Journal of Life Science **2004**, Vol. 14. No. 4. 573~576 ©JLS

유도선수들의 반복운동이 혈중 코티졸과 지질과산화 및 creatine kinase 활성에 미치는 영향

백일영[1] · 곽이섭* · 이문열[1]

동의대학교 레저스포츠학과, [1]연세대학교 체육학과

Received June 19, 2004 / Accepted July 17, 2004

The Effects of Repetitive Exercise on the Blood Cortisol, MDA, and Creatine Kinase Activity in Judoist. Paik, Il-Young, Kwak, Yi-Sub* and Lee, Moon-Youl[1]. *Department of Physical Education and Leports, Dongeui University, Busan 614-714, Korea, [1]Department of Physicol Education, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea* – The purpose of the present study is to investigate the lipid peroxidation, creatine kinase activity and cortisol hormone levels following the training intensity in elite judo players. Six elite Judo players participated in the experiments (3h repetition judo program), which include stretching, judo skill practice and cool down without recess. Blood sampling were taken at the judo gymnasium at the time of resting, 1h training, 2h training, 3h training, 2h recovery, and 24h recovery time and this were analyzed for CK, MDA and Cortisol levels. The results obtained were analyzed via repeated measures of ANOVA using SPSS package program (ver.10.0) and a value of $p<.05$ was considered statistically significant. The results from this study were as follows. In the CK levels, which reflect the contribution of creatine phosphate and muscle damage degree, there was a significant difference ($p<.05$) after judo training in every period. Recovery 24h showed the highest level. In the MDA levels, which reflect lipid peroxidation, there was a significant difference ($p<.05$) after judo training. Recovery 2h showed the lowest level. In the cortisol hormone levels, which reflect stress status, there was a significant difference ($p<.05$). In this study, we can conclude that For the trained athletes, MDA level was lower at the time of exercise compare to the other period, this is caused by the increased antioxidant defence mechanism.

Key words – Repetitive Exercise, Cortisol, MDA Creatine Kinase

유도와 같은 강하고도 격렬한 운동 시 체내 산소 섭취량은 급격히 증가하고, 이에 따른 산소 공급이 안정시의 10~15배, 골격근에서는 최대 100배까지 이르면서 독성을 지닌 유리기(free radical)에 의한 산화적 손상이 중요한 역할을 한다고 알려졌다(2). 프리라디칼은 세포와 조직에 산화적 손상을 일으키는 주요원인으로 간주되고 있으며, 이에 따른 지질과산화는 운동시 산소 섭취량의 상승에 비례하고, 골격근 손상에도 관련이 있는 것으로 알려져 있다(9,13). 또한 지질과산화의 증가는 다양한 조직으로부터 MDA (malondialdehyde)를 증가시켜, 운동 강도가 증가하고 지속적일수록 산소 섭취량은 증가하고 지질과산화는 지속되어 세포의 산화적 손상을 일으킨다. 하지만 세포내에서 프리라디칼이 발생할 때, 이의 유해성을 막아주기 위하여 항산화 효소가 같이 활성화되며, 이러한 기전은 꾸준히 유산소 훈련을 한 훈련군에게서 잘 나타나는 것으로 보고되었다. 그리고 일상생활에서 스트레스를 많이 받거나 운동 활동을 많이 하는 경우 추가적인 항산화제의 섭취가 권장된다고 할 수 있다. 운동 활동시 스트레스에 대한 반응으로 부신 피질(adrenal cortex)에서는 스트레스 호르몬의 한 종류인 코티졸 호르몬이 분비되는데, 코티졸 호르몬은 근육에서 단백질 합성을 감소 시키고, 이화작용을 증가 시키는 등 탄수화물, 지방, 단백질 대사에 영향을 미치고, 간에서는 당신생(gluconeogenesis)을 도와주고 정상적인 면역반응을 유지하는 데에 필요한 호르몬으로 알려졌다(6).

