

지구력 훈련이 혈중 호모시스테인과 비타민 B 수준에 미치는 영향 - 남자 고등학생 필드하키선수를 대상으로 -

강해선* · 이명천** · 유영채*** · 장남수*§

이화여자대학교 생활환경대학 식품영양학과, * 체육과학연구원, ** 용산고등학교***

Effect of Endurance Training on the Plasma Homocysteine and B Vitamin Levels in Male Adolescent Field Hockey Players

Kang, Hae Sun* · Lee, Myung Chun** · You, Young Chae*** · Chang, Namsoo*§

Department of Food and Nutrition of Sciences, * Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

Korea Sports Science Institute, ** Seoul 130-742, Korea

Yongsan Highschool, *** Seoul 140-833, Korea

ABSTRACT

Elevated plasma homocysteine is an independent risk factor for the development of cardiovascular disease. Exercise is generally believed to reduce the plasma homocysteine levels and therefore, being beneficial for cardiovascular disease (CVD). However, there is a possibility that athletes undergoing strenuous training and competition which increase oxidative stress may suffer from increased plasma homocysteine levels. The purpose of this study was to investigate the influence of endurance training on the plasma concentrations of B vitamins and homocysteine in 23 male adolescent field hockey players. Data collection and blood sampling was performed during the training period and non-training period. Following the training period, significant changes in energy and vitamin B6 intakes were observed in these subjects. Plasma vitamin B₂, pyridoxal phosphate (PLP) and homocysteine levels were significantly higher during the training period than non-training period, whereas no difference was observed in plasma folate and vitamin B₁₂ levels. Positive correlation was observed between plasma folate and folic acid intakes. When energy, B vitamin intakes were adjusted there was a significant negative correlation between plasma homocysteine levels and plasma riboflavin, folate and vitamin B₁₂ levels. In conclusion, it is suggested that athletes with oxidative stress by strenuous exercise may need B vitamins since riboflavin, folic acid and vitamin B₁₂ were shown to be negatively correlated with plasma homocysteine in athletes during the training period. (*Korean J Nutrition* 37(10): 881~887, 2004)

KEY WORDS : plasma B vitamins, plasma homocysteine, vitamin intakes, endurance training, adolescent field hockey player.

서론

호모시스테인은 관상동맥질환의 독립적 위험인자로서 지난 몇 십년에 걸쳐 그 중요성이 널리 알려져 왔다.¹⁾ 적절한 운동은 관상동맥질환에 유익하다고 보고된바 있지만²⁾ 산화적 스트레스가 혈중 호모시스테인을 증가시킬 수 있다는 연구³⁾에 따라 필드하키선수과 같이 과도한 운동에 의한 산화적 스트레스가 문제가 되고 있는 조건에서, 호모시스테인

과 운동의 관계를 다룬 연구는 국·내외를 포함하여 거의 없는 실정이며, 혈중 호모시스테인 수준에 영향을 미친다고 알려진 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산과 비타민 B₁₂ 등 비타민 B를 함께 다룬 연구는 극히 드물다.

운동의 강도나 기간에 따른 혈중 호모시스테인 수준 변화에 대한 연구는 많지 않은 편이다. 일반 건강한 성인들을 대상으로 한 연구에서, 상대적으로 단기간의 moderate intensity acute exercise, submaximal exercise는 호모시스테인에 아무런 영향을 미치지 않는다는 보고가 있는가 하면,^{4,5)} 반대로 일반 성인 여자에게서, exhaustive acute exercise 후 혈중 호모시스테인 수준이 유의적으로 증가하였다는 보고와,⁶⁾ 건강한 일반 성인 남자에게서 8주 동안

접수일 : 2004년 10월 9일

채택일 : 2004년 12월 13일

§To whom correspondence should be addressed.

의 저항성 운동이 혈중 호모시스테인 수준을 유의적으로 감소시켰다는 보고가 있다.⁷⁾ 전문 운동선수를 대상으로 한 연구에서는 지구성 운동과 격렬한 운동이 이루어지는 시합 후의 혈중 호모시스테인 농도가 유의적으로 증가하였다고 보고하였다.⁸⁻¹⁰⁾ 그러나 전문 운동선수를 대상으로 한 연구는 거의 없으며, 장기간에 걸친 훈련이나, extensive endurance training, 또는 exhaustive competition exercise 가 혈중 호모시스테인에 미치는 영향은 잘 알려지지 않았다.

혈중 호모시스테인 농도와 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, vitamin B₁₂ 간의 관계는 이미 잘 알려져 있어서 이들 비타민의 영양상태가 혈액 내 총 호모시스테인 농도를 결정하는 중요한 요인으로 주목받고 있다.¹¹⁾ Skoupy 등¹²⁾과 Suzanne 등¹³⁾은 신장질환자와 건강한 성인을 대상으로 한 연구에서, 혈중 엽산, 비타민 B₁₂ 농도가 혈중 호모시스테인 수준과 음의 상관관계가 있다고 보고하였다. 전문 운동선수를 대상으로 한 연구에서는 혈중 호모시스테인의 증가가 낮은 수준의 엽산과 비타민 B₁₂와 관계가 있다고 보고하였다.⁸⁾ 그러나 전문 운동선수를 대상으로 혈중 호모시스테인과 비타민 B를 관찰한 연구는 매우 적다.

