 보고들¹⁰⁾¹⁴⁾¹⁶⁾과도 일치한다. FFA가 glycogen을 절약하는 효과가 있고 지구성 운동 중에서 혈액중의 유산소계에 의한 ATP산출에 주요한 연료원이 될 수 있기 때문에, 본 연구의 운동 후 30분에 시작된 glucose 감소와 FFA의 유의한 증가 결과는 카페인이 효과가 있다는 것을 명확히 밝혀주고 있다. 특히 FFA가 운동종료 후 회복기에 나타난 CA군의 높은 증가치와 glucose감소는 에너지 이용 측면에서 카페인의 효과가 운동 후에도 지속된다는 주목할만한 사실이라고 할 수 있다.

본 연구에서 나타난 Lactate변화를 보면, CA, PA 각각 모두 다 운동 후 30분까지 점차적으로 증가된 뒤 운동 후 회복기에 다소 감소하였을 뿐 유의한 차이는 없는 것으로 보아, 카페인 복용이 젖산축적 시점(onset of blood lactate accumulation)을 지연시키지 못하고⁴⁷⁾, 운동시 caffeine group과 placebo

group간의 blood lactate 수준은 비슷하다는 선행 연구¹⁷⁾와 일치하는 점을 발견했다. 또 다른 연구들⁴⁴⁾⁴⁸⁾도 운동 전 카페인 복용이 젖산축적시점에 아무런 영향을 미치지 못한다고 하였다. 이는 카페인이 당질대사보다는 지질대사 및 hormone분비를 먼저 사용하고 늦게 glucose를 사용하기 때문이라고 생각된다.

카페인은 실험설계, 실험대상, 습관성 복용여부, 또는 카페인에 관한 감수성 등에 따라서 실험결과를 모호하게 하는데, 중요한 것은 많은 운동선수들이 카페인이 함유된 각종 음료수들을 상습적으로 섭취하고 있다는 것이다. 따라서 카페인의 투여시기, 투여량, 투여방법 등의 결정을 할때, 현실적으로 과학적으로 연구하여 운동수행에 효과적 ergogenic aids로서 정착될 수 있는 약물이 되어야 할 것이다.

결 론

유산소성 훈련특성을 가진 대학조정경기 선수들을 대상으로 최대하 운동(50%~90% H.R max)을 부과하여, 카페인 투여가 지구성 운동 중 지질대사 변화에 어떠한 영향을 미치는지 고찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Glucose는 운동종료 후에 통제군(PA)에 비해 실험군(CA)이 유의하게 감소하였고, 운동시간 경과에 따른 변화는 실험군, 통제군 모두 운동 중에 다소 증감하였으나 유의한 차이는 없었다.

2) Free fatty acid는 운동 후 30분, 운동종료 후 회복기에 각각 통제군에 비해 실험군이 유의하게 증가하였고, 운동시간 경과에 따른 변화는 운동 후 30분에 실험군이 유의성 있게 높았으며 운동종료 후에는 실험군, 통제군 모두 유의하게 높았다. 특히 운동종료 후 회복기에 실험군이 많은 증가를 보여 매우 높은 유의성을 나타냈다.

3) Lactate는 실험군, 통제군 간에는 별다른 차이를 나타내지 않았으나, 운동시간 경과에 따른 변화는, 운동 후 30분에 실험군, 통제군 모두 유의하게 높았다.

이상과 같은 결과를 요약하면, 운동 후 30분(60~70% H.R max)부터 운동종료 후 회복기까지 실

험군이 FFA가 증가했기 때문에, 운동시 카페인이 효과적 ergogenic aids로서 지질대사의 활성화 및 glycogen 사용을 억제하는데 기여했다.