한편, 동양에서 무도의 한 종목으로 발전해온 유도는 5분간 행해지는 동안 상당한 체력소모와 순발력을 필요로 하며, 운동 특성상 거의 모든 근육을 사용하기 때문에 근육의 손상은 물론 세포의 손상을 유발할 수 있다. 따라서 본 연구는 국가 대표급 유도 선수를 대상으로 하여 유도 훈련 프로그램을 반복적으로 수행하게 했을 경우와 회복시 혈중 CK (creatine kinase), MDA, 및 cortisol 농도를 비교분석 하여 단기간의 격렬한 운동시 에너지원으로 사용되는 크레아틴의 이용정도와 운동스트레스 정도를 과학적으로 정립하여 유도선수들의 운동상해 방지는 물론 세포손상을 막는데에 목적이 있다.

연구방법

연구대상

본 연구에 참여한 피험자들은 유도경력이 5년 이상인 국가 대표 급 유도선수들로서 특정 질병을 가지지 않은 6명을 대상으로 하였다. 실험 전 타당성 있는 결과를 얻기 위하여 무리한 신체활동을 하지 않도록 하였으며 약물복용, 및 금주, 금연을 하였고, 실험 4시간 전에는 금식 시켰다. 신체적 특성은 Table 1과 같다.

*Corresponding author
Tel : +82-51-890-2213, Fax : +82-51-890-2643
E-mail : ysk2003@deu.ac.kr

Table 1. Physical characteristics (Mean±SD)

나이(yrs)	신장(cm)	체중(kg)	체지방율(%)
22.83±0.75	170.65±9.04	79.76±10.60	19.90±4.88

체지방 측정

모든 피험자들은 본 실험에 들어가기 전에 체지방을 측정하였다. 체지방의 측정은 전기 저항법에 의한 Biodynamics 社(USA) Model 310의 Body Composition Analyzer를 이용하여 측정하였다. 측정을 위하여 전날 저녁식사 이후부터 금식하였으며, 팔과 다리를 각각 6인치 정도 벌린 상태로 편안한 복장을 하고 침대에 누워 우측 발등과 손목, 그리고 우측 손등 정 중앙과 발가락에 각각 전극을 부착한 후, 피험자가 전혀 움직이지 않은 상태에서 측정하였다.

유도 운동부하

운동부하는 오전 11시에서 오후 2시 사이의 신체기능이 원활한 상태에서 습도 55~55%와 온도 24~25℃를 유지하는 유도장에서 실시하였다. 유도 운동부하는 대학 유도선수들이 일반적으로 실시하고 있는 프로그램을 1시간 단위로 구성하였으며, 휴식 없이 3회 반복 하였다. 측정전에는 피험자들에게 최대한의 안정을 취하게 하여 안정시, 운동부하 종료 후 2시간의 회복시기와 24시간의 회복시기를 가졌으며, 유도 운동부하 프로그램은 Table 2와 같다.

혈액채취

채혈은 안정 시, 운동부하 1시간, 운동부하 2시간, 운동부하 3시간, 회복 2시간, 회복 24시간 등 총 6회에 걸쳐 실시하였다. 모든 피험자들은 테스트를 하는 동안, 각 시기마다 5 ml의 혈액을 채취하였다.

CK, MDA, Cortisol 분석

5 ml plain vacutainer를 사용하여 채취한 혈액은 30분간 실온에 보관한 후 2500~3000 rmp으로 10~15분간 원심 분리하여 creatine kinase와 MDA 그리고 cortisol을 분석하는데 사용하였다. 우선 CK의 측정은 BOEHRINGER MANNHEIM 社에서 나온 Kit를 사용하여, buffer 6×45 ml에 enzyme 6EA의 분말을 넣어 혼합하고, 3×100 ml의 Buffer에는 3EA의 creatine phosphate 분말을 넣어서 혼합한 뒤, 일본에서 제작된 HITACHI 7150으로 분석하였다.