따라서 본 연구는 남자 고등학교 필드하키선수를 대상으로 평균 6시간 이상의 훈련을 받는 훈련기와 정기적으로 운동을 하지 않는 비훈련기의 영양소 섭취량 및 변화를 살펴보고, 혈중 비타민 B₂, B₆, 엽산, 비타민 B₁₂ 및 호모시스테인 농도를 분석하여 훈련에 따른 혈중 호모시스테인 수준 변화에 대해 비타민 B₂, B₆, 엽산, 비타민 B₁₂의 상관관계를 규명하는데 그 목적이 있다.

연구 방법

1. 연구 대상자 및 설문조사

본 연구는 15~18세의 서울 Y고등학교 필드하키 남자 선수 23명을 대상으로 2003년 3월부터 2003년 4월까지 수행되었다. 2003 전국 춘계 남녀 하키대회를 기준으로 시합 2주전 하루 평균 6시간 이상의 훈련을 받는 훈련기와 정기 시합이 끝난 후 1주일 내 비훈련기에 맞추어 대상자들에게 연령, 체중 및 신장, 운동경력을 조사하였으며, 24시간 회상법을 이용하여 식이 섭취량 조사를 실시하였다. 조사된 식이 섭취자료는 Can-Pro version 2.0 (한국영양학회, 2002)을 이용하여 분석하였다. CAN-Pro에는 엽산과 비타민 B₁₂에 관한 자료가 부족하기 때문에, 현¹⁴⁾의 “식품 영양가표 개정에 따른 남녀 대학생의 엽산 섭취량 및 급원 식품의 차이”에서 제시한 식품 영양가표로부터 엽산에 관한 자료를 보완하였고, 비타민 B₁₂에 관한 자료는 농촌진흥청

식품성분표 (6차 개정판)¹⁵⁾로부터 자료를 보완하여 이들의 섭취량을 분석하였다. 1일 권장량 대비 영양소 섭취율은 한국인 영양권장량¹⁶⁾과 비교하여 분석하였다.

2. 생화학적 분석

조사대상 필드하키선수의 훈련기와 비훈련기에 맞추어 12시간 공복 상태에서 상완 정맥으로부터 혈액을 채취하였다. 헤파린으로 처리된 시험관에 혈액을 수집하여 3000 × g, 4°C에서 15분간 원심분리시켜 얻은 혈장은 분석 직전까지 -70°C에 보관한 후, 혈장 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂, 호모시스테인 농도 분석에 이용하였다. 혈장 flavin adenin dinucleotide (FAD), flavin mononucleotide (FMN), riboflavin 농도는 Capo-Chichi 등¹⁷⁾의 방법을 사용하여 HPLC (Water 2690, U.S.A)로 분석하였다. 혈장 500 μl에 동량의 sodium acetate와 10% trichloroacetic acid (TCA) solution을 가한 후 원심분리하여 상청액을 C₁₈ Sep-pak cartridge에 통과시킨 후 Xterra™RP₁₈ column을 이용하여 λ_{ex} 445 nm, λ_{em} 530 nm의 fluorescence detector (Waters 474, Waters Co, MA, USA)로 정량하였다. 혈장 비타민 B₆ 농도를 분석하기 위하여 혈장 200 μl에 precipitation reagent를 첨가하고 원심분리하여 상청액을 취한 후 neutralization reagent와 derivatization reagent를 가하여 원심분리한 상청액을 λ_{ex} 320 nm, λ_{em} 415 nm의 fluorescence detector (Waters 474, Waters Co, MA, USA)로 정량하였다. 또한 혈장 엽산과 비타민 B₁₂ 분석은 ¹²⁵I-folic acid와 ⁵⁷Co-vitamin B₁₂ dualcount SPNB (solid phase no boil) radioassay kit를 사용하여 분석하였다. 200 μl의 혈장에 dithiothreitol과 tracer를 혼합한 working solution을 첨가한 후 NaOH/KCN을 넣고 반응을 중지시키고 binder를 넣고 원심분리 후 상청액을 버린 다음 dual γ-counter (Cobra II, auto-gamma, γ-packard a Canberra company, CT, USA)로 분석하였다. 혈장 호모시스테인 농도는 Araki 등¹⁸⁾의 방법을 이용하여 HPLC로 분석하였다. 혈장 100 μl에 10% tri-n-butylphosphine 용액 10 μl을 첨가하여 4°C에서 30분간 방치한 후 10% TCA 용액 100 μl를 가하고 4°C, 3,000 × g에서 5분간 원심분리하였다. 분리된 상청액에 1.55M NaOH 20 μl, 4 mM EDTA를 함유하는 0.125 M borate buffer (pH 9.5) 250 μl, ammonium 7-fluorobenzo-2-oxa-1, 3-diazole 4-sulfonic acid (SBD-F) 용액 100 μl를 첨가하여 60°C에서 1시간 동안 반응시키고 0.45 μm filter (HV type, Whatman)로 여과시킨 후 automatic injector (Waters Co, MA, USA)로 20 μl씩 column에 주

입하여 Xterra™RP₁₈ column을 이용하여 λ_{ex} 385 nm, λ_{em} 515 nm의 fluorescence detector (Waters 474, Waters Co, MA, USA)로 정량하였다.

