

대학 여자 운동선수의 셀레늄 및 아연 영양상태*

이옥희[†]

용인대학교 식품영양학과

Assessment of selenium and zinc status in female collegiate athletes*

Lee, Okhee[†]

Department of Food Science and Nutrition, Yong In University, Yongin, Gyeonggi 17092, Korea

ABSTRACT

Purpose: This study was aimed to assess selenium and zinc status in female collegiate athletes and their relationship with dietary intake. **Methods:** Female collegiate athletic groups of judo and aerobics, and healthy sedentary collegiate females were recruited for this study and their serum selenium and zinc contents were measured by the neutron activation analysis (NAA) method. In addition, the dietary intake of subjects was measured using the two days 24-hour recall method. **Results:** Serum selenium in judo athletes was 10.7 µg/dl, which was significantly lower than that of aerobic athletes (12.2 µg/dl), but not different from that of the sedentary group (11.4 µg/dl). Additionally, serum zinc levels were 96.1 µg/dl and 90.2 µg/dl in aerobic and judo athletes, respectively, which did not differ significantly. Moreover, dietary selenium and zinc intake of the athletic groups did not differ significantly from that of the sedentary female group. Overall, 33.3% of the serum selenium concentration variation was explained by the intake of vitamin E, selenium and saturated fatty acids, while 14.7% of the serum zinc level variation was explained by the intake of saturated fatty acids. The strongest dietary indicator for serum selenium and zinc levels was saturated fatty acids intake. **Conclusion:** Judo athletes appear to have lower selenium status than aerobic athletes, suggesting different body selenium status according to sport type. To maintain body selenium and zinc levels, the dietary intake of saturated fatty acids should be decreased.

KEY WORDS: zinc, selenium, athletes, sport type, dietary intake

서론

최근 웰빙과 건강개선을 위한 운동에 대한 관심이 급증하고 있다. 운동은 유산소능력을 강화시켜 심혈관기능을 개선하고, 근력강화와 골질량 증가 효과 및 이에 따른 체지방 감소 등 건강증진 효과가 잘 알려져 있다. 그러나 이와 같이 건강을 위해 규칙적으로 운동을 하는 일반인들과 달리 경기력 향상을 목표로 지속적으로 과도한 훈련을 하는 선수들은 운동 스트레스와 과훈련증에 시달리기 쉽다. 특히 선수들의 경우 과격한 근육활동과 탈진적 운동에 의해 산화 스트레스가 증가하여 산화-항산화의 균형에 영향을 주어 근육 수축과 생리적 적응에 부정적 영향을 줄 수 있으며, 이로 인해 빈번한 부상과 함께 상기도 감염 등

면역능 저하가 쉽게 일어난다. 따라서 운동선수의 항산화 영양소 섭취가 운동으로 야기된 산화스트레스와 근육손상이나 염증에 미치는 영향에 대한 국외연구는 비교적 보고되었지만,¹⁻³ 국내 선수들을 대상으로 항산화 영양소 특히 미량 무기질에 대한 연구는 비교적 드문 편이다.

셀레늄은 인체에 필수 미량 무기질로서 체내에서 seleno-cysteine을 함유한 효소인 글루타티온과산화효소 (glutathione peroxidase, GSHpx), thioredoxin reductase 등의 항산화 활성을 나타내는 셀레노프로테인의 구성 요소이다.⁴ 셀레늄은 이러한 항산화 효소의 활성을 통해 반응성 산소와 자유라디칼을 제거하고, 지질과산화물의 축적을 억제한다. 셀레늄 결핍은 이러한 항산화 효소들의 발현이나 기능장애를 야기하므로 근육약화를 초래하여 Kashine-Beck disease의

Received: February 6, 2018 / Revised: February 21, 2018 / Accepted: March 16, 2018

* This work was supported by a grant from Yong In University.

[†] To whom correspondence should be addressed.

tel: +82-31-8020-2756, e-mail: leehoh@yongin.ac.kr

© 2018 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

원인으로 추정되고 있으며, GSHpx 등의 활성저하는 인체가 반응성 산소에 효과적으로 대처하기 어렵게 한다.^{1,5,6} 일반적으로 지속적으로 고강도 운동을 하는 경우 산화스트레스와 근육의 반응성 산소의 생성물이 과다하게 증가하므로 선수들의 경우 셀레늄 부족은 근육손상의 위험을 높일 수 있다. 성인의 셀레늄 필요량은 현재 1일 50 µg으로 설정되어 있지만,⁷ 지속적으로 훈련을 하여 산화스트레스가 증가하는 운동선수의 셀레늄 요구량이 증가할 가능성이 높다.^{8,9} 그러나 선수의 셀레늄 적정 섭취수준에 대해서는 아직 알려진 바가 없을 뿐 아니라 섭취기준을 설정하기 위한 인체 수준에 대해서도 선수를 대상으로 한 국내연구는 아직 제시되지 않고 있다.

아연은 300 여개 효소의 활성화에 관여하며, 젖산 탈수소 효소 등 에너지 대사에 관여하는 효소활성에 필요하며, 갑상선 호르몬을 비롯한 여러 호르몬의 작용에 필요하다.⁷ 아연은 항산화효소인 superoxide dismutase (SOD) 활성화에 필요하고 산화스트레스에 관여하며, 아연 부족은 운동선수에서 항산화능 저하를 일으킬 수 있어 적혈구 아연 수준과 SOD 활성 사이에는 상관성을 보였다.¹⁰ 또한 아연은 DNA합성과 세포증식, 면역능 유지에 관여함으로써 운동시 발생하기 쉬운 상해에서 빠른 회복과 과격한 운동에 의해 변화하는 특이적 및 세포대개성 면역능의 유지에 매우 중요하다.^{2,11} 따라서 아연결핍은 운동시에 증가되는 총 임파구수를 감소시키고 자연살해세포의 면역방어를 저하시키며 T-세포의 항원에 대한 응답을 약하시킬 수 있으므로, 고강도 운동시 아연섭취가 중요하다. 이외에도 아연은 후식대사량 및 체내 단백질 이용에 영향을 주므로 선수의 아연 영양상태는 건강 뿐 아니라 운동수행능력에 영향을 줄 수 있다.^{3,12} 특히 여자 운동선수의 경우 남자 운동선수보다 아연섭취가 낮은 경우가 많아 부상에서 회복이 지연되거나 운동경기력 감소를 경험할 가능성이 높을 것으로 추측되고 있다.^{13,14}

이와 같이 셀레늄과 아연의 적절한 섭취는 여자선수에서 높아진 산화스트레스를 낮추고 면역능을 유지하여 건강유지와 경기능력에 중요하지만, 국내 스포츠영양학계에서는 무기질에 대한 연구는 대부분 나트륨이나 칼륨과 같은 다량 무기질에 집중되어 이들 미량 무기질에 대한 권장섭취 지침 등은 제시되지 않고 있다. 특히 아마추어 선수 이면서 지속적으로 고강도 훈련을 해야 하는 대학선수의 경우 재정적 지원도 부족하므로 높아진 대사율을 지원할 수 있는 충분한 영양섭취가 부족할 수 있다. 따라서 여자 대학선수들의 셀레늄과 아연이 부족할 우려가 높은 편이다. 한편 산화스트레스 등이 운동 형태나 강도 등에 따라 차이를 보이므로 운동선수의 미량 무기질 영양 상태는 운

동 여부 뿐 아니라 운동 종목에 의해 영향을 받을 수 있다. 유도는 평소 근력을 기술적으로 사용하는 훈련을 주로 하여 운동성 산화 스트레스를 급격히 높일 수 있는 반면에 에어로빅 운동은 이를 그대로 유산소운동을 주로 훈련하여 산화스트레스 완화에 도움이 될 수 있으나 이들 종목의 여자 국내선수를 대상으로 한 평가 연구는 드물다. 이에 본 연구에서는 여자 유도와 에어로빅 대학선수와 운동을 규칙적으로 하지 않는 일반 여대생을 비교하여 셀레늄과 아연 영양상태를 평가하고, 두 미량 무기질의 인체수준과 식사를 통한 항산화영양 관련 영양소 섭취량과의 관계를 평가하고자 하였다.