Table 2. Exercise Load

분류	프로그램 내용	시간
준비운동	스트레칭 및 체조	10분
주운동	2인 1조 부딪히기 20회×10세트	20분
	끌면서 익히기	10분
	자유 연습 3회	15분
정리운동	스트레칭 및 체조	5분

MDA는 Oxis社(美)의 BIOXYTECH LPO-586 kit를 사용하여, Hewlette Packard社(美)의 Spectrophotometer를 이용한 비색법으로 분석하였다. 먼저, sample 및 sample blank에 200 μl씩 검체를 분주하고, reagent blank에 증류수 200 μl씩 분주하였다. 그런 다음 0.5 M butylated hydroxytoluene을 10 μl씩 sample, standard, reagent blank에 넣었고, 희석된 10.3 mM N-methyl-2-phenylindol 650 μl을 추가로 넣은 후, 혼합한 다음, 36% HCL 150 μl를 첨가하여 혼합하였다. 그런 다음, 45℃에서 60분간 배양시킨 후, 표본을 얼음에 식힌 다음, 15,000×g에서 10분간 원심 분리하여 상청액을 cuvette에 옮긴 후 586 nM에서 흡광도를 측정하였다.

코티졸은 DPC의 Coat-A-Count cortisol 시약을 사용하여 Packard 社의 COBRA-II gamma-counter 분석기를 가지고 방사성 물질로 표지한 물질을 피검물질과 반응시켜 항원 또는 항체농도를 측정하는 방법인 Radioimmunoassay (RIA) 방법으로 분석하였다.

통계처리

자료는 SPSS 통계 package (ver. 10.0)를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하고, 훈련시간에 따른 CK, MDA, cortisol의 변화형태를 알아보기 위해 반복 측정에 의한 분산분석법을, 사후 검증은 Turkey를 이용하였다.

결과 및 논의

CK의 변화

반복운동에 따른 CK의 변화는 Table 3과 Fig. 1에 나타나 있다. 혈중 CK는 운동 1시부터 증가하여 반복운동이 지속되는 동안 현저한 증가를 나타내었고, 회복시에도 증가를 하여 회복 2시와 회복 24시에도 활성화가 나타났으며, 회복 24시에서 가장 높은 값을 나타내었다. 일반적으로 CK의 혈중 활성도는 근 손상 정도를 나타낸다고 알려졌으며, 운동에 의해 유발된 근육 통증과 산화적 손상 사이에 연관성이 있다고 알

Table 3. The change of CK, MDA, and Cortisol following the repetitive exercise (Mean±SD)

시기	CK (μ/L)	MDA (nM/ml)	Cortisol (μg/dl)
안정	295.67±254.40	1.42±0.68	14.46±6.15
운동1시	393.83±359.54*	1.15±0.67*	25.30±7.41*
운동2시	518.50±417.90*	0.73±0.29*	28.52±11.25*
운동3시	681.50±494.05*	0.82±0.33*	35.58±12.69*
회복2시	938.67±635.04*	0.72±0.08*	17.59±7.18
회복24시	2451.67±1016.26*	0.98±0.32*	13.10±4.25

CK: Creatine Kinase, MDA: Malondialdehyde.
*p<.05.

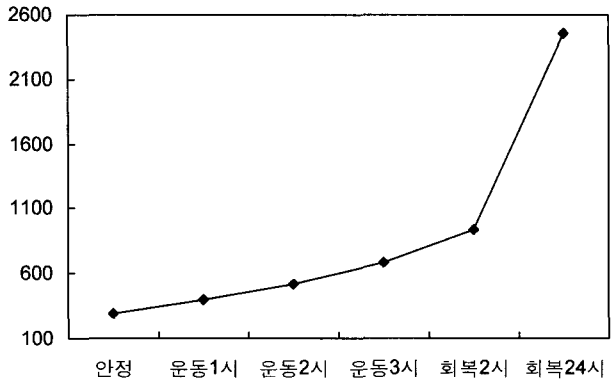

Fig. 1. The changes of CK following the repetitive exercise.

