

비타민 B₂ 부족이 운동중 연료의 이용과 회복에 미치는 영향*

조 윤 옥 · 유 신 원

덕성여자대학교 식품영양학과

The Effect of Vitamin B₂ Deficiency on the Utilization and Recuperation of Fuel in Exercising Rats

Cho, Youn Ok · Yu, Shin Won

Department of Foods & Nutrition Duksung Woman's University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of vitamin B₂ deficiency on the utilization and recuperation of fuel in exercising rats. Thirthy six rats were fed either a vitamin B₂ deficient diet (-B₂) or a control diet (+B₂) for 3 weeks and then subdivided into 3 groups ; non-exercise group (NE), exercise group (ES), exercise and recuperation group (ER). ES group were exercised on treadmill (10°, 0.5-0.8km/h) for 2 hours and ER group were recuperated three days with the respective diet after exercise. Glucose (GLU), glycogen (GLY), protein (PRO), triglyceride (TG) and free fatty acid (FFA) were compared in plasma (P), liver (L) and skeletal muscle (M) of rats. Compared to +B₂ rats, in NE group, the level of P-GLU and L-GLY of -B₂ rats was lower, L-PRO and M-GLY was higher and there were no differences in P-PRO, P-FFA, L-TG and M-TG. In ES group, the level of P-GLU was lower, P-FFA was higher and there were no differences in P-PRO, P-TG, L-GLY, L-TG, M-GLY, M-TG and M-PRO. In ER group, the level of P-GLU and L-TG was lower, P-FFA was higher and there were no differences in P-PRO, P-TG, L-GLY, L-PRO, M-GLY, M-TG and M-PRO. These results suggest that a vitamin B₂ deficiency may impair the utilization of stored fuel during exercise and may lead a sluggish recuperaion related to fuel stores after exercise. (*Korean J Nutrition* 29(7) : 772~777, 1996)

KEY WORDS : vitamin B₂ deficiency · exercise · recuperation · fuel utilization.

서 론

경제적 수준이 향상되면서 국민 영양 상태가 많이 향상 되었으나 아직도 비타민 B₂의 섭취는 조사 대상자의 1/3 이상이 비타민 B₂ 영양 소요량의 75%미만을 섭취하고 있는 실정이다¹⁾. 비타민 B₂의 장기간 섭취 부족은 체내 비타민 B₂의 결핍 상태를 초래하여 비타민 B₂로부터 만

들어지는 flavin mononucleotide(FMN)와 flavin adenine dinucleotide (FAD)와 같은 조효소들의 수준이 감소될 것이다. 이 riboflavin 조효소는 여러 종류의 효소계에서 작용을 하며 ATP의 생성을 유도하는 전자 전달계에서 carrier로서 체내 연료대사 조절기전에 중요한 역할을 한다. FAD와 FMN은 acyl-CoA 탈수소효소의 조효소로 지방 합성과 분해 양 반응에 모두 관여하며²⁾ 비타민 B₂ 결핍시 peroxisomal palmitate 산화가 감소하였다³⁾. 또한 비타민 B₂가 결핍된 쥐의 간장 mitochondria에서 long chain과 medium chain 지방산 산화가 억제되었는데^{4,5)} 이 효과는 acyl-CoA dehy-

채택일 : 1996년 8월 12일

*본 연구는 1995년도 덕성여자대학교 연구비지원으로 수행된 것임.