3. 통계분석

모든 자료는 SPSS 프로그램 (ver 11.0)으로 통계 처리하여 평균 ± 표준편차로 나타내었다. 훈련기와 비훈련기 동안 필드 하키선수의 신체계측치, 혈중 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂ 및 호모시스테인 수준, 영양소 섭취량과 권장량 대비 섭취량의 평균 차이는 independent t-test를 실시하여 유의성을 검증하였다. 훈련기와 비훈련기의 변화는 dependent t-test를 실시하여 유의성을 검증하였다. 훈련기와 비훈련기 동안 영양소 섭취량과 혈중 비타민 B 수준과의 상관관계는 Pearson's 적률상관계수를 이용하여 분석하였으며, 혈중 비타민 B와 호모시스테인 수준과의 상관관계는 열량과 영양소 섭취량을 보정한 partial 상관계수를 이용하여 분석하였다.

결 과

1. 일반사항

조사 대상 필드하키선수의 일반사항은 Table 1에 제시하였다. 필드하키 선수의 평균 나이는 16.0 ± 0.8세였으며, 평균 신장은 175.7 ± 5.4 cm, 평균 체중은 66.0 ± 8.2 kg 이었고, 평균 BMI는 21.3 ± 1.9 kg/m² 이었다. 선수군의 평균 운동 경력은 3.5 ± 1.3년이였다.

2. 훈련에 따른 섭취량 변화

훈련기와 비훈련기간 동안 조사 대상 필드하키선수의 섭취량은 Table 2에 제시하였다. 훈련에 따른 차이를 분석한 결과, 훈련기 중 필드하키선수의 열량, 단백질, 지방, 당질, 칼슘, 인, 철분, 아연, 비타민 A, retinol, 비타민 B₁, 비타민 C, 콜레스테롤, 비타민 B₆ 섭취량은 비훈련기와 비교하여 유의적으로 높았으며, 훈련기 동안의 열량 섭취량은 비훈련기 동안의 117.4%로 유의적으로 높았다.

혈장 호모시스테인 수준에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각되는 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂의 섭취량을 살펴보면, 훈련기와 비훈련기의 평균 비타민 B₂ 섭취량은 각각 2.2 ± 0.6 mg, 2.1 ± 0.9 mg으로 유의적인 차이가 없었다. 훈련기의 비타민 B₆ 섭취량은 3.8 ± 0.9 mg으로 비훈련기 동안의 섭취량 2.8 ± 0.7 mg보다 135.7%로 유의적으로 높았다 (p < 0.001). 훈련기와 비훈련기의 엽산 섭취량은 각각 623.6 ± 242.0 μg, 557.1 ± 153.7 μg로 훈련기 동안의 섭취량이 비훈련기 동안의 111.9%

로 높은 경향을 나타내었다. 훈련기의 비타민 B₁₂ 섭취량은 9.8 ± 6.0 μg으로 비훈련기 동안의 섭취량 8.5 ± 6.5 μg보다 115.3% 높았지만 역시 유의적인 차이는 없었다.

3. 훈련에 따른 혈장 비타민 B, 호모시스테인 수준 변화

훈련기와 비훈련기 동안 조사 대상 필드하키선수의 혈

Table 1. Age and anthropometric characteristics of the subjects

| Athletes (n = 23) | |
|--------------------------|--------------------------|
| Age (years) | 16.0 ± 0.8 ¹⁾ |
| Height (cm) | 175.7 ± 5.4 |
| Weight (kg) | 66.0 ± 8.2 |
| BMI (kg/m ²) | 21.3 ± 1.9 |
| Years of training (yrs) | 3.5 ± 1.3 |

1) Mean ± S.D.