려져 있다(8,12). 근육에서 파생된 CK의 혈장 활성도는 운동 후 즉시 증가되지 않고, 운동 후 6시간에서 24시간 정도에서 최대치에 도달하게 된다고 보고되었다(8). 본 연구의 결과, 회복 24시간에서 활성도가 가장 높게 나타나, 선행연구와 일치하는 결과를 보였고, CK나 LDH와 같은 효소들의 혈장 활성도는 운동 후 어느 정도의 시간이 지난 후에 최대치에 도달하는 것으로 나타난 것과(5) 유사한 연구결과로 보인다. 그리고 반복운동과 회복시기에 증가하는 CK는 운동 시 상당량의 에너지원으로 동원된 ATP의 복원에 CP의 phosphate가 동원되는 것으로 사료된다.

MDA의 변화

반복운동에 따른 MDA의 변화는 Table 3과 Fig. 2에 나타나 있다. 본 연구의 결과로 혈중 MDA는 안정시에 비해 운동 1시는 감소된 수치를 보였고, 반복운동이 지속되는 동안 계속해서 감소되는 수치를 보였고, 회복 24시 시점부터 안정시로 회복되는 경향으로 나타났다. 지질과산화는 조직손상의 지표로서, 격렬한 운동에 의해 급격하게 증가된 산소공급에 따라 산화적 스트레스는 심화되고, 지질과산화가 심화된다는 것이 지배적인 의견이다. 즉, 지질-프리라디칼 상호 작용으로 형성된 과산화물(peroxides)은 불안정하고 활성적이며, 자가 촉매적 연쇄반응을 연속적으로 발생시킴으로 세포의 광범위한 손상을 일으킬 수 있다(3).

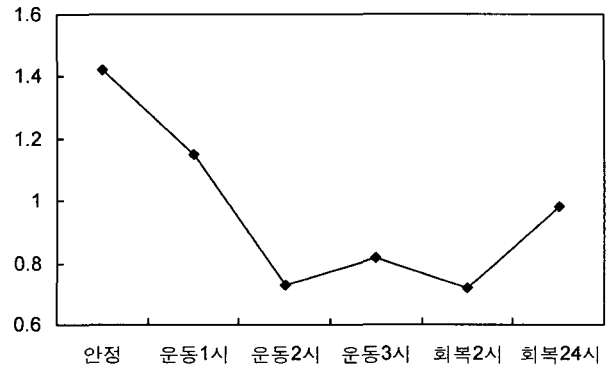

Fig. 2. The changes of MDA following the repetitive exercise.

그러나 본 연구에서 지질과산화의 생체 지표인 혈중 MDA가 반복 운동 시 CK와는 다른 양상으로 나타났으며, 반복 운동 시 현저하게 감소하였다가 회복 24시는 지나야 어느 정도 안정수치를 회복하는 것으로 밝혀졌다. 이러한 결과는 운동으로 인하여 산화적 스트레스가 발생하고(1,11), 힘든 운동은 훈련된 상태와 상관없이 조직손상을 일으키고, 마이토콘드리아의 SR (sarcoplasmic reticulum)과 ER (endoplasmic reticulum) 보존을 소실시키며, 지질과산화를 증가시킨다고 하는 연구들(14,15)과는 상반된 결과를 나타내었고, 운동이 기능적으로 심각할 정도의 산화적 스트레스를 일으키지 않는다고 한 연구보고(16,17)와 훈련된 실험동물을 대상으로 수영운동 후 지질과산화가 감소되었다는 연구보고(19)와 일치된 결과를 보이고 있어, 서로 상반된 연구결과로 나타난다. 이러한 결과는 이전의 꾸준한 훈련으로 인한 항산화 방어체계가 향상된 결과로 해석될 수 있으며, 수행된 반복운동 또한 이들이 수행한 훈련과 같은 형태여서, 생성된 과산화물에 대한 항산화 방어기전이 증가된 결과로 해석되며, 꾸준한 훈련은 항산화 방어체제를 활성화시킨다는 선행연구를(4,10)반영하는 결과로 추론된다.