연구 방법

연구 대상자

본 연구의 참여자는 경기도의 한 대학에서 모집하였으며 대학의 여자 에어로빅과 유도선수, 그리고 비교집단으로써 운동을 규칙적으로 하지 않는 일반 여대생이다. 연구 참여자에게는 연구의 목적, 내용 및 연구 절차 등에 대해 자세하게 설명한 후 연구 참여동의서를 받아 연구를 수행하였다. 본 연구는 연구참여자 중에서 식사조사, 신체계측 및 혈액채취를 모두 마친 57명을 분석대상에 포함하였다. 본 연구는 용인대학교의 기관생명윤리위원회 (Institutional Review Board)의 승인을 받아 (IRB승인번호 : 2-1040966-AB-N-201311-HMR-004-1) 수행하였다.

식사조사와 신체계측

영양사가 두 차례의 24시간 회상법을 통해 식사섭취조사를 실시하였으며, 조사 하루 전날 섭취한 음식과 음료수의 종류와 양을 조사하였다. 식사섭취량은 끼니별로 조사하였으며, 목적량은 식품모형과 음식의 눈대중치를 사용하여 추정하였다.¹⁵ 영양소 섭취량의 산정은 Can-Pro 프로그램 (ver. 4.0, 한국영양학회)을 사용하였고, 체내 셀레늄과 아연 수준과 관련이 예상되는 식사인자로서 에너지 영양소와 함께 항산화 영양소인 비타민 A, 비타민 C, 비타민 E, 철, 아연 및 셀레늄 섭취량을 산정하였다. 나아가 에너지 영양소에 독립적으로 항산화 영양소의 수준을 평가하는 식사의 질을 평가하기 위해 영양지수를 (index of nutritional quality, INQ) 계산하였다. INQ는 식사 1,000 kcal에 포함된 특정 영양소의 양을 1,000 kcal당 특정 영양소의 권장섭취기준으로 나눴으로서 계산하였다.

신체계측 조사는 간단한 복장상태에서 키와 체중을 측정하였으며, 키는 신장계를 사용하여 0.1 cm까지 측정하였다. 체중과 키의 측정치를 이용하여 체질량지수 (body

Table 1. Experimental condition of NAA¹⁾ for the serum mineral analysis

Sample wt. (mg)	Irradiation time	Cooling time	Counting time	Nuclides detected (Gamma-Ray Energy, keV)
50 ~ 100	4 hrs.	longer than 20 days	40,000 sec.	⁷⁵ Se (264), ⁶⁵ Zn (1115)

1) NAA: neutron activation analysis

mass index, BMI)를 체중/(신장 × 신장) (kg/m^2)의 공식으로 계산하였다.

혈청의 미량 무기질 수준 분석

식후 12시간이 지난 아침 공복상태에서 혈액을 대상자의 전주정맥에서 채취한 후 10분간 4°C, 2000 rpm에서 원심분리하였다. 원심분리된 혈액의 상층액을 자동 pipette을 이용하여 1.0 ml 가량을 채취한 후 5% 질산 용액과 3차 증류수로 세척한 plastic시험관에 담아 -30°C에서 냉동보관 하였다. 혈액시료로 항응고제에 의한 무기질 오염을 막기 위해 혈청을 사용하였다. 냉동된 혈청시료는 48시간 -50°C에서 동결건조한 후 무기질 분석에 사용하였다. 혈청시료의 무기질 함량은 우리나라의 유일한 연구용 원자로 (High Advanced Neutron Application Reactor, HANARO) (한국원자력연구원, Korea)에서 중성자 방사선을 조사한 후 검출되는 즉발감마선을 측정하여 동결건조된 시료의 셀레늄과 아연 함량을 측정하였다. 분석조건은 Table 1과 같다. 동결건조된 시료의 셀레늄과 아연 함량에서 혈청농도의 계산은 다음과 같은 공식으로 계산하여 혈청 100 ml 당 μg 으로 나타내었다.

$$\text{혈청 무기질농도 } (\mu\text{g/dl}) = \frac{\text{동결건조후 시료무게 (mg)} \times \text{동결건조후 무기질농도 (mg/kg)} \times 100}{\text{사용 혈청량 (ml)}}$$

통계처리

본 연구의 측정 자료는 모두 SAS 프로그램 (version 9.4)을 사용하여 통계 처리하였다. 여자 대학선수의 측정된 항목에 대해 평균과 표준편차를 계산하였고, 집단 사이의 특성을 비교하기 위해 ANOVA분석과 Duncan의 다중비교법에 의해 그룹간의 차이를 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다. 두 미량 무기질의 혈청 수준을 설명하는 식이인자를 찾고자 multiple regression analysis를 실시하였고, 상관계수를 구하여 종속변수에 대한 설명력을 계산하였다.

결 과

조사대상자의 나이와 체격

조사 대상자의 나이와 체격은 Table 2에 제시하였다. 대

Table 2. Age and anthropometric characteristics of study participants (mean \pm SD)

Variables	Sedentary collegiate	Athletic collegiate	Significance
Age (yr.)	23.0 \pm 1.5	20.9 \pm 1.0	*** ¹⁾
Height (cm)	161.8 \pm 4.1	162.4 \pm 6.0	ns
Weight (kg)	53.2 \pm 5.6	63.2 \pm 12.7	***
BMI (kg/m^2)	20.3 \pm 1.6	23.8 \pm 3.4	***

1) ***: significant at $p < 0.001$ 2) ns: no significance

상자들의 평균 나이는 일반 여대생은 23.0세, 운동선수는 20.9세를 유의적 차이를 나타내었다. 대상자들의 평균 키는 일반 여대생과 대학선수가 각각 161.8 cm와 161.8 cm으로 유의적 차이가 없으나, 체중은 일반 여대생은 53.2 kg을, 선수는 63.2 kg을 나타내어 유의적 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 그에 따라 BMI는 일반 여대생과 대학선수가 각각 20.3 kg/m^2 과 23.8 kg/m^2 를 나타내어, 선수의 BMI가 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$).