Table 2. Daily nutrient intake of the subjects in training period vs non-training period

| Study period | Athletes (n = 23) | |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| | Training period | Non-training period |
| Energy (kcal) | 3760.0 ± 559.2 ^{**1)2)} (139.3 ± 20.7 ^{**3)} | 3202.08 ± 533.6 (118.6 ± 19.8) |
| Protein (g) | 164.3 ± 27.5 ^{***} (219.0 ± 36.7 ^{***}) | 119.6 ± 23.1 (159.4 ± 30.7) |
| Fat (g) | 159.0 ± 51.5 ^{***} | 102.1 ± 21.8 |
| Carbohydrate (g) | 540.1 ± 100.6 ^{***} | 437.3 ± 73.1 |
| Calcium (mg) | 1049.5 ± 316.3 ^{***} (116.6 ± 35.1 ^{***}) | 803.2 ± 350.4 (89.2 ± 38.9) |
| Phosphorus (mg) | 2058.8 ± 408.5 ^{***} (228.8 ± 45.4 ^{***}) | 1492.6 ± 371.8 (165.8 ± 41.3) |
| Iron (mg) | 42.9 ± 9.5 ^{***} (268.1 ± 59.6 ^{***}) | 30.9 ± 12.7 (193.1 ± 79.2) |
| Zn (mg) | 21.25 ± 4.7 ^{***} (177.1 ± 39.5 ^{***}) | 13.6 ± 2.7 (113.3 ± 22.2) |
| Vitamin A (μgRE) | 1265.7 ± 640.7* (180.8 ± 91.5*) | 948.5 ± 269.9 (135.5 ± 38.6) |
| Retinol (μg) | 515.0 ± 533.6 ^{**} | 185.2 ± 158.1 |
| Vitamin E (mg α-TE) | 16.9 ± 7.5 (168.8 ± 74.8) | 17.6 ± 5.1 (176.2 ± 50.7) |
| Vitamin B ₁ (mg) | 2.4 ± 0.6* (169.5 ± 41.0*) | 2.1 ± 0.4 (148.0 ± 31.1) |
| Vitamin B ₂ (mg) | 2.2 ± 0.6 (136.8 ± 36.5) | 2.1 ± 0.9 (130.4 ± 55.3) |
| Niacin (mgNE) | 38.4 ± 7.7 (213.3 ± 43.0) | 32.3 ± 26.1 (179.7 ± 144.8) |
| Vitamin B ₆ (mg) | 3.8 ± 0.9 ^{***} (256.3 ± 57.3 ^{***}) | 2.8 ± 0.7 (189.6 ± 43.7) |
| Folate (μgDFE ⁴⁾) | 623.6 ± 242.0 (249.4 ± 96.8) | 557.1 ± 153.7 (222.9 ± 61.5) |
| Vitamin B ₁₂ (μg) | 9.8 ± 6.0 | 8.5 ± 6.5 |
| Vitamin C (mg) | 162.4 ± 113.1 ^{**} (232.1 ± 161.6 ^{**}) | 102.8 ± 84.0 (146.8 ± 120.0) |
| Cholesterol (mg) | 552.5 ± 190.2 ^{**} | 421.7 ± 187.9 |

1) Mean ± S.D.

2) Significantly different between before and after competition by paired-sample t-test (*: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001)

3) % of RDA

4) DFE: dietary folate equivalent

장 비타민 B 및 호모시스테인 수준은 Table 3에 제시하였다. 훈련기 중 펠드하키선수의 혈장 FAD와 FMN 농도의 합 ($p < 0.01$)과 PLP ($p < 0.01$) 농도는 비훈련기와 비교하여 유의적으로 높았다. 훈련기와 비훈련기 동안 펠드하키선수의 혈장 엽산, 비타민 B₁₂ 수준은 훈련에 따른 유의적인 차이가 없었다. 혈장 호모시스테인 수준은 훈련기와 비훈련기 동안 각각 $12.2 \pm 6.3 \mu\text{mol/L}$, $10.4 \pm 6.2 \mu\text{mol/L}$ 으로 훈련기 동안의 혈장 호모시스테인 수준이 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$).

4. 영양소 섭취량과 혈장 비타민 B 수준과의 상관관계

훈련기와 비훈련기 동안 펠드하키선수의 비타민 B 섭취

량과 혈장 비타민 B 수준과의 Pearson's 상관관계는 Fig. 1에 제시하였다. 훈련기와 비훈련기 동안 펠드하키선수의 혈장 엽산 농도는 총 엽산 섭취량과 양의 상관관계를 나타내었다. 비타민 B₆, 비타민 B₁₂의 섭취량과 혈중 수준간에는 유의적 상관관계가 관찰되지 않았다.

5. 혈중 비타민 B와 호모시스테인 수준간의 상관관계

훈련기와 비훈련기 동안 조사 대상 펠드하키선수의 혈장 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂와 호모시스테인 수준간의 partial 상관관계는 Table 4에 제시하였다. 열량 및 관련 비타민의 혈장 호모시스테인에 미치는 영향력을 배제하기 위해 열량과 비타민 B₂, 엽산, 비타민 B₁₂ 섭취량