Cortisol의 변화

반복운동에 따른 cortisol의 변화는 Table 3과 Fig. 3에 나타나 있다. 본 연구의 결과로 cortisol 호르몬은 안정 시에 비해 운동 1시부터 현저하게 증가를 하여 반복운동이 지속되는 동안 계속 증가하는 수치를 보였다. 그리고 회복 2시부터 다시 수치가 감소하였고, 회복 24시에 안정 시 수치를 보였다. 스테로이드 호르몬의 한 종류로서 에너지 기질의 대사, 다른 호르몬의 합성과 분비 촉진, 생식기능의 조절, 신경계에 대한 영향, 면역기능에 관여하는 Cortisol 호르몬은 오전에 많이 분비되다가 오후에 가장 낮은 수치를 보이고(18), 운동활동에 따라서 증가를 하고 운동 종료 후 증가하다가 회복 시 감소하는 것으로 알려져 있다(7). 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것이며, 본 연구를 통하여 반복운동이 꾸준히 시행하여온 운동과 같은 형태일지라도 신체적 스트레스가 코티졸을

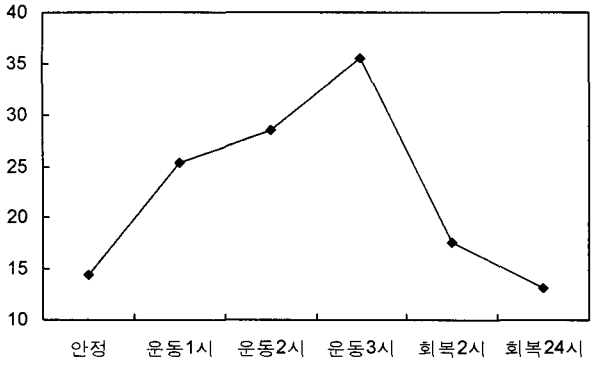

Fig. 3. The changes of Cortisol following the repetitive exercise.

현저히 증가 시킨다는 사실을 명확히 규정할 수 있었다. 하지만 반복 운동시 에너지 기질동원의 측면에서 나타난 증가된 수치의 CK와 반복운동 스트레스의 결과로 증가된 cortisol 및 훈련된 상태에서 상대적으로 감소된 MDA를 서로 연관 지어 해석하는데 어려움이 있으므로 추후 반복 운동시 세포 수준에서 이들의 증·감과 더불어 항산화 효소의 활성을 동시에 측정할 필요가 있는 것으로 사료된다.