식사로의 영양소 섭취

Table 3에 대학 여자 대학선수와 일반 여대생의 열량영양소와 항산화능 관련 영양소들의 섭취수준을 제시하였다. 평균 1일 열량섭취량은 에어로빅과 유도선수가 각각 2,151.0 kcal과 2,347.7 kcal로서 일반 여대생의 1,718.9 kcal에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$, $p < 0.05$). 그러나 체중 1 kg당 평균 하루 열량섭취량은 에어로빅과 유도선수가 각각 38.0 kcal과 35.8 kcal을 보여 일반 여대생에 비해 높은 경향이지만 유의성은 나타나지 않았다. 열량영양소 중 탄수화물과 단백질 섭취량은 선수와 일반 여대생 사이에 유의적 차이를 보이지 않은 반면에 지질 섭취량은 유도선수가 89.0 g으로 일반 여대생의 51.8 g에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 한편 섭취된 열량영양소의 열량비를 보면 탄수화물의 경우 그룹 간에 유의적 차이는 없지만 에어로빅과 유도선수의 섭취수준이 각각 54.8%와 53.8%로서 권장섭취수준인 55%에 미달하였다. 단백질 열량비는 유도선수가 12.4%를 보여 일반 여대생의 14.8%에 비하여 유의적으로 낮은 반면에 ($p < 0.05$), 지방섭취 열량비는 유도선수가 33.8%, 에어로빅선수는 30.8%를 나타내어 일반 여대생의 26.6% 보다 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$, $p < 0.05$). 식사 지질의 구성을 보면 단일불포화 지방산과

다가불포화 지방산의 섭취는 집단 간에 유의적 차이가 없지만, 포화지방산 섭취량은 유도선수가 15.2 g을 나타내어 일반 여대생의 7.9 g에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 포화지방산이 차지하는 에너지 비율을 보면 유도선수에서 5.8%를 보여 일반 여대생과 유의적 차이를 보이지 않았다. 콜레스테롤 섭취량은 에어로빅과 유도선수가 각각 467.4 mg과 407.6 mg으로서 일반 여대생의 291.8 mg에 비해 에어로빅 선수에서 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$).

식사를 통한 항산화 영양과 관련된 영양소의 섭취량을 보면 비타민 A는 에어로빅과 유도선수가 각각 636.6 μg

RAE와 596.8 μg RAE를 보여 일반 여대생의 432.7 μg RAE에 비해 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$, $p < 0.05$). 그러나 레티놀의 섭취량은 유도선수가 334.9 μg 을 보여 가장 높은 수준을 보였으나, β -카로틴 섭취량은 대학선수와 일반 여대생 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 비타민 E 섭취량은 에어로빅과 유도선수가 각각 19.5 mg과 15.8 mg을 보여 일반 여대생의 13.5 mg에 비해 에어로빅 선수가 유의적으로 높았다 ($p < 0.05$). 비타민 C 섭취량은 일반 여대생과 선수군간에 유의적 차이는 보이지 않았지만, 유도선수의 섭취량은 59.4 mg로서 세 집단 중 가장 낮은 경

Table 3. Energy and antioxidative nutrient intake of subjects by sport type

Variables	Sedentary collegiate (n = 29)	Athletic collegiate	
		Aerobics (n = 14)	Judo (n = 14)
Energy (kcal)	1,718.9 \pm 456.6 ^{b1,2)}	2,151.0 \pm 703.9 ^a	2,347.7 \pm 512.1 ^a
(kcal/wt. kg)	32.6 \pm 9.6 ^{ns3)}	38.0 \pm 13.0	35.8 \pm 6.4
Carbohydrate (g)	249.0 \pm 63.0 ^{ns}	301.3 \pm 128.0	313.9 \pm 70.9
Protein (g)	64.2 \pm 21.9 ^{ns}	76.1 \pm 25.5	72.9 \pm 20.9
(g/wt. kg)	1.22 \pm 0.46 ^{ns}	1.35 \pm 0.47	1.10 \pm 0.23
Fat (g)	51.8 \pm 19.2 ^c	71.3 \pm 28.8 ^b	89.0 \pm 27.0 ^a
MUFA ⁴⁾ (g)	8.6 \pm 6.3 ^{ns}	13.2 \pm 7.1	12.6 \pm 6.0
PUFA ⁴⁾ (g)	7.1 \pm 4.6 ^{ns}	10.6 \pm 4.9	8.3 \pm 4.6
SFA ⁴⁾ (g)	7.9 \pm 6.8 ^b	12.8 \pm 6.4 ^{ab}	15.2 \pm 8.9 ^a
SFA (E%) ⁵⁾	3.9 \pm 3.0 ^{ns}	5.6 \pm 2.8	5.8 \pm 3.2
C : P : F	58.5:14.8 ^a :26.6 ^b	54.8:14.4 ^{ab} :30.8 ^{ab}	53.8:12.4 ^b :33.8 ^a
Cholesterol (mg)	291.8 \pm 171.4 ^b	467.4 \pm 271.5 ^a	407.6 \pm 221.0 ^{ab}
Vitamin A (μg RAE)	432.7 \pm 187.0 ^b	636.6 \pm 259.9 ^a	586.0 \pm 218.0 ^a
Retinol (μg)	208.1 \pm 135.9 ^b	171.4 \pm 97.6 ^b	334.9 \pm 268.2 ^a
β -carotene (μg)	3,108.2 \pm 1910.2 ^{ns}	4,185.0 \pm 2,371.2	3,229.6 \pm 1,651.8
Vitamin C (mg)	101.5 \pm 106.4 ^{ab}	135.5 \pm 106.2 ^a	59.4 \pm 37.4 ^b
Vitamin E (mg)	13.5 \pm 5.9 ^b	19.5 \pm 7.7 ^a	15.8 \pm 7.5 ^{ab}
Iron (mg)	11.7 \pm 4.1 ^b	18.6 \pm 10.6 ^a	14.0 \pm 6.7 ^{ab}
Selenium (μg)	84.1 \pm 38.9 ^{ns}	106.2 \pm 44.5	101.9 \pm 35.1
Zinc (mg)	9.5 \pm 3.0 ^{ns}	10.7 \pm 3.5	9.3 \pm 2.3

1) mean \pm SD 2) Means with different letters within a row are significantly different from each other at $p < 0.05$. 3) ns: no significance

4) MUFA: monounsaturated fatty acids, PUFA: polyunsaturated fatty acids, SFA: saturated fatty acids 5) E%: Energy % of saturated fatty acids

Table 4. INQ of antioxidant nutrient intakes of subjects by sport type

Variables	Sedentary collegiate (n = 29)	Athletic collegiate	
		Aerobic (n = 14)	Judo (n = 14)
Vitamin A ¹⁾	0.82 \pm 0.32 ^{ns2,3)}	1.01 \pm 0.44	0.81 \pm 0.27
Vitamin C	1.23 \pm 1.17 ^{ab4)}	1.47 \pm 1.41 ^a	0.54 \pm 0.31 ^b
Vitamin E	1.43 \pm 0.58 ^{ab}	1.56 \pm 0.35 ^a	1.25 \pm 0.40 ^b
Iron	1.45 \pm 0.37 ^{ab}	2.00 \pm 1.60 ^a	1.28 \pm 0.54 ^b
Selenium	1.69 \pm 0.71 ^{ns}	1.81 \pm 0.72	1.59 \pm 0.39
Zinc	1.49 \pm 0.37 ^a	1.32 \pm 0.23 ^a	1.08 \pm 0.19 ^b

1) INQ: intake of specific nutrient per 1,000 kcal diet/RNI of specific nutrient per 1,000 kcal energy of KDRI 2) mean \pm SD 3) ns: no significance 4) Means with different letters within a row are significantly different from each other at $p < 0.05$.