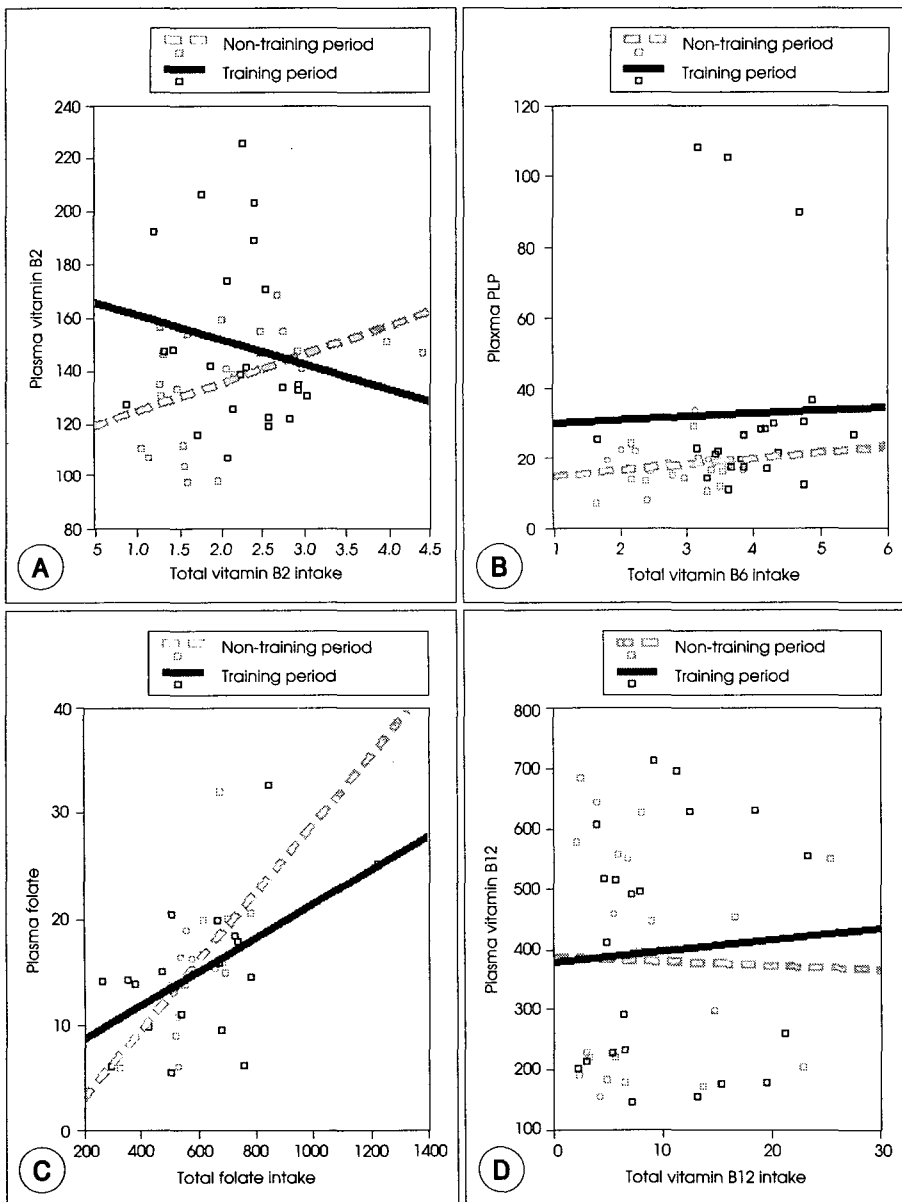


Fig. 1. Correlation between plasma vitamin B and total vitamin B intakes in training period and non-training period. A: Training period: $Y = -9.235x + 171.26$, $P = 0.455$, $r = -0.164$, Non-training period: $Y = 10.79x + 114.888$, $P = 0.029$, $r = 0.455$. b: Training period: $Y = 0.912x + 29.86$, $P = 0.898$, $r = 0.028$, Non-training period: $Y = 1.750x + 13.78$, $P = 0.412$, $r = 0.180$. c: Training period: $Y = 0.013x + 7.053$, $P = 0.037$, $r = 0.447$, Non-training period: $Y = 0.023x + 1.627$, $P = 0.031$, $r = 0.483$. D: Training period: $Y = 1.918x + 366.39$, $P = 0.787$, $r = 0.060$, Non-training period: $Y = -0.698x + 386.670$, $P = 0.915$, $r = -0.025$.

Table 3. Plasma B vitamin and homocysteine levels in training period and non-training period

| | Athletes (n = 23) | |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| | Training period | Non-training period |
| Vitamin B ₂ (nmol/L) | | |
| FAD + FMN | 153.8 ± 32.8 ^{1)2)**} | 135.2 ± 20.4 |
| Riboflavin | 19.3 ± 12.7 | 20.4 ± 12.2 |
| Vitamin B ₆ (nmol/L) | | |
| PLP | 26.4 ± 16.0** | 18.8 ± 6.4 |
| Folate (nmol/L) | 14.9 ± 6.6 | 14.9 ± 6.1 |
| Vitamin B ₁₂ (pmol/L) | 385.2 ± 194.2 | 378.7 ± 181.7 |
| Homocysteine (μmol/L) | 12.2 ± 6.3* | 10.4 ± 6.2 |

1) Mean ± S.D.
2) Significantly different between before and after competition by paired-sample t-test (*: p < 0.05, **: p < 0.01)