rogenase의 억제 결과로⁶⁷⁾ 보고되었다. 동물 체내에서는 연료 대사가 상호 연관성을 갖고 일어나므로 비타민 B₂ 결핍으로 인해 운동에 대처하는 각각의 연료 대사가 어떤 영향을 받는가는 건강 유지 측면에서 중요성을 띠고 있다. 특히 운동 중에는 연료 대사가 원활히 일어나야 하며, 한정된 기관 특히 근육에 신속히 에너지가 공급되어야 하는 특수성 때문에 조효소들의 공급이 원활하지 못할 경우 연료 대사에 지장이 발생할 수 있으며 이는 지구성 운동(endurance exercise)시 밀접한 관계를 갖게 되며 지구성 운동후 소모된 저장 연료의 재저장은 다음 운동을 위한 준비 단계로 필수적이다. 운동이 비타민 B₂의 요구량을 증가시키는지 조사한 연구에서는 운동이 비타민 B₂의 요구량을 증가시키지는 않았으나 근육세포의 총비타민 B₂ 보유량을 증가시켰으며⁶⁸⁾, 비타민 B₂ 영양 상태가 좋지 않은 사람이 운동을 할 때에는 체내 비타민 B₂ 영양 상태가 악화되었음이 보고되었다⁶⁹⁾. 그러나 훈련기간중 비타민 B₂ 섭취를 증가시켜도 운동 수행능력의 항상 효과는 항상 나타나는 것이 아니고 비타민이 결핍된 사람의 경우에만 보충시 항상 효과가 나타났다¹⁰⁻¹⁴⁾. 따라서 본 연구에서는 지구성 운동시 비타민 B₂ 결핍이 체내 저장 연료 이용에 미치는 영향을 조사하고자 하였으며, 격심한 운동후 최소한 48시간후에야 글리코겐이 재저장되었다는 보고¹⁵⁾에 따라 운동후 3일간 회복시킨 후 체내 연료 보유 상황을 조사하고자 하였다.

실험 재료 및 방법

1. 실험 동물 및 식이

이유기의 Sprague-Dawley 수컷쥐 36마리를 가급적 체중을 비슷하게 맞추어서 2군으로 나누었다. 실험식이 시작된 일주일간 모든 군에게 AIN-76¹⁶⁾에 따른 조제식이인 대조식이(+B₂)를 공급하여 새로운 환경 및 식이에 적응시킨 후 +B₂군식이 또는 AIN-76에 따른 조제식에서 비타민 B₂만을 제외시킨 비타민 B₂ 결핍식이(-B₂)를 3주간 공급하였다. 실험식이후 가급적 체중을 맞추어 다시 세군으로 나누어 각각 운동을 전혀 시키지 않았거나(NE), 희생 당일에 2시간 동안 treadmill(10°, 0.5~0.8 km/h)에서 운동을 시켰거나(ES), 희생 3일전 2시간 동안 위와 같은 방법으로 운동을 시킨 후 3일간 각 실험식을 공급하여 회복시켰다(ER).

+B₂군과 -B₂군과의 식이섭취량의 차이에서 오는 대사 변이를 최소화하기 위해 pair-feeding을 실시하였다. 물은 무제한으로 공급하였다. 실험 동물은 단두로 희생시킨 직후 heparinized tube에 혈액을 모아 원심분리(sorvall ultracentrifuge, Model RC-5C)하여 혈장을 취하

고, 장기와 뒷다리 상단부의 백색 근육을 적출하였다. 혈장과 조직은 분석할 때까지 -40℃에서 냉동 보관하였다.

2. 생화학적 분석방법

식이섭취량은 매일, 체중 변화량은 일주일 단위로 같은 시간에 측정했으며, 식이이용효율(FER)은 총식이섭취량에 대한 총 체중 증가량의 비율로 구하였다.

혈장 포도당, 총 cholesterol, 중성지방, 및 단백질은 각각 GOD-POD효소법, cholesterol oxidase 효소법, Trinder법, 및 Biuret법을 이용한 kit(영동제약, 대한민국)를, 유리지방산은 Acyl CoA synthetase-Acyl CoA oxidase 효소법을 이용한 kit(Eiken Co., Japan), HDL-cholesterol은 Polyethyleneglycol로 LDL, VLDL, Chylomicron을 침전시킨 후 cholesterol량을 측정하는 법을 이용한 kit(International Reagent Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL-cholesterol농도는 Friedwald의 계산식¹⁰⁾을 이용하여 산출하였다. 간장과 근육의 글리코겐 수준은 비색정량법¹⁹⁾으로 정량하였으며 중성 지방과 단백질 함량은 간장또는 근육시료 0.2g을 칭량해서 0.02M-phosphate 완충액에서 마쇄한 후 혈장에서와 같은 방법으로 측정하였다.

3. 통계처리

모든 자료는 비타민 B₂ 결핍과 운동에 따른 효과 및 두 요인간의 상호작용을 알아 보기 위해 2×2 요인분석을 행하였고 각 군간의 평균치 비교는 SAS program에 의한 Duncan's multiple range test로 분석하였으며 유의성검증은 p < 0.05수준에서 하였다.