향을 보였다. 항산화 무기질 중 철 섭취량은 대학선수에서 높은 편이나 오직 에어로빅 선수가 18.6 mg으로서 11.7 mg을 나타낸 일반 여대생에 비해 유의적으로 높은 수준을 보였다 ($p < 0.05$). 반면에 셀레늄과 아연 섭취량은 그룹간에 유의적 차이는 없었다. 에어로빅과 유도선수의 평균 1일 셀레늄 섭취량은 각각 106.2 μg 와 101.9 μg 을 보였으나 일반 여대생의 84.1 μg 과는 유의적 차이를 보이지 않았다. 아연 섭취량은 에어로빅과 유도선수가 각각 10.7 mg과 9.3 mg으로 일반 여대생과 유의적 차이를 보이지 않았고 유도선수가 가장 낮은 경향을 보였다.

Table 4에는 항산화영양소에 대한 식사의 질을 평가하기 위해 열량섭취 수준과는 상관없이 독립적으로 개별 영양소의 적절성을 평가할 수 있도록 INQ값을 제시하였다. INQ 값이 1이상의 경우 에너지 섭취 수준에 상관없이 식사의 개별 영양소 질이 적절함을 나타낸다. 비타민 A의 INQ는 에어로빅과 유도선수가 각각 1.01과 0.81을 나타내어 일반 여대생과 유의적 차이를 보이지 않았다. 비타민 C는 에어로빅선수의 INQ는 1 이상이지만, 유도선수의 INQ는 가장 낮은 0.54를 나타내어 일반 여대생의 1.23에 비해 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$). 비타민 E의 INQ는 에어로빅과 유도선수가 각각 1.56과 1.25를 나타내어서 일반 여대생과 유의적 차이를 보이지 않았지만, 선수군내에서는 유도선수가 에어로빅 선수에 비해 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$). 철의 INQ는 운동선수와 일반 여대생 사이에는 유의적 차이가 없었지만 유도선수가 1.28을 나타내어 2.0을 나타낸 에어로빅 선수에 비해 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$). 셀레늄의 INQ는 에어로빅과 유도선수가 각각 1.82과 1.60을 나타내어 1.71를 나타낸 일반 여대생과 유의적 차이를 보이지 않았다. 아연의 INQ는 모든 대상자가 1.0이상이었지만, 유도선수가 1.08을 나타내어 1.32를 나타낸 에어로

빅선수와 1.49를 나타낸 일반 여대생에 비해 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$).

혈청 셀레늄과 아연 수준

Table 5에 일반 여대생과 운동선수군의 혈청 셀레늄과 아연 수준을 제시하였다. 본 연구 대상자의 평균 혈청 셀레늄 농도는 에어로빅선수가 12.2 $\mu\text{g/dl}$, 유도선수가 10.7 $\mu\text{g/dl}$ 을 나타내어 일반 여대생의 11.4 $\mu\text{g/dl}$ 에 비해 유의적 차이는 보이지 않았지만, 선수군 내에서는 유도선수가 에어로빅 선수에 비해 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$). 혈청 아연 수준은 에어로빅 선수가 96.1 $\mu\text{g/dl}$, 유도선수가 90.2 $\mu\text{g/dl}$ 을 나타내어 일반 여대생의 94.2 $\mu\text{g/dl}$ 과 유의적 차이를 보이지 않았다. Table 6에 연구 대상자들의 혈청 아연 수준의 분포를 제시하였는데, 에어로빅선수는 모두 정상수준이나 유도선수의 경우 아연 부족률이 14.3%를 나타내었지만 일반 여대생의 6.9%와 유의적 차이를 보이지는 않았다. 한편 혈청 셀레늄 농도는 일반 여대생 뿐 아니라 선수군도 모두 정상수준에 해당되어 연구 대상자 중에는 셀레늄 결핍인 경우가 없으므로 그 분포를 제시하지 않았다.

혈청 셀레늄과 아연 수준에 대한 영양소 섭취에 의한 설명력

혈청 셀레늄과 아연 수준에 대한 영양소 섭취의 독립적인 영향을 평가하기 위해 혈청 셀레늄과 아연 수준의 변이를 설명하는 유의적인 인자들을 Table 7에 제시하였다. 회귀분석에서 혈청 셀레늄과 아연 수준을 각각 종속변수로 하고 독립변수로 영양인자와 함께 나이, 체격인자 등을 보정인자로서 포함하여 분석한 결과 혈청 셀레늄 수준의 변이를 설명하는 유의적인 독립변수는 오직 나이, 포화지방산, 셀레늄과 비타민 E으로 나타났다 ($r^2 = 0.078$, $r^2 =$

Table 5. Serum selenium and zinc level of subjects by sport type (unit = $\mu\text{g/dl}$)

Serum mineral	Sedentary collegiate (n = 29)	Athletic collegiate	
		Aerobics (n = 14)	Judo (n = 14)
Selenium	11.4 \pm 2.0 ^{ab1,2)}	12.2 \pm 1.6 ^a	10.7 \pm 1.3 ^b
Zinc	94.2 \pm 15.7 ^{ns3)}	96.1 \pm 18.0	90.2 \pm 13.6

1) mean \pm SD 2) Means with different letters within a row are significantly different from each other at $p < 0.05$. 3) ns: no significance

Table 6. Distribution of subjects according to the serum zinc levels

Serum zinc levels	Sedentary collegiate (n = 29)	Athletic collegiate	
		Aerobics (n = 14)	Judo (n = 14)
		n (%)	
$\geq 74 \mu\text{g/dl}$	27 (93.1)	14 (100)	12 (85.7)
$< 74 \mu\text{g/dl}$	2 (6.9)	0 (0)	2 (14.3)
Total	29 (100)	14 (100)	14 (100)

$\chi^2 = 2.191$, $p = 0.334$

Table 7. Prediction of serum selenium and zinc level by dietary nutrient intake in collegiate female subjects

Dependent variable	Independent variables	b	SE (b)	t-test	p-value	Beta ¹⁾	Beta × r ² × 100
Serum selenium	Intercept	12.1955	0.5950	20.5	< .0001	0	
	Age	-0.3407	0.1411	-2.41	0.0196	-0.2849	2.2
	Vitamin E	-0.1016	0.0348	-2.92	0.0053	-0.4054	11.5
	Se intake	0.0227	0.00701	3.24	0.0021	0.5178	1.9
	Saturated fatty acids	-0.1265	0.0337	-3.75	0.0005	-0.5503	19.9
							R ² (%) = 35.5%
Serum zinc	Intercept	101.5523	3.3695	30.14	< .0001	0	
	Saturated fatty acids	-0.7211	0.2567	-2.81	0.007	-0.3661	14.7
							R ² (%) = 14.7%

1) Beta: Standardized estimate 2) r: Spearman correlation coefficient

0.130, $r^2 = 0.069$, $r^2 = 0.085$, $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.05$, $p < 0.05$). 설명력 계산에는 이들 유의적인 독립 변인들의 표준화된 beta 값과 상관계수를 사용하였을 때 위 네 가지 독립변인에 의해 혈청 셀레늄 변이의 35.5%를 설명할 수 있었다. 나이를 제외하면 식사요인 세 가지가 혈청 셀레늄 수준의 변이를 33.3%를 설명하였으며, 식사요인 중에서 포화지방산 섭취가 혈청 셀레늄 변이의 19.9%를 설명하여 가장 큰 설명력을 보인 반면에 셀레늄 섭취 자체에 의해서는 변이의 1.9%만을 설명할 수 있었다. 혈청 아연 수준을 종속변수로 하여 혈청 셀레늄 분석과 같은 방법으로 회귀 분석 하였을 때 독립변수로써 포화지방산 섭취만이 유의적 인자로 나타났으며 ($r^2 = 0.134$, $p < 0.01$), 포화지방산 섭취에 의해 혈청 아연 변이의 14.7%를 나타내었다.