Table 4. Partial correlation coefficients between plasma homocysteine and vitamin B levels in training period and non-training period

| | Homocysteine | |
|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| | Training period | Non-training period |
| Vitamin B ₂ | | |
| FAD + FMN | -0.218 | 0.052 |
| Riboflavin | -0.473* ¹⁾ | -0.133 |
| Vitamin B ₆ | | |
| PLP | 0.329 | -0.023 |
| Folate | -0.597*** | -0.417* |
| Vitamin B ₁₂ | -0.509** | -0.462* |

1) **: p < 0.01, ***: p < 0.001

을 보정했을 때 훈련기와 비훈련기 동안 혈중 엽산과 비타민 B₁₂ 농도는 혈중 호모시스테인과 유의적인 음의 상관관계를 나타내었으며, 훈련기 동안 혈중 riboflavin 농도는 혈중 호모시스테인과 유의적인 음의 상관관계를 나타내었다.

고 찰

본 연구에서는 훈련에 따라 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂ 영양상태 및 혈중 호모시스테인 수준이 어떻게 변화하는지 알아보고 이들 비타민 B의 영양상태가 혈중 호모시스테인 수준에 어떠한 영향을 미치는지를 보고자 하였다. 그 결과, 훈련기 중 필드하키선수의 혈중 호모시스테인 수준은 비훈련기에 비해 유의적으로 높았다. Herrmann 등¹⁰⁾은 수영선수들을 대상으로 한 연구에서, 운동 시 그 강도에 상관없이 혈중 호모시스테인이 증가하였음을 보고하였다. 또한 recreational athletes를 대상으로 한 연구에서는 마라톤 등의 지구성 운동이 혈중 호모시스테인 농도를 64% 증가시켰다고 보고하였다.⁹⁾ König 등⁸⁾은 3종경기 성

인 남자 선수를 대상으로 한 연구에서, 격렬한 운동이 이루어지는 시합 후의 혈중 호모시스테인 농도가 유의적으로 증가되었음을 관찰하였으나, 지구성 운동의 경우에는 유의적인 변화가 없었다고 보고하였다. De Cree 등⁶⁾은 성인 여자를 대상으로 한 연구에서, 비록 생리 주기에 따라 다르기는 하나, exhaustive exercise 후 혈중 호모시스테인 수준이 증가되었음을 관찰하였다. 그러나 Wright 등⁴⁾은 maximal short duration exercise 후 10% 정도 hemoconcentration이 증가된다는 보고에 따라,¹⁹⁾ 운동에 의한 혈장 부피의 변화가 혈중 호모시스테인 농도 변화에 영향을 줄 수 있다는 것을 고려하여 혈장 알부민을 보정 한 결과, 70%의 $\dot{V}O_{2max}$ 로 운동을 한 직후의 혈중 호모시스테인 수준은 운동 전과 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 그러므로 혈장 부피를 조사한 추후 연구가 더 필요할 것이라 사료된다.

본 연구 대상에서 훈련기 중 필드하키선수의 혈장 PLP 농도는 비훈련기간에 비해 40% 높았다. Crozier 등²⁰⁾은 성인남녀를 대상으로 한 연구에서, 자전거 에르고미터로 60%와 85% $\dot{V}O_{2max}$ 에서 각각 30분과 20분 운동 전과 후의 혈중 PLP 농도를 비교한 결과, 운동을 하는 동안 PLP 농도가 유의적으로 증가되었다고 보고하였으며, Leklem 등,²¹⁾ Virk 등²²⁾ 역시 running과 cycling 등의 운동을 하는 동안 혈중 PLP 농도가 증가하였다고 보고하였다.

혈중 호모시스테인 수준은 혈중 비타민 B 수준과 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 훈련에 따른 필드하키선수의 혈장 호모시스테인 농도와 혈장 비타민 B 수준간의 상관성을 분석한 결과, 열량과 영양소 섭취량을 보정했을 때 훈련기간과 비훈련기간 중 필드하키선수의 혈장 호모시스테인 농도는 엽산, 비타민 B₁₂와 유의적인 음의 상관관계가 있었으며, 혈장 riboflavin 농도는 훈련기간 중 혈장 호모시스테인과 유의적인 음의 상관관계를 나타내었다. 여러 관련 연구들에서 호모시스테인의 대사적 연관성으로 엽산과 비타민 B₁₂ 수준과 호모시스테인 수준 사이에 강한 음의 상관관계가 제시된 바 있다.¹²⁾¹³⁾ Suzanne 등¹³⁾은 엽산 과 비타민 B₁₂와 호모시스테인 수준간의 음의 상관성을 보고하였고, 이들 비타민의 영양상태를 진단할 수 있는 biomarker로 혈중 호모시스테인 농도 측정을 제시하기도 하였다.