결 론

반복운동에 따른 유도선수들의 혈중 지질과산화, 코티졸 및 CK 활성에 미치는 영향을 연구한 결과, 반복운동에 따른 CK 활성은 계속적으로 증가를 하여, 회복 24시에 가장 높은 값을 나타내었고, MDA는 반대로 반복 운동 시 감소하다가 회복 24시에 안정시의 수치로 회복되는 것으로 나타났으며, cortisol은 반복 운동 시 현저히 증가를 하다가 회복 24시내에 안정 시 수치로 감소하였다. 따라서 반복 운동은 스트레스를 야기 시켜 cortisol 호르몬의 수치를 증가 시키고, 효율적인 에너지원의 동원을 위해 CK를 증가 시키지만, 반복적인 운동은 오히려 MDA의 감소를 일으켜 세포의 산화를 유발하지 않는 것으로 나타났다. 이는 반복 운동 시 항산화 방어체계가 활성화되어 산화- 항산화 균형을 유지하는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Bejma, J., Ramires, P., & Ji, L.L. 2000. Free radical generation and oxidative stress with aging and exercise: differential effects in the myocadium and liver. *Acta. Physiologica. Scandinavica.* **169**(4): 343-351.
2. Chinda, D. Umeda, T., Shimoyama, T., Kojima, A., Tanabe, M., Nakaji, S., & Sugawara, K. 2003. The acute response of neutrophil function to a bout of judo training. Luminescence. Sep-Oct; **18**(5): 278-282.
3. Cotran, R. S., Kumar, V., & Gollins, T. 1999. Pathologic Basis of Disease. *6th ed. saunders Co. philadelphia.* PP 494-541.
4. Evans, W.J. 2000. Vitamin E, Vitamin C, and exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* Aug: **72**(2): 647S-652S.
5. Friden, J., Sjostrom, M., & Ekblom, B. 1983. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of sports Medicine.* **4**: 170-176.
6. Jefferies, W.M. 1991. Cortisol and immunity. *Medicine Hypotheses.* Mar; **34**(3): 198-208.
7. Kanaley, J.A, Weltman, J.Y, Pieper, K.S, Weltman, A. & Hartman, ML. 2001. Cortisol and Growth Hormone Responses to Exercise at Different Times of Day. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* **86**(6): 2881-2888.
8. Kanter, M. M., Lesmes, G. R., Kaminsky, L. A., La Ham-Sanger, J., & Nequin, N. D. 1988. Serum creatine kinase and lactate dehydrogenase changes following and eighty kilometer race. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology.* **57**: 60-63.
9. Kanter, M. M., Nolte, L. A., & Holloszy, J. O. 1993. "Effect of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and post exercise". *Journal of Applied physiology,* **74**: 965-969.
10. Kwak, Y. S., Yoo, B. I., Park, C. H., & Hwang, H. J. 2003. The effect of swimming training on MDA, HR, and antioxidant enzymes in the Sprague-Dawley Rats. *Korean Journal of Sport Science,* **14**(4): 21-27.
11. Lui, J., Yeo, H. C., Overvik-Douki, E., Hagen, T., Doniger, S. T., Chu, D. W., Brooks, G. A., & Ames, B. N. 2000. Chronically and acutely exercised rats: bio markers of oxidative stress and endogenous antioxidants. *Journal of Applied Physiology.* **89**: 21-28.
12. Maughan, R. J., Donnelly, A. E., Gleeson, M., Whiting, P. H., Walker, K. A., & Clough, P. J. 1989. "Delayed-onset muscle damage and lipid peroxidation in man after a downhill run". *Muscle & nerve.* **12**: 332-336.
13. Maxwell, S.R., Jakeman, P., Thomason, H., Leguen, C., and Thorpe, G.H. 1993. Changes in Plasma antioxidant status during eccentric exercise and the effect of vitamin supplementation. *Free. Radic. Res. Commun.* **19**(3): 191-202.
14. Polidori, M. C., Mecocci, P., Cherubini, A., & Senin, U. 2000. Physical activity and oxidative stress during aging. *International. Journal of Sports Medicine.* **21**(3): 154-157.
15. Pyne, D. B., Smith, J. A., Baker, M. S., Telford, R. D., & Weidemann, M. J. 2000. Neutrophil oxidative activity is differentially affected by exercise intensity and type. *Coll. Antropol.* Jun; **21**(1): 17-28.
16. Seward, S. W., Seiler, K. S., & Starnes, J. W. 1995. Intrinsic myocardial function and oxidative stress after exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology.* **79**: 251-255.
17. Tauler, P., Gimeno, I., Aguilo, A., Guix, M. P., & Pons, A. 1999. Regulation of erythrocyte antioxidant enzyme activities in athletes during competition and short-term recovery. *Pflugers. Arch.* **438**(6): 782-787.
18. Veldhuis, J. D., Iranamesh, A., Lizarralde, G. & Johnson, M. L. 1989. Amplitude modulation of a burst like mode of cortisol secretion subserves the circadian glucocorticoid rhythm. *American Journal of Physiology.* 257: E6-E14.
19. Venditti, P, & Di Meo, S. 1997. Effect of training on antioxidant capacity tissue damage and endurance of adult male rats. *International Journal of Sports Medicine.* Oct; **18**(7): 497-502.