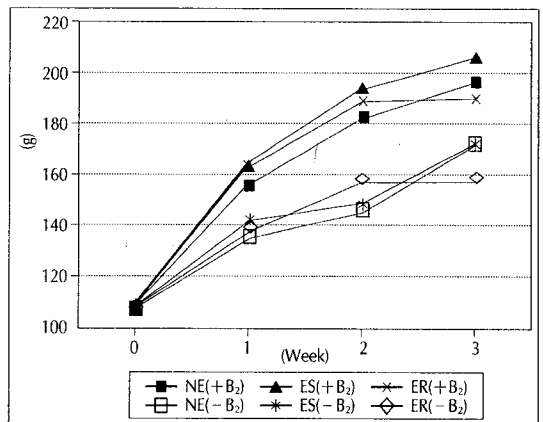


Fig. 1. Effect of vitamin B-2 deficiency on body weight(g) with exercise training. Experimental diets(+B₂ and -B₂) were fed for 3 weeks. : +B₂=control diets pair fed to -B₂ group; -B₂=vitamin B-2 deficient diet; NE=non-exercise; ES=two hours exercise before sacrifice; ER=two hours exercise and recuperation for three days.

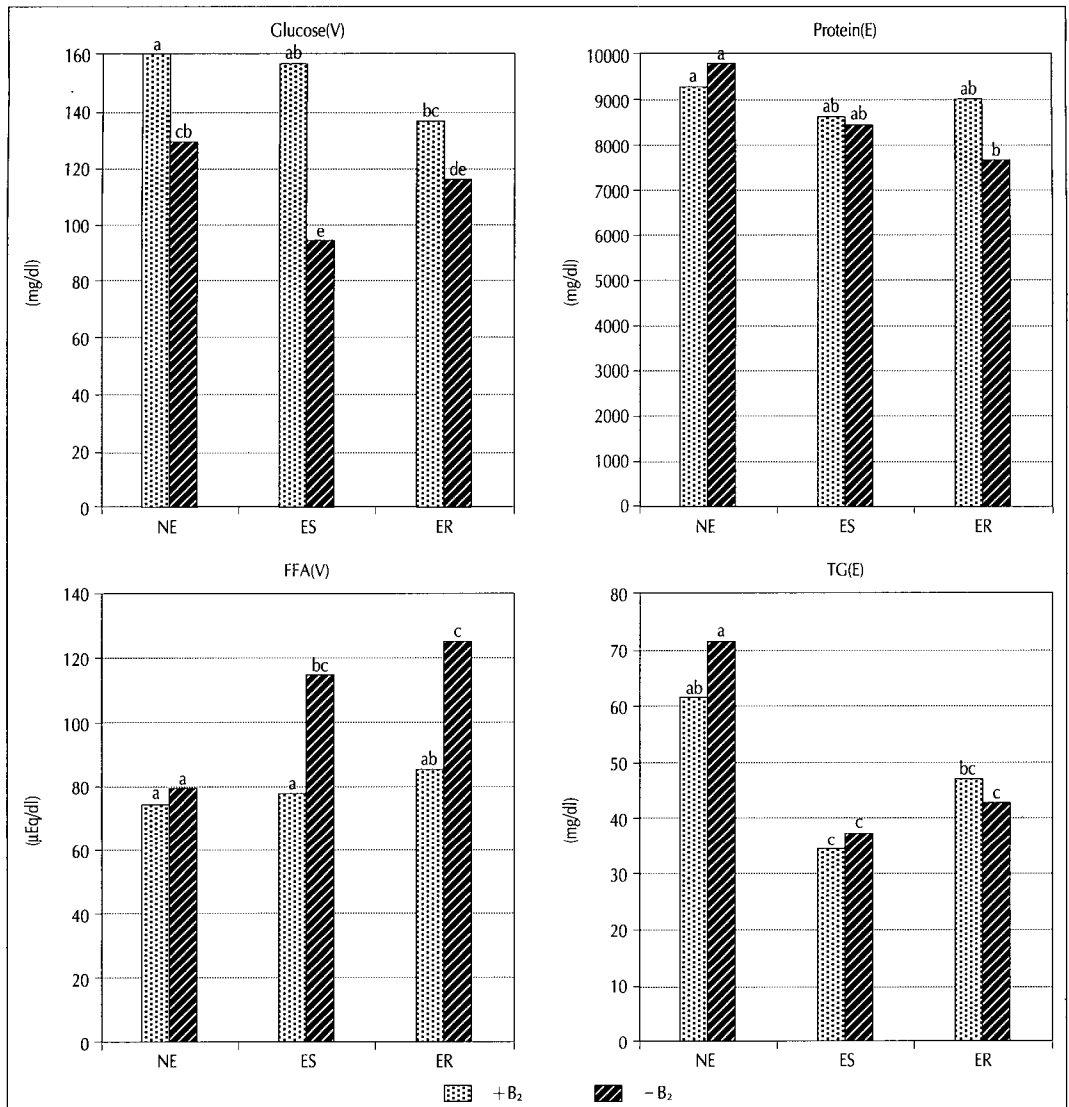


Fig. 2. Effect of vitamin B-2 deficiency on plasma glucose, protein, free fatty acid(FFA), triglyceride(TG) with exercise training. Experimental diets(+B₂ and -B₂) were fed for 3 weeks. Each bar with different letters is significantly different(p < 0.05). : +B₂=control diets pair fed to -B₂ group ; -B₂=vitamin B-2 deficient diet ; NE=non-exercise ; ES=two hours exercise before sacrifice ; ER=two hours exercise and recuperation for three days ; V =vitamin effect ; E=Exercise effect ; V×E=interaction effect between vitamin and exercise.

실험결과