한편, Knig 등⁸⁾은 전문운동 선수를 대상으로 한 연구에서, 혈중 엽산 농도가 높은 선수들에게서 훈련기간 후 혈중 호모시스테인 농도가 감소되었음을 관찰하였을 뿐만 아니라, acute intense exercise 후 증가하는 호모시스테인을 더 많이 낮춘다고 보고하였지만 비타민 B₁₂와는 상관성이 없었다고 보고하였다. Herrmann 등⁹⁾은 지구성 운동에 의해 증가된 혈중 호모시스테인 수준은 낮은 엽산과 비타민 B₁₂ 수

준과 관계가 있다고 보고하였다.

조사 대상 필드하키선수의 비타민 B 섭취량이 높을수록 혈장 비타민 B 수준이 높아지는지에 대해 알아보기 위해 비타민 B 섭취량과 혈중 수준과의 상관성을 살펴보았다. 그 결과, 훈련기와 비훈련기 동안 필드하키선수의 혈장 엽산 농도는 총 엽산 섭취량과 양의 상관관계를 나타내었다. 안 등²³⁾과 강 등²⁴⁾의 연구에서는 여대생과 임산부 및 수유부를 대상으로 실험한 연구에서 엽산 섭취량의 증가로 혈청 또는 혈장 및 적혈구의 엽산 영양상태가 향상됨을 보고하였다.

본 실험 결과와 마찬가지로 몇 개의 논문에서 지구력 훈련 및 격렬한 운동이 혈중 호모시스테인 수준을 증가시켰다는 결과가 있지만 정확한 기전은 아직 확실하지 않다. 본 실험에서 혈장 호모시스테인 수준에 영향을 미친다고 알려진 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂ 수준은 훈련에 따른 차이가 관찰되지 않았지만 훈련기간의 혈장 호모시스테인 수준과 혈장 riboflavin, 엽산 및 비타민 B₁₂ 수준간에 유의적인 음의 상관관계를 보인 것으로 보아 필드하키선수와 같이 과도한 운동을 수행하는 전문 운동선수에게서도 혈장 호모시스테인 수준과 혈장 비타민 B₂, 엽산 및 비타민 B₁₂ 수준 간의 음의 관계가 있음을 알 수 있었다. 따라서 우리는 과도한 운동이 이루어지는 선수들에게 훈련으로 인해 증가된 혈중 호모시스테인이 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각되며, 이와 관련이 있는 비타민 B₂, 엽산 및 비타민 B₁₂의 보충은 훈련으로 인해 증가된 혈중 호모시스테인 수준에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 이들에 대해 앞으로 비타민 B 보충 등 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구 결과 훈련기 동안 조사 대상 필드하키선수의 열량, 단백질, 지방, 당질, 칼슘, 인, 철분, 아연, 비타민 A, retinol, 비타민 B₁, 비타민 C, 콜레스테롤, 비타민 B₆ 섭취량은 비훈련기와 비교하여 유의적으로 높았으며, 훈련기 동안의 열량 섭취량은 비훈련기 동안의 117.4%로 유의적으로 높았다. 혈장 호모시스테인 수준에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각되는 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂의 섭취량 중 비타민 B₆는 비훈련기에 비해 훈련기 동안 섭취량이 135.7% 유의적으로 높았으며, 비타민 B₂, 엽산, 비타민 B₁₂의 섭취량은 훈련기와 비훈련기간 동안 유의적인 차이가 없었다. 훈련기 동안 혈장 PLP와 비타민 B₂ 수준은 비훈련기에 비해 유의적으로 높았으며, 엽산, 비타민 B₁₂ 수준은 유의적인 차이가 없었다. 훈련기 동안의 혈장 호모시스테인 수

준은 비훈련기 동안에 비해 유의적으로 높았다. 비타민 B 섭취량과 혈장 비타민 B 수준 간의 상관관계를 훈련기와 비훈련기 동안 엽산 섭취량과 혈장 엽산 수준 간에 유의적인 양의 상관관계가 있었다. 훈련기와 비훈련기 동안 혈장 엽산과 비타민 B₁₂ 농도는 열량과 비타민 B 섭취량을 보정했을 때 혈장 호모시스테인 수준과 유의적인 음의 상관관계를 보였으며, 훈련기 동안 혈장 riboflavin 농도는 혈장 호모시스테인 수준과 유의적인 음의 상관관계를 나타내었다.

이상의 결과로 볼 때, 지구력 훈련과 같이 과도한 운동에 의해 증가된 혈장 호모시스테인 수준이 선수들에게 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 판단된다. 혈장 호모시스테인 수준을 낮춘다고 알려진 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, 비타민 B₁₂ 중 비타민 B₂, 엽산 및 비타민 B₁₂와 혈장 호모시스테인 수준 간에 유의적인 음의 상관관계를 보였고, 엽산 섭취량이 혈장 엽산 수준과 유의적인 양의 상관관계를 나타낸 것으로 보아, 엽산 보충제 복용뿐 아니라 식이로부터의 엽산 섭취량이 선수들에게 있어서 증가된 혈장 호모시스테인 수준에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료되며, 이와 관련된 연구가 앞으로 더 많이 이루어져야 할 것이다.