고 찰

본 연구는 여자 선수들의 아연과 셀레늄의 적절한 영양 상태를 유지하는데 기여하고자 여자 대학선수들과 일반 여대생의 혈액 셀레늄과 아연의 수준을 비교하고, 이 두 미량 무기질의 혈액수준과 열량영양소 및 항산화영양소 섭취 등 식사섭취와의 관계를 평가하고자 하였다. 대학의 여자 에어로빅 및 유도선수들과 운동을 규칙적으로 하지 않는 일반 여대생을 대상으로 식사섭취 조사를 실시하였고 혈청의 셀레늄과 아연 농도를 측정하였다.

여자 대학선수들의 영양소 섭취상태

대상자들의 에너지섭취를 보면 에어로빅 선수는 한국인 19~29세 에너지 필요추정량인 2,100 kcal에⁷ 유사하게 섭취하나 유도선수는 이보다 높은 편이었다. 그러나 운동선수는 훈련과 경기력을 위해 에너지 소모량이 일반인에 비해 1,500 kcal정도 높은 편인 바를¹⁶ 고려하면 본 연구의 선수들의 에너지 섭취는 부족할 우려가 높은 편이다. 나아가 체중 1 kg당 에너지 섭취량은 에어로빅과 유도선수가 각

각 38.0 kcal와 35.8 kcal를 나타내어 활동강도로는 ‘보통 활동’ 수준에 해당되는 에너지 섭취를 보였다. 운동선수들의 신체활동단계는 대체로 ‘활동적’ 또는 ‘매우 활동적’ 단계임을 고려하면⁷ 특히 유도선수의 에너지 섭취부족이 심각한 것으로 보인다. 국외연구에서 유도선수와 유산소 운동 남자 대학선수에서 에너지소비량 측정을 통해 에너지 불균형이 보고되었고,^{16,17} 유도처럼 체급종목의 선수에서 에너지 섭취가 운동량에 비해 낮아 에너지 결손이 1일 1,500 kcal 정도로 알려져 있다.¹⁸ 국내연구에서 고등학교 여자 축구선수의 에너지 소비량과 섭취량은 각각 체중 1 kg당 50 kcal가 넘는 수준이었으나,¹⁹ 여자 엘리트 골프선수의 에너지 섭취량은 체중 1 kg당 38 kcal 이어서,²⁰ 종목이나 나이에 따라 차이를 나타내었다. 본 연구의 에어로빅 선수는 선행연구에서 지구성 종목인 골프종목 선수와 유사한 에너지 섭취 수준을 보였지만, 유도선수의 에너지 섭취 수준은 골프선수보다 낮았다. 일반적으로 체중 1 kg당 에너지 소비량은 활동적인 경우 35~40 kcal, 아주 강한 활동은 체중 40 kcal 이상이므로, 근력을 주로 이용하는 본 연구의 유도선수가 위 활동수준 중 가장 낮은 하한치에 해당되어 에너지 섭취가 매우 낮은 바로 평가할 수 있다. 국제올림픽위원회에 의하면²¹ 선수들이 에너지 소비에 비해 에너지섭취가 장기적으로 부족하면 월경사이클 변화, 골밀도저하 뿐만 아니라 생리기능, 건강 및 운동수행능에 다양하게 부정적 영향을 줄 수 있다.

열량영양소의 섭취비율을 보면 에어로빅과 유도선수의 탄수화물 : 단백질 : 지방의 섭취 열량비 (%)는 각각 54.8: 14.4: 30.8과 53.8: 12.3: 33.8를 나타내었다. 유도선수의 경우 탄수화물 섭취 열량비가 한국인 영양소섭취기준의 하한치보다⁷ 낮고, 일반적으로 미국스포츠의학협회와 미국 영양사회에서¹⁶ 선수에게 권장하는 수준인 55~60%보다 낮았다. 탄수화물의 충분한 섭취는 근육과 중추신경계의 주 에너지원이어서 운동선수에서 운동능 유지와 중추성 피로의 지연, 그리고 운동스트레스 호르몬의 증가에 의한

면역능 저하를 억제에 필요하다.²² 특히 근력을 많이 이용하는 선수의 경우 주로 무산소 에너지 체계에 의해 운동에 필요한 에너지를 조달한다. 산소 1 ml 당 조달하는 ATP양도 탄수화물이 지질에 비해 많으므로 근육활동을 위한 에너지 공급원으로써 탄수화물이 지질보다 유리하다. 한편 미국영양사협회는 에너지 섭취가 부족한 경우 운동능 유지를 위해 최소 65%의 탄수화물을 섭취하도록 권장한다.¹⁶ 따라서 본 연구의 유도선수는 이미 언급한 바와 같이 에너지 섭취가 부족할 우려가 높으므로 탄수화물 부족이 특히 심각하다고 하겠다. 단백질 섭취의 열량비는 유도선수의 경우 한국인 영양소섭취기준의 권장 열량적정비에 해당된다.⁷ 그러나 체중 1 kg당 단백질 섭취량은 하루 1.1 g이었다. 최근 미국스포츠의학협회 등은²³ 열량섭취가 부족한 경우 운동선수는 체중 1 kg당 1.5~2.0 g의 단백질 섭취를 권장하고 있다. 따라서 대학 여자 유도선수의 경우 에너지 섭취가 부족할 뿐 아니라, 운동능 향상을 위한 근력훈련과 그에 따른 근육증대를 위해 단백질 요구량의 증가를 고려하면 단백질 섭취가 상당히 부족한 것으로 평가된다.

지질섭취는 에어로빅과 유도선수 모두 한국인 영양소섭취기준의 열량적정비인 15~30% 범위보다 높았다.⁷ 이러한 지질의 과다섭취는 건강 측면에서 뿐만 아니라 운동시 체내 탄수화물의 이용성을 제한하기 때문에 권장하지 않는다. 유산소성 훈련에 의해 근육의 에너지 이용이 증가하면서 지질이 에너지원으로 이용되기도 하지만, 일반적으로 중강도 운동시에는 에너지 소비량 증가에 부응하여 증가되는 체내 지질의 산화는 고지방식사가 아닌 오직 고탄수화물 식이에 의해 일어난다.²³ 한편 지질섭취 패턴을 보면 두 운동선수군 모두 포화지방산 섭취가 한국인 영양소섭취기준의 권장열량적정비인 7%나 미국스포츠의학협회의 권장섭취지침인 10%보다는²³ 낮은 편이지만, 유도선수의 경우 포화지방산 섭취량이 다가불포화 지방산 섭취량의 약 1.8배이어서 총 지방산 섭취량의 40%를 상회하였다. 즉 유도 선수에서 지질의 과다섭취는 높은 포화지방산 섭취에 의한 것임을 보였다. 한편 콜레스테롤 섭취량도 두 운동선수군 모두 권장치인 300 mg을 상회하므로 특히 유도선수의 경우 식사로 지질섭취의 양적 및 질적인 개선이 필요한 편이다.