비타민 B₂ 결핍과 운동이 체중에 미치는 영향을 Fig. 1에 제시하였다. 3주후, -B₂군(169.83±20.49g)의 체중이 +B₂군(197.00±9.88g)의 체중에 비하여 가벼웠으며 식이이용효율도 -B₂군(0.24±0.08)이 +B₂군(0.32±0.04)보다 현저하게 낮았다.

Fig. 2에는 운동과 비타민 B₂ 결핍이 혈장 포도당, 단백질, 유리 지방산 및 중성 지방에 미치는 영향을 나타내

었다. 혈장 포도당 수준에는 비타민 B₂ 결핍이 영향을 미쳐 -B₂ 동물이 +B₂ 동물에 비해 낮았다. +B₂ 동물의 각군내에서는 ER군이 가장 낮은 것에 비해 -B₂ 동물내에서는 ES군이 가장 낮았다. 혈장 단백질 수준에는 운동이 영향을 미쳤으며 -B₂ 동물중에는 비운동군에 비하여 ER군만이 유의적으로 낮았다. 혈장 유리 지방산 수준에는 비타민 B₂ 결핍이 영향을 미쳐 +B₂ 동물에 비해 -B₂ 동물이 높은 경향을 보였으며, 특히 운동을 한 군(ES, ER)에서는 +B₂동물에 비해 -B₂ 동물이 유의적으로 높았다. 혈장 중성 지방 수준은 운동이 영향을 미

처 비운동군(NE)들보다, 운동을 한 군(ER, ES)들이 낮았으며, 운동을 한 군들내에서도 ER군들에 비해 ES군들이 낮게 나타났다.

운동과 비타민 B₂ 결핍이 간장내 글리코겐, 중성지방, 단백질 수준에 미치는 영향을 Fig. 3에 제시하였다. 간장 글리코겐에는 주로 운동과 비타민 B₂ 결핍의 상호 작용이 영향을 미쳤으며 운동을 한 군들(ER, ES)에서는 +B₂ 동물에 비해 -B₂ 동물이 다소 높은 경향이 보인 반면 비운동군(NE)에서는 -B₂군이 현저하게 낮았다. 간장 중성지방에는 비타민 B₂ 결핍이 영향을 미쳐 -B₂

동물이 낮은 경향을 보였으며 특히 ER군이 유의적으로 더욱 낮았다. 간장 단백질에는 주로 운동이 영향을 미쳐 +B₂ 동물은 운동여부에 관계없이 일정한 수준을 유지하였으나 -B₂ 동물은 운동을 한 군(ES, ER)이 비운동군보다 낮은 경향을 나타내었다.