Literature cited

- 1) Salvin JL, Joensen DJ. Caffeine and sports performance. *The Physician Sports Medicine* 13 : 191-193, 1981
- 2) Ugol LM, Hammack MJ, Hays ET. Caffeine contractures in rat soleus muscle. *J Federation Proceedings* 40 : 513, 1981
- 3) Anderson J, Hollefiedl G, Owen JA. Effects of caffeine on the epididymal fat pad in vitro. *J Clinical Research* 14 : 60-67, 1966
- 4) Bellet S, Kershbaum A, Aspe J. The effect of caffeine on free fatty acids. *Archives of Internal Medicine* 116 : 750-752, 1965
- 5) Carlson LA, Liljedahl SW, Wirsem C. Blood and tissue changes in the dog during and after excessive free fatty acid mobilization : A biochemical and morphological study. *J Acta Medica Scandinavica* 178 : 81-107, 1965
- 6) Patwardhan RV, Desmond PV, Johnson RF, Dunn GD, Robertson DH, Hoympa AM, Schenker S. Effects of caffeine on plasma free fatty acids, urinary catecholamines and drug binding. *Clinical Pharmacology and Therapeutics* 28 : 398-403, 1980
- 7) Costil DL, Dalsky GD, Fink WJ. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *J Med Sci Sports* 10 : 155-158, 1978
- 8) Astrand PO. Aerobic and anaerobic energy source in exercise, in physiological chemistry of exercise and training. *J Med Sci Sports* 13 : 22-37, 1981
- 9) Costill DL. Lipid metabolism during endurance exercise. *The Medical Journal* 15 : 77-83, 1980
- 10) Essig D, Costill DL, Van Handel PJ. Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. *J Med Sci Sports* 1 : 86-90, 1980
- 11) Ivy JL, Costill DL, Fink WJ, Lower RW. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. *J Med Sci Sport* 11 : 6, 1979
- 12) Knapik JJ, Jones BH, Toner MM, Daniels WL,

- Evans WJ. Influence of a caffeine on serum substrate changes during running in trained and untrained individuals, *Biochemistry of exercise*, Human kinetics publishers, Inc, pp514-519, Illinois, 1983
- 13) Erickson MA, Schwarzkopf RJ, Mckenzie RD. Effect of caffeine fructose and glucose ingestion on muscle glycogen utilization during exercise. *J Med Sports* 19 : 579-583, 1987
 - 14) Ivy JL, Costill DL, Fink WJ, Maglischo E. Contributions of medium and long chain triglyceride intake to energy metabolism during prolonged exercise. *Int J sports Med* 1 : 12-20, 1980
 - 15) Costill DL, Miller J. Nutrition sport carbohydrate and fluid balance. *Int J Sports Med* 1 : 2-14, 1980
 - 16) Essig D, Costill DL, VanHandel PJ. Muscle glycogen and triglyceride use during leg cycling following caffeine ingestion. *J Med Sci sports* 17 : 109, 1980
 - 17) Powers SK, Byrd RJ, Tulley, Callender T. Effects of caffeine ingestion and metabolism on performance during graded exercise. *Eur J Appl Physiol* 50 : 301-307, 1983
 - 18) Wilcox A. The effects of caffeine and exercise on body weight and adiposity in the rat. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 13 : 122, 1981
 - 19) Kavinsky PJ, Shechosky S, Fletterick RJ. Synergistic regulation of phosphorylase a by glucose and caffeine. *J-Biological Chemistry* 253 : 9102-9106, 1978
 - 20) Crass MF. Heart triglyceride and glycogen metabolism, effects of catechol amine, dibutyryl cAMP, theophylline, and fatty acids. *Recent advances in the study of cardiac structure and metabolism* 3 : 275, 1973
 - 21) Randle PJ. Endocrine control of metabolism. *Annual Reviews of Physiology* 25 : 291-324, 1963
 - 22) Costill DL, Coyle E, Dalsky W, Evans W, Fink D, Hoopes. Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J Appl Physiol* 43 : 695-699, 1977
 - 23) Hickson RC, Rennie MJ, Conlee RK, Winder WW, Holloszy JO. Effects of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance. *J Appl Physiol* 43 : 829-833, 1977
 - 24) Rennie M, Winder WW, Holloszy JOA. Sparing effect of increased free fatty acids on muscle glycogen content in exercising rat. *Biochemical Journal* 156 : 647-655, 1976
 - 25) Josephine A, Hsiao TY, William WW. Effect of caffeine on glycogenolysis during exercise in endurance trained rats, *Medicine and science in sports and exercise* 21, 2, 1989
 - 26) Michael JB, John VS, Andrew SW, Beth B. Dissociation of the ventilatory and lactate thresholds following caffeine ingestion. *Medicine and science in sports and exercise* 23(4) : 463-469, 1991
 - 27) Doubt TJ, Hsieh SS. Additive effects of caffeine and cold water during submaximal leg exercise. *Medicine and science in sports and exercise* 23(4) : 435-442, 1991
 - 28) Temples TE, Haymes EM. The effect of caffeine on substrates in a cold and neutral environment. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 13 : 176, 1981
 - 29) Cadarette BS, Levine L, Berube CL, Posner BM, Evans WJ. Effects of varied dosages of caffeine on endurance exercise to fatigue. *Biochemistry of exercise* 13 : 871-876, 1983
 - 30) Mirkin FG. Caffeine and Endurance. *Medical Advice Runner's World*, pp90-94, New York, 1985
 - 31) Winder WW. Effect of intravenous caffeine on liver glycogenolysis during prolonged exercise. *J Med Sci Sports* 18 : 192-196, 1986
 - 32) Casal DC, Leon AS. Failure of caffeine to affect substrate utilization during prolonged running. *J Med Sci Sports* 17 : 174-179, 1985
 - 33) 민창기 · 박해근 · 홍성표 · 진종귀. Caffeine과 glucose 투여가 지구성운동중 대사 및 호흡기능에 미치는 효과. *스포츠과학종합보고서* 15 : 75-78, 1986
 - 34) Tarnopolsky MA, Atkinson SA, MacDougall JD, Sale DG, Sutton JR. Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. *J Med Sci Sports* 21 : 418-424, 1989
 - 35) Waldeck B. Sensitization by caffeine of central catecholamine receptors. *Journal of Neural Transmission* 34 : 61-72, 1973