항산화 비타민인 비타민 A의 섭취는 두 선수군에서 일반 여대생에 비해 높지만 두 선수군 모두가 한국인 영양소섭취기준의 1일 권장수준인 650 µg RAE⁷ 보다 적은 양을 섭취하고 있었다. 그리하여 특히 유도선수에서 INQ가 1보다 적은 0.81을 보여 비타민 A의 영양적 질이 낮음을 보였다. 비타민 E의 경우 두 선수군은 충분섭취량인 12 mg

α-TE/일을 충족하였고, 특히 에어로빅 선수의 비타민 E 섭취는 충분섭취량의 1.6배를 상회하는 수준이었다. 한편 수용성 항산화 비타민인 비타민 C의 경우 에어로빅 선수는 1일 권장치인 100 mg에 비해 많은 양을 섭취하지만, 유도선수는 1일 59.4 mg으로 한국인 권장섭취수준의 60%에 불과하였다. 에너지섭취의 영향을 배제한 INQ 값도 유도선수의 경우 0.54를 나타내었다. 따라서 유도선수의 경우 항산화비타민 중 비타민 C섭취 부족이 가장 심각하므로, 비타민 A와 함께 비타민 C 섭취를 특히 증가시켜야 할 것이다. 항산화 무기질인 철, 아연 및 셀레늄의 섭취량은 두 선수군에서 모두 권장수준 이상을 섭취하고 있었다. 에어로빅과 유도선수의 평균 아연 섭취량은 각각 10.7 mg과 9.3 mg을 나타내어 권장수준 이상이었으나, 아연 평형을 이루기 위해 필요한 섭취 수준인 10~17 mg에⁷ 비해서 유도선수의 경우 낮은 편이어서 에어로빅 선수에 비해 유도선수 아연에 대한 영양적 질이 낮았다. 셀레늄 섭취량은 두 선수군이 각각 100 µg 이상을 나타내어 권장수준인 1일 60 µg의 약 1.7배 이상을 섭취함으로써 셀레늄의 INQ도 각각 1이상을 보여 섭취 수준이 충분한 것으로 평가된다. 그러나 아직 선수에 대한 이들 미량무기질 권장량에 대한 확실한 기준이나 연구결과가 부족하여 스포츠 영양학 관점에서 적절한 지는 평가하기는 어렵다. 한편 미국의 학연구소 (Institute of Medicine, IOM)는 신체훈련으로 땀을 많이 흘리는 여자군인들은 철은 15 mg, 아연은 12 mg, 셀레늄은 55 µg을 섭취할 것을 제시함으로써 일반 여성에 비해 많은 양의 철과 아연 섭취를 권장하였다.²⁴ 본 연구에서 선수들에게 육체적 훈련을 많이 하는 여자군인들의 권장섭취기준을 차용한다면 에어로빅과 유도 선수의 아연과 철의 섭취는 부족할 우려가 있는 편이다. 본 연구의 선수들의 철과 아연섭취의 부족 우려는 국외 여자 대학선수에서도 이미 보고된 바 있다.^{25,26} 아연과 셀레늄의 섭취수준은 농촌진흥청과 미국 농무성의 식품 데이터베이스를 이용하여 산정한 배 등의 12.8 mg과 51.9 µg에²⁷ 비해서 본 연구 대상자가 전체적으로 아연섭취는 약간 낮아진 반면에 셀레늄 섭취는 약 2배에 가까웠다. 이렇게 높은 셀레늄 섭취는 대상자의 식습관 차이에 따른 것일 수도 있으나 본 연구에서 선수에서 뿐만 아니라 Bae 등²⁷ 열량 및 단백질 섭취가 유사한 일반 여성에서도 매우 높은 셀레늄 섭취량을 보인 바는 셀레늄 섭취량 산정에 사용된 식품데이터베이스가 아직 불완전하여 섭취량이 과다평가 되었을 우려가 있다.

혈청 셀레늄과 아연 수준 및 관련 식사요인

혈청 셀레늄 수준은 인체의 셀레늄 영양상태를 나타내는

지표로서 체내에서 셀레늄의 주 항산화효소인 GSHpx 활성을 최적상태로 유지하기 위해서는 8.0 µg/dl 이상의 혈청 셀레늄 수준이 필요하다.^{28,29} 한편 다른 셀레노проте인이 최대 활성을 나타내기 위해서는 이보다 더 높은 수준의 혈청 셀레늄 수준이 필요하지만, 인체 셀레늄 상태의 결핍 여부를 판정하기 위해서 주로 GSHpx 활성을 주로 고려한다.²⁸ 본 연구에서 일반 여대생과 함께 두 선수군의 혈청 셀레늄 농도가 8.0 µg/dl 이하를 보이는 경우는 없었다. 그러나 유도선수의 경우 혈청 셀레늄 농도는 일반 여대생과 차이를 보이지는 않았지만 에어로빅 선수에 비해 유의적으로 낮은 수준을 보여 운동 종목에 따라 차이를 보였다. 인체 셀레늄 수준이나 셀레늄 관련 생화학적 지표는 일반적으로 나이, 셀레늄섭취, 항산화스트레스 수준 등 여러 가지 요인에 영향을 받는다. 본 연구에서 유도선수는 일반 여대생에 비해 셀레늄을 21%나 더 높게 섭취하지만 이들에 비해 혈청 셀레늄 수준이 낮은 바는 운동 종목이나 훈련강도와 같은 운동성 요인에 크게 영향을 받는 것으로 보인다. 일반적으로 규칙적인 중등도 수준의 유산소 훈련은 인체의 항산화 효소계를 활성화시켜 운동에 의해 증가되는 산화스트레스에 적응하여 반응함으로써 궁극적으로 산화스트레스를 줄이는데 기여한다.³⁰ 마찬가지로 무산소 운동의 경우에도 산화스트레스가 증가하면 근육조직이 적응하게 되지만³¹ 고강도의 유산소 운동이나 탈진적인 원심성 수축과 등척성 근력운동과 같은 무산소운동은 과다한 젖산을 생성하여 산성혈증을 일으켜서 산소종이 더 반응성이 높은 과산화물로 전환되어서 근육상해를 쉽게 초래한다.^{32,33} 따라서 본 연구에서 에어로빅 선수는 유산소 훈련에 적응하여 항산화 체계가 활성화되었을 가능성이 높지만, 국가대표가 되기 위해 만성적 고강도 근력운동을 주로 하는 유도선수의 경우 셀레늄 섭취가 높더라도 높은 산화스트레스에 의해 인체 셀레늄 소모가 증가한 것으로 보인다.