Fig. 4에는 운동과 비타민 B₂ 결핍이 근육의 글리코겐, 중성지방, 단백질 수준에 미치는 영향을 나타내었다. 근육 글리코겐수준에는 주로 비타민 B₂ 결핍이 영향을 미쳐 운동군들(ES, ER)에서는 -B₂ 동물이 +B₂ 동물에 비해 다소 높은 경향을 보였으며 비운동군(NE)에서

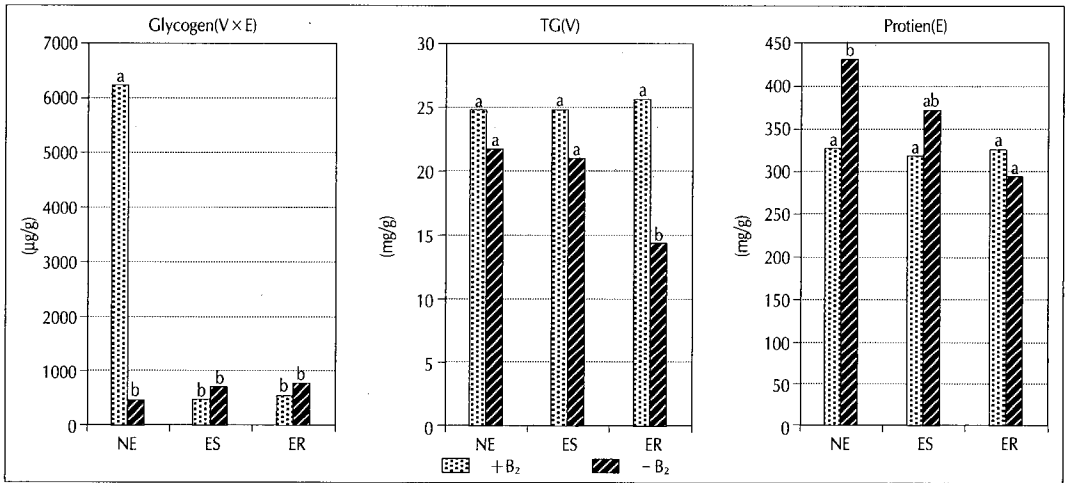


Fig. 3. Effect of vitamin B-2 deficiency on liver glycogen, triglyceride(TG), protein with exercise training. Experimental diets(+B₂ and -B₂) were fed for 3 weeks. Each bar with different letters is significantly different(p < 0.05). : +B₂=control diets pair fed to -B₂ group ; -B₂=vitamin B-2 deficient diet ; NE=non-exercise ; ES=two hours exercise before sacrifice ; ER=two hours exercise and recuperation for three days ; V=vitamin effect ; E=exercise effect ; V×E=interaction effect between vitamin and exercise.