조 흥 관

- 36) Breckenridge BM, Burn JH, Matshinsky FM. Theophylline, epinephrine and neostigmine facilitation on neuromuscular transmission. *Proceedings of the National Academy of Science* 57 : 1893-1897, 1967
- 37) Chuck LHS, Parmley WW. Caffeine reversal of length-dependent changes in myocardial contractile state in the cat. *J Circulation Reserch* 47 : 692, 1980
- 38) Coleman AWW, Coleman JR. Characterization of the methylxanthine-induced propagated wave phenomenon in striated muscle. *J Experimental Zoology* 212 : 403-413, 1980
- 39) Hartree W, Hill AV. The heat production of muscles treated with caffeine or subjected to prolonged discontinuous stimulation. *J Physiology* 58 : 441-454, 1984
- 40) Macintosh BR, Barbee RW, Stainsby WN. Contractile response to caffeine of rested and fatigued skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and exercise* 13 : 95, 1981
- 41) Robertson D, Wade D, Workman R, Woosley RL, Oates JA. Tolerance to the humoral and hemodynamic effects of caffeine in man. *J Clinical Investigation* 67 : 1111-1117, 1981
- 42) Gould L, Manoj Duman Goswami CV, Ramana R, Gomprecht R. The cardiac effects of tea. *J Clinical Pharmacology* 13 : 469-474, 1973
- 43) Powers SK, Dodd S. Caffeine and endurance performance. *J Med Sports* 2 : 165-174, 1985
- 44) Sasaki HJ, Maeda S, Usui T, Ishiko. Effects of sucrose and caffeine ingestion on performance of prolonged strenuous running. *J Med Sci Sports* 8 : 261-265, 1987
- 45) Giles D, Maclaren D. Effects of caffeine and glucose ingestion on metabolic and respiratory functions during prolonged exercise. *J Med Sci Sports* 2 : 35-46, 1984
- 46) Vanhandel PJ, Burke E, Costill DL, Cote R. Physiological responses to cola ingestion. *J Reserch Quarterly* 48 : 436-444, 1977
- 47) Gaesser GA, Rich RG. Influence of caffeine on blood lactate response to cola incremental exercise. *Int J Sports Med* 6 : 207-211, 1985
- 48) Richter EN, Ruderman H, Gavras E, Belur H, Galbo. Muscle glycogenolysis during exercise : dual control by epinephrine and contractions. *Am J Physiol* S242 : 25-32, 1982