Literature cited

- 1) Malinow MR. Homocysteine and arterial occlusive diseases. *J Int Med* 236: 603-617, 1994
- 2) Jung DJ, Chung ST. The effect of antioxidants supplementation and exercise intensity on lipid peroxidation. *Exercise Science* 8(3): 423-436, 1999
- 3) Kanani PM, Sinkey CA, Browning R. Role of oxidant stress in endothelial dysfunction produced by experimental hyperhomocyst(e) inemia in humans. *Circulation* 100: 1161-1168, 1999
- 4) Wright M, Francis K, Cornwell P. Effect of acute exercise on plasma homocysteine. *J Sports Med Physi Fitness* 38: 262-265, 1998
- 5) De Cree C, Whiting PH, Cole H. Interactions between homocyst(e) in and nitric oxide during acute submaximal exercise in adult males. *Int J Sports Med* 21: 256-262, 2000
- 6) De Cree C, Malinow MR, van Kranenburg GP, Geurten PG, Longford NT, Keizer HA. Influence of exercise and menstrual cycle phase on plasma homocyst(e) in levels in young women—a prospective study. *Scand J Med Sci Sports* 9: 272-278, 1999
- 7) Steenge GR, Verhoef P, Greenhaff PL. The effect of creatine and resistance training on plasma homocysteine concentration in healthy volunteers. *Arch Intern Med* 161: 1455-1456, 2001
- 8) König D, Bissè E, Deibert P, Müller HM, Weiland H, Berg A. Influence of training volume and acute physical exercise on the homocysteine levels in endurance-trained men: Interactions with plasma folate and vitamin B₁₂. *Ann Nutr Metab* 47: 114-118, 2003
- 9) Herrmann M, Schorr H, Obeid R, Scharhag J, Urhausen A,

- Kindermann W, Herrmann W. Homocysteine increases during endurance exercise. *Clin Chem Lab Med* 41(11) : 1518-1524, 2002
- 10) Herrmann M, Schorr H, Obeid R, Scharhag J, Urhausen A, Kindermann W, Herrmann W. Comparison of the influence of volume-oriented training and high intensity interval training on serum homocysteine and its cofactors in young, healthy swimmers. *Clin Chem Lab Med* 41(11) : 1525-1531, 2003
 - 11) Selhub J. Homocysteine metabolism. *Annu Rev Nutr* 19: 217-246, 1999
 - 12) Skoupy S, Fodinger M, Veitl M, Perschl A, Puttinger H, Rohrer C, Schindler K, Vychytil A, Horl WH, Sunder-Plassmann G. Riboflavin is a determinant of total homocysteine plasma concentration in end-stage renal disease patients. *J Am Soc Nephrol* 13: 1331-1337, 2002
 - 13) Suzanne LC, Xhignesse M, Piolot A, Selhub J, Davignon J, Genest J. Jr. Plasma total homocysteine in healthy subjects: sex-specific relation with biological traits. *Am J Clin Nutr* 64: 587-593, 1996
 - 14) Hyun TS, Han YH. Comparison of folate intake and food sources in college students using the 6th vs. 7th nutrient database. *Kor J Nutr* 34(7) : 797-808, 2001
 - 15) The contents of vitamin B₆, pantothenic acid, vitamin B₁₂, folate, vitamin D, vitamin E, vitamin K in food, 6th revision. Rural Development Administration, 2002
 - 16) Recommended Dietary Allowances for Koreans, 7th revision. The Korean Nutrition Society, Seoul, 2000
 - 17) Capo-Chichi CD, Gueant JL, Lefebvre E, Bennani N, Lorentz E, Vidailhet C, Vidaihet M. Riboflavin and riboflavin-derived cofactors in adolescent girls with anorexia nervosa. *Am J Clin Nutr* 69: 672-678, 1999
 - 18) Araki A, Sako Y. Determination of free and total homocysteine in human plasma by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J Chromato* 422: 43-52, 1987
 - 19) Neuhaus D, Geatgens P. Haemorrhology and long term exercise. *Sports Med* 18: 10-21, 1994
 - 20) Crozier PG, Cordain L, Sampson DA. Exercise-induced changes in plasma vitamin B₆ concentrations do not vary with exercise intensity. *Am J Clin Nutr* 60: 552-558, 1994
 - 21) Leklem JE, Shultz TD. Increased plasma pyridoxal 5'-phosphate and vitamin B₆ in male adolescents after a 4500-meter run. *Am J Clin Nutr* 38: 541-548, 1983
 - 22) Virk R, Dunton N, Leklem J. The effect of vitamin B₆ supplementation on fuel utilization during exhaustive exercise. *FASEB J* 6: A1374(abstr), 1992
 - 23) Ahn HS, Chang NS. Studies on plasma homocysteine concentration and nutritional status of vitamin B₆, B₁₂ and folate in college women. *Korean J Nutrition* 35(1) : 37-44, 2002
 - 24) Kang MW, Chang NS. Effect of dietary folate intakes on serum folate levels of pregnant and lactating women. *Korean J Nutrition* 26(4) : 433-442, 1993