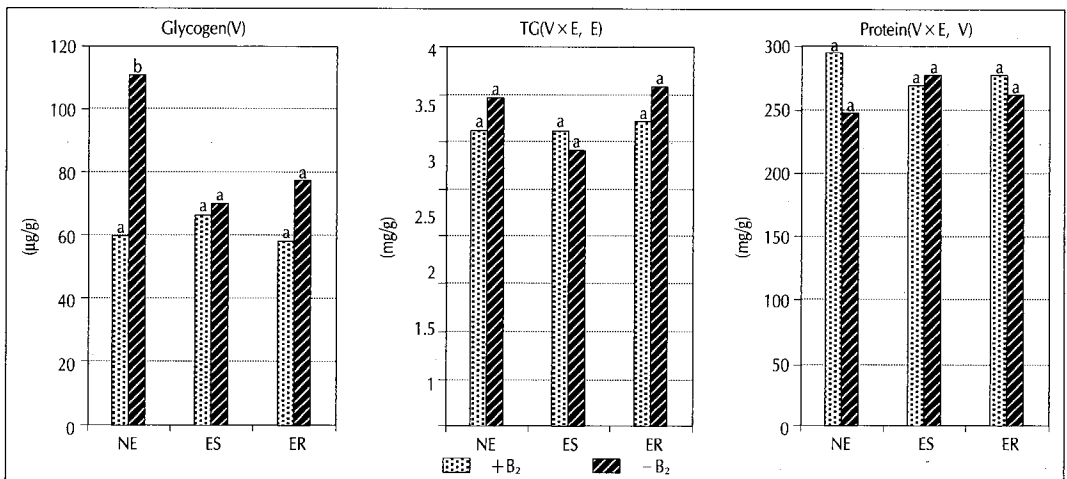


Fig. 4. Effect of vitamin B-2 deficiency on muscle glycogen, triglyceride(TG), protein with exercise training. Experimental diets(+B₂ and -B₂) were fed for 3 weeks. Each bar with different letters is significantly different(p < 0.05). : +B₂=control diets pair fed to -B₂ group ; -B₂=vitamin B-2 deficient diet ; NE=non-exercise ; ES=two hours exercise before sacrifice ; ER=two hours exercise and recuperation for three days ; V=vitamin effect ; E=exercise effect ; V×E=interaction effect between vitamin and exercise.

는 -B₂ 동물이 +B₂ 동물에 비하여 유의적으로 높았다. 근육 중성지방과 단백질에는 주로 운동과 비타민 B₂ 결핍이 각각 영향을 미쳤으나 운동과 비타민 B₂의 상호작용도 영향을 미쳤으며 각 군내 개체의 편차가 커서 각 군들 사이에 유의적인 차이는 보이지 않았다.

고 찰

비타민 B₂ 결핍 동물이 체중증가와 식이이용효율에서 정상군에 비해 현저하게 낮게 나타나 비타민 B₂ 결핍 동물에 대한 다른 연구보고²⁰⁾와도 일치하는 결과를 보였으며 피부질환, 탈모 등 흰쥐의 전형적인 결핍증상²¹⁾이 나타나 -B₂군 동물에게 비타민 B₂ 결핍이 일어난 것으로 추정된다.

운동을 위한 주요 에너지원은 근육 글리코겐, 혈중 포도당, 혈장 유리 지방산과 근육내 중성지방²²⁻²⁴⁾이다. +B₂ 동물에 비해 -B₂ 동물의 혈중 포도당 수준이 운동전부터 운동시, 운동후까지 낮았으며 이 낮은 혈중 포도당 수준은 피로를 증가시킬 수 있으므로²⁵⁾ 비타민 B₂ 결핍은 운동수행능력의 감소와 경이력 저하를 초래할 것으로 예측된다. 비운동군에서 -B₂ 동물의 간장 글리코겐 수준이 +B₂ 동물에 비하여 유의하게 낮았는데 이는 비타민 B₂ 결핍으로 인해 지방산 산화가 저해되어³⁷⁾, 탄수화물이 주요 에너지원이 되어야하므로 간장 글리코겐 수준이 저하되었던 것으로 추정된다. -B₂ 동물의 혈중 포도당 수준이 유의적으로 낮았던 것도 이 추정을 뒷받침하는 증거라 할 수 있다. 그러나 -B₂ 동물의 근육 글리코겐 수준이 높은 것은 그 기전이 규명되어야 할 과제이다. 근육 글리코겐 이용이 많이 요구되지 않는 비운동군에서는 -B₂ 동물의 근육 글리코겐 수준이 높게 유지되었다 하더라도 근육 글리코겐 이용이 많이 요구되는 운동군이나 운동후 회복군에서도 +B₂ 동물과 차이가 없어 비타민 B₂ 결핍이 근육 글리코겐 이용에는 영향을 미치지 않은 것으로 추정된다.

유리 지방산 수준은 에너지 요구량이 많지 않은 비운동시에는 +B₂ 동물과 -B₂ 동물 사이에 차이가 없었으나 에너지 요구량이 증가하는 지구성 운동시와 운동후 회복시에는 +B₂ 동물에 비해 -B₂ 동물이 오히려 높은 경향을 보였다. 특히 지방은 지구성 운동시 중요 연료원으로 탄수화물의 절약작용을 하기위해 피하지방으로부터 유리되어 산화되는데 비타민 B₂ 결핍으로 인해 유리 지방산의 산화가 저해되어 유리지방산이 연료원으로 이용되지 못하여 높은 수준을 나타내었던 것으로 추정된다. 근육내 중성지방 수준은 +B₂ 동물과 -B₂ 동물 사이에 차이가 없었다. 그러나 운동후 회복기간중 근육내 지

방의 주요 공급원이라고 보고된²⁶⁾ 혈장 중성지방이 -B₂ 동물에서 운동후 회복기간중 유의적인 차이는 아니나 낮은 경향을 띄었으며 간장 중성지방 수준도 낮아, -B₂ 동물의 경우 운동후 저장연료의 재저장도 다소 더디 되는 것으로 추정된다.