한편 나이에 보정하고도 혈청 셀레늄 농도를 독립적으로 설명하는 영양 인자는 비타민 E, 셀레늄 및 포화지방산이었다. 영양 인자 중에서 포화지방산 섭취가 혈청 셀레늄 농도 변이를 19.9%나 설명하여 인체 셀레늄 수준을 결정하는 가장 큰 요인임을 보였으며, 포화지방산 섭취가 증가할수록 혈청 셀레늄 수준은 저하됨을 보였다. 본 연구의 유도선수의 경우 열량 부족, 낮은 탄수화물과 단백질 섭취, 지질과 포화지방산의 과다 섭취는 운동에 의한 산화스트레스를 가중시켜서 인체 셀레늄 수준을 저하시키는데 기여하였을 것으로 추측되지만, 본 연구에서 전체 대상자를 포함하였을 때 지질 중 포화지방산 섭취가 인체 셀레늄의 소모를 높일 수 있음을 보여주었다. 일반적으로 지질과 포화지방산이 많은 식사는 산화스트레스를 증대시키는 것

으로 알려져 있다.³⁴ 선수에서도 열량대사에 직접 관계하는 다량 영양소나 지질의 섭취가 운동에 의한 체내 산화스트레스 생성에 영향을 주며, 지질의 과다섭취는 고강도 운동에 의한 것 보다 산화스트레스를 더 높인다고 보고된 바 있다.³⁵

한편 본 연구에서 셀레늄 섭취가 독립적으로 혈청 셀레늄 수준의 변이를 설명할 수 있음은 한국인 셀레늄섭취기준의 설정에 사용된 Xia 등의 연구결과와²⁹ 일치하나 그 설명력은 1.9%에 불과하였다. 일반적으로 인체 셀레늄 수준에는 여러 식사 인자 중 셀레늄 섭취가 가장 크게 직접적으로 영향을 주며, 그 외 메티오닌을 함유한 단백질이나 생선 및 육류 등 동물성 식품이나 무기질의 섭취도 관여한다.^{5,29} 본 연구에서 혈청 셀레늄 변이에 대한 이러한 셀레늄 섭취의 미약한 설명력은 본 연구대상자에는 일반 여대생 이외의 선수가 다수 포함되어 있으며 이들의 훈련형태나 강도 등에 따른 산화스트레스 차이가 기여하였을 것이다. 또한 이미 상기에 언급한 바와 같이 셀레늄 섭취량의 산정에 사용된 식품의 셀레늄 함량 데이터베이스가 아직 완전하지 않는 바도 영향을 주었을 것으로 유추된다.

본 연구의 여자 대학선수의 평균 혈청 아연농도는 에어로빅선수가 96.1 µg/dl, 유도선수가 90.2 µg/dl로 일반 여대생과 차이를 보이지 않았다. 미국 국민건강영양조사 2기 (NHANES II) 자료에서 건강한 참고집단의 혈청 아연 수준 분포를 분석하여 2.5 백분위에 해당되는 혈청 아연 농도를 인체 아연 수준의 부족 여부를 판정하는 기준으로 제시하였고,³⁶ 아연 영양상태 평가에 혈청 아연 농도 74.0 µg/dl를 사용되고 있다.³⁷ 본 연구에서도 이 기준을 사용하여 선수의 혈청 아연 분포를 본 결과 에어로빅 선수는 아연 부족을 보인 경우가 없으며 오직 유도선수에서만 14.3%의 아연결핍을 보였다. 국외연구에서 올림픽 여자선수들의 저아연혈증 유병율은 21 ~ 43%라는 보고에¹³ 비추어 보면 본 연구 대학선수의 아연 부족 비율은 낮은 편이나, 선행 연구의^{13,25} 국가 정상급 선수에 비해 훈련의 양과 강도가 약하기 때문에 직접적으로 비교하기는 어렵다. 한편 과거 선수에 대한 인체 아연 상태의 부족 여부를 76 µg/dl 또는 80 µg/dl을^{38,39} 사용하여 판정한 바를 고려하여 본 연구에서도 혈청 아연 농도 80 µg/dl을 적용하여 부족 여부를 분석하면 에어로빅 선수와 유도선수가 21.4%와 18.8%를 보였다. 따라서 본 연구의 여자 대학선수의 아연 결핍률은 선행 연구에서 보고된 바와 유사한 수준이라고 평가되나 본 연구에서 사용한 판정기준치를 적용한 선수 대상의 연구 자료가 부족하므로 본 연구의 선수들의 인체 아연 상태를 다른 선수들과 비교하기는 어렵다. 한편 여자 대학선수에서 평균적으로 아연 섭취가 낮지는 않으나 유도 선수에서

나타나는 아연결핍은 체육학과 학생들에게 근력운동 부하에 의해 혈청 아연이 유의적으로 감소하였던 국외연구 결과와⁴⁰ 유사하다. 혈청 아연 수준은 경미하거나 중간 정도의 아연 결핍에는 반응하지 않지만 심한 아연 부족상태에서는 정상 이하로 저하되어서 체내 아연 수준을 반영하게 된다.⁷ 고강도 운동을 계속하면 땀과 소변으로 체내 아연 소실이 일어나 혈장 아연 수준이 감소하며, 이는 운동강도 등 운동스트레스에 따라 차이를 보인다.^{2,38} 아연은 세포내 항산화 효소 SOD의 cofactor로써 산화스트레스에 관여하여 체내 지질 과산화의 지표인 malondialdehyde (MDA) 수준도 아연이 부족한 쥐에서 높았다.¹⁰ 또한 세포증식과 면역능에 관여하여 아연 보충은 운동성 상해에서의 회복과 지속적인 고강도 운동에 의한 세포매개성 면역능 저하를 완화하는데 기여한다.⁴¹ 체내 아연수준의 저하는 탄수화물 대사에도 영향주어 글리코겐 분해와 해당작용에 영향을 줄 수 있으며,⁴² 동물실험에서는 운동하는 쥐의 아연 보충이 글리코겐 로딩에 영향을 주었다.⁴¹ 그리하여 아연 부족은 심폐기능 저하, 근력과 지구력 감소 등을 초래하여 운동선수의 경우 골격근육의 강도를 감소시켜서 운동능 저하를 초래할 수 있다.³⁸ 또한 장기적인 아연결핍에 의해 선수들은 식욕부진, 체중감소, 지구력 감소와 함께 운동후 반기 피로, 골다공증 위험 증가를 초래할 수 있다.²⁵ 본 연구에 의하면 여자 대학선수에서 권장 수준보다 더 높은 수준의 아연 섭취가 필요할 것으로 유추되나, 이는 더 큰 규모의 여자선수 집단을 대상으로 혈청 아연 수준 분포에 대한 집중적인 평가를 통해 입증되어야 할 것이다.