혈장 및 간장단백질 수준은 +B₂ 동물의 경우 운동여부에 관계없이 일정한 수준을 유지하였으나 -B₂ 동물은 운동을 한 군이 비운동군보다 낮은 경향을 나타내었으며 근육단백질수준은 +B₂와 -B₂ 물 모두 운동여부에 관계없이 일정한 수준을 유지하였다. 이는 운동시 -B₂ 동물은 비타민 B₂ 결핍으로 인해 지방산 이용이 저해되어 탄수화물 절약작용을 못하게 되고 혈중 포도당 수준이 낮아짐에 따라 포도당 신생의 필요성이 더욱 증대되고 이로 인해 그 재료로 쓰일 수 있는 간장 단백질이 감소하기 시작한 것으로 추정된다. 그러나 Amino acid대사는 지구성 운동 필요 에너지의 5~10% 정도를²⁷⁾ 공급하며 근육 단백질은 체내에 상당량 존재하므로 근육으로부터 공급되는 단백질의 절대량은 많았을지라도 단위 중량당의 근육단백질 농도 저하는 유의적인 차이를 보이지 않은 것으로 추정된다.

그러므로 비타민 B₂ 결핍상태에서 지구성 운동을 하면 혈중 포도당 수준이 낮아지고 유리지방산은 연료원으로 이용되지 못하여 피로를 촉진시켜 경이력 저하를 초래할 것이며 회복시에도 주요 연료원의 보충저장이 신속하게 이루어지지 않아 운동 수행 능력의 감소를 초래할 것으로 예상된다.

요약 및 결론

본 연구는 비타민 B₂ 결핍이 지구성 운동시 체내 저장 연료이용에 미치는 영향을 조사하고자 흰쥐를 대상으로 비타민B₂ 결핍식이 또는 대조식을 3주간 먹인 후 비운동군, 운동군, 운동후 회복군으로 나누었다. 운동군은 트레드밀(10°, 0.5~0.8km/h)에서 2시간 운동시키고, 운동 후 회복군은 운동군과 같은 방법으로 운동시킨 후 3일간 각각의 식이로 회복시킨 후 희생시켜, 포도당, 글리코겐, 단백질, 중성지방, 유리지방산 수준을 혈장, 간장, 근육에서 비교하였다. +B₂ 동물에 비하여 -B₂ 동물은 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 비운동군에서는 +B₂ 동물에 비하여 -B₂ 동물은 혈장 포도당과 간장 글리코겐 수준이 낮았으며 간장 단백질과 근육 글리코겐 수준은 높았으며 혈장 단백질, 혈장 유리지방산, 간장 중성지방, 근육 중성지방 수준은 차이가 없었다.

2) 운동군에서는 +B₂ 동물에 비하여 -B₂ 동물은 혈

장 포도당 수준은 낮고, 혈중 유리 지방산 수준은 높았고 혈장 단백질, 혈장 중성지방, 간장 글리코겐, 간장 중성지방, 근육 글리코겐, 근육 중성지방, 근육 단백질 수준은 차이가 없었다.

3) 운동 후 회복군에서는 +B₂ 동물에 비하여 -B₂ 동물은 혈장 포도당과 간장 중성지방 수준은 낮고 혈중 유리 지방산 수준은 높고 혈장 단백질, 혈장 중성지방, 간장 글리코겐, 근육 글리코겐, 근육 중성지방, 근육 단백질 수준은 차이가 없었다.

이상의 결과로 볼 때 비타민 B₂ 결핍상태에서 지구성 운동을 하면 혈장 포도당 수준이 낮아지고 유리지방산이 연료원으로 이용되지 못하여 피로를 촉진시켜 경기력의 저하를 초래할 것이며 회복시에도 주요 연료원의 보충 저장에 신속하게 이루어지지 않아 운동수행능력의 감소를 초래할 것으로 예상된다.

Literature cited

- 1) 93 국민영양조사결과보고서. 보건사회부, 1995
- 2) Cooperman JM, Lopez R. Riboflavin. In : Machlin LJ, ed. Handbook of vitamins, pp.283-310, Marcel Dekker Inc., New York, 1991
- 3) McGarry TD, Foster DW. Regulation of hepatic fatty acid oxidation and keton production. *Ann Rev Biochem* 49 : 395-420, 1980
- 4) Hoppel CL, Dimarco JP, Tander B. Riboflavin : Rat hepatic mitochondrial structure and function. *J Biol Chem* 254 : 4164-4170, 1979
- 5) Brady PS, Hoppel CL. Hepatic peroxisomal and mitochondrial fatty acid oxidation in the riboflavin deficient rat. *J Biochem* 229 : 717-721, 1985
- 6) Sakurai T, Miyazawa S, Furata S, Hashimoto T. Riboflavin deficiency and β -oxidative systems in rat liver. *Lipids* 17 : 598-604, 1987
- 7) Ross NS, Hoppel CL. Acyl-CoA dehydrogenase activity in the riboflavin deficient rat : Effect of starvation. *Biochemical J* 244 : 399-410, 1987
- 8) Hunter KEL, Turkki PR. Effect of exercise on riboflavin status of rats. *J Nutr* 117 : 298-307, 1987
- 9) Soares MJ, Satyanarayana K, Banji MS. The effect of exercise on the riboflavin status of adult men. *Brit J Nutr* 69 : 541-551, 1993
- 10) Powers HJ, Bates CJ, Eccles M. Bicycling performance in Gambian children : Effects of supplements of riboflavin or ascorbic acid. *Human Nutr : Clin Nutr* 41C (1) : 59-69, 1987
- 11) Tremblay A, Biolard F, Breton MF. The effects of a riboflavin supplementation on the nutritional status and performance of elite swimmers. *Nutr Res* 4 : 201-208, 1984
- 12) Winter LRT, Yoon JS, Kalkwarf HJ, Davies JC, Berkowitz MC, Haas J, Roe DA. Riboflavin requirements and exercise adaptation in older women. *Am J Clin Nut* 56 : 526-532, 1992
- 13) Belko AZ. Vitamins and exercise-an update. *Med Sci Sports Exer* 19 (Suppl) : S191-196, 1987
- 14) Williams MH. Vitamin supplement and athletic performance. *Int J Vitam Nutr Res Suppl* 30 : 163-191, 1989
- 15) Piehl K. Time courses for refilling of glycogen stores in human muscle fibres following exercise-induced glycogen depletion. *Acta Physiologica Scandinavica* 90 : 297-302, 1974
- 16) American Institute of Nutrition. Report of the American Institute of Nutrition. Ad Hoc Committee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 107 : 1340-1348, 1977
- 17) American Institute of Nutrition. Report of the Ad Hoc Committee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 110 : 1726, 1980
- 18) Friedwald T, Levy R, Fredrickson D. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18 : 499-502, 1972
- 19) Hassid WZ, Abraham X. Chemical procedures for analysis of polysaccharides. In : Coluwick SP, Kaplan NO, ed. Methods in Enzymology, Vol III, pp.34-50, Academic press, 1957
- 20) Matsuo T, Suzuoki Z. Feeding response of riboflavin-deficient rats to energy dilution, cold exposure and glucoprivation. *J Nutr* 112 : 1052-1056, 1982
- 21) 이상선. 리보플라빈, pp. 106-110, 민음사, 1995
- 22) Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL. Muscle glycogen utilization during prolonged exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol* 61 : 165-172, 1986
- 23) Romijn JA, Coyle EF, Sidossis L. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity. *Am J Physiol* 265 : E380-391, 1993
- 24) Martin WH III, Dalsky GP, Hurley BF. Effect of endurance training on plasma free fatty acid turnover and oxidation during exercise. *Am J Physiol* 265 : E708-714, 1993
- 25) Brotherhood JR. Nutrition and sports performance. *Sports Medicine* 1 : 350-389, 1984
- 26) Oasci LB, Essig DA, Palmen WK. Lipase regulation of muscle triglyceride hydrolysis. *J Appl Physiol* 71 : 445-451, 1991
- 27) Graham TZ, Maclean DA. Ammonia and amino acid metabolism in human skeletal muscle during exercise. *Am J Physiol Pharm* 70 : 132-141, 1992