혈청 아연 수준을 독립적으로 설명하는 유의적인 영양 인자는 오직 포화지방산으로 ($r^2 = 0.137$, $p\text{-value} = 0.007$) 변이의 14.7%나 설명하여서 포화지방산의 과다 섭취가 인체 아연수준에 부정적인 영향을 줌을 보였다. 포화지방산의 섭취는 대식세포 활성화와 인터로킨-17 (Interleukin-17)의 생산을 일으키는 친염증성 프로스타글란딘 E2의 경로를 활성화시키고, 면역세포막의 지질 구성을 변화시켜 면역기능을 파괴한다고 알려져 있다.³⁴ 또한 포화지방산이 톨유사수용체 (Toll-like receptor)에 관여하여 직접 면역세포를 파괴하여 병원균감염에 대한 내재성 면역능 저하와 염증반응에 관여한다.^{34,43} 그에 따라 여자 선수에서 포화지방산의 과다 섭취는 면역능 유지와 염증 반응에 관여하는 아연의 소모를 유도한 것으로 짐작된다. 그러나 아직 운동선수를 대상으로 포화지방산 섭취와 인체 아연 수준과의 관계는 알려진 바가 적다. 한편 선수들의 경우 경기나 훈련을 위해 지질 과다섭취에 따른 탄수화물 섭취가 상대적으로 부족하면서 코티졸과 같은 스트레스 호르몬 수준이 증가되어 면역능 저하가 일어날 수 있는데,^{22,25} 이는

포화지방산의 과다 섭취에 따른 면역능 저하를 더욱 촉진하여 체내 아연의 소모를 가중시킬 것으로 짐작된다.

본 연구에서 혈청 아연 수준은 식사의 아연 섭취량과는 관련성을 찾을 수 없었는데, 이는 선행연구 결과와 유사하다. 국내 20~40세 이하 여성에서 인체 아연 농도와 아연 섭취량은 관련성을 보이지 않았으며,⁴⁴ 여자 선수를 포함한 국외연구에서 아연의 혈청수준과 식이섭취수준은 관련성을 보이지 않았다.⁴⁵ Do 등에⁴⁶ 따르면 한국인의 인체 아연 수준은 높은 곡류와 두류 등 식물성 식품의 섭취에 의해 피틴산 섭취량이 증가하면서 식사의 아연 섭취량 자체보다 피틴산/아연의 몰 섭취비에 의해 아연의 체내 흡수율이 크게 차이를 보인다. 한편 운동에 의한 아연 수준의 변화는 지구성보다 근력운동 시 그 변화가 더 크며⁴⁰ 종목에 의한 근육변형에 따른 차이도 영향을 준다고 보고된 바 있다.⁴⁵ 따라서 본 연구에서 인체와 식사의 아연수준 사이의 관련성 부족은 첫째 식사 아연의 흡수 등 생체이용성 차이, 둘째 선수들의 훈련에 따른 차이 등에 기인하는 것으로 보인다.

본 연구의 제한점으로 여러 종목의 큰 규모의 선수 집단을 조사하지는 못하였다. 또한 선수의 훈련양이나 훈련형태를 조사하지 못하여 이런 요인들이 혈청 셀레늄과 아연 수준에 미치는 영향은 평가할 수 없었다. 운동 종목은 범주형 변수여서 설명력 평가에도 보정인자로써의 영향 정도를 정확하게 나타내기는 어려웠다. 한편 본 연구를 통해 유도과 에어로빅 종목의 여자 대학선수들의 셀레늄 영양 상태는 양호하지만, 일부 여자 유도선수는 아연 결핍 우려가 있으며 한국인 영양소섭취기준의 권장수준 보다 높은 양의 아연 섭취가 필요할 것으로 짐작된다. 그러나 이를 확인하기 위해서는 앞으로 더 큰 규모의 다양한 종목의 선수를 대상으로 폭넓은 심도깊은 연구가 필요하다. 나아가 본 연구는 여자 유도선수의 지질 섭취량과 함께 지질 구성도 조정하여야 하며, 열량섭취를 증가시켜야 함을 보였다. 인체 아연과 셀레늄 수준의 유지를 위해서 포화지방산 섭취를 줄이는 영양전략이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 여자 대학선수들의 혈청 셀레늄과 아연 수준을 일반 여대생과 비교 평가하고, 열량영양소 및 항산화영양소 섭취와의 관계를 평가하고자 하였다. 본 연구는 체육대학의 여자 에어로빅 및 유도선수와 운동을 규칙적으로 하지 않는 일반 여대생을 대상으로 식사섭취 조사와 혈청의 두 미량 무기질의 농도를 측정하였다.

에너지 섭취량은 에어로빅과 유도선수가 각각 2,151.0

kcal와 2,347.7 kcal를 나타내어 일반 여대생에 비해 유의적으로 높았다. 그러나 체중 1 kg당 하루 에너지 섭취량은 선수와 일반 여대생간에 유의적 차이가 없었지만 유도선수의 경우 35.8 kcal에 불과하였다. 지질 섭취량은 일반 여대생에 비해 두 선수군에서 유의적으로 높은 반면에, 단백질과 탄수화물의 섭취량은 선수와 일반 여대생 사이에 유의적 차이는 없었다. 지질 중 포화지방산 섭취는 유도선수가 일반 여대생에 비해 유의적으로 높은 섭취를 보였다. 비타민 A, E와 비타민 C의 섭취량은 에어로빅 선수가 일반 여대생에 비해 유의적으로 높으며 INQ도 1이상을 보였다. 그러나 유도선수의 경우 비타민 A와 C의 INQ가 1이하를 나타내어 비타민 A와 C의 영양적 질이 부적절함을 보였다. 철의 섭취량은 에어로빅 선수가 일반 여대생에 비해 유의적으로 높았으나, 셀레늄과 아연 섭취는 유의적 차이가 없었다. 그러나 철과 아연의 INQ는 유도선수에서 유의적으로 낮았다. 에어로빅과 유도선수의 셀레늄의 평균 섭취량은 각각 106.2 µg과 101.9 µg를 나타내었고, 아연 섭취량은 각각 10.7 mg과 9.3 mg으로 일반 여대생과 비교하여 유의적 차이는 보이지 않았다. 혈청 셀레늄의 평균 농도는 유도선수가 10.7 µg/dl을 보여 에어로빅 선수에 비해 유의적으로 낮았지만 이 둘 중 셀레늄 결핍자는 없었다. 에어로빅과 유도선수의 평균 혈청 아연농도는 각각 96.1 µg/dl과 90.2 µg/dl이므로 일반 여대생과 유사하였지만, 에어로빅에서는 아연 결핍이 없으나 유도선수에서 아연 결핍율은 각각 14.3%를 보였다. 혈청 셀레늄농도의 변이는 나이 포화지방산, 비타민 E와 셀레늄 섭취에 의해 35.5%를 설명할 수 있으며, 나이를 제외한 식사요인에 의해서 33.3%를 설명할 수 있었다. 혈청 아연농도의 변이는 포화지방산 섭취에 의해 14.7%를 설명함으로써, 특히 포화지방산 섭취가 두 미량 무기질의 혈청 수준에 부정적인 영향을 줌을 보였다. 결론적으로 여자 대학선수들의 인체 셀레늄 상태는 양호하나 일부 선수에서 아연 영양부족이 우려되며 두 미량 무기질 수준을 유지하기 위해 포화지방산의 섭취를 줄이는 영양개선이 필요함으로 보였다. 나아가 셀레늄의 식사섭취와 인체 수준과의 관계를 명확하게 평가하기 위해서는 식사를 통한 셀레늄 섭취의 정확히 평가가 필요하며, 이에선 식품의 셀레늄 데이터베이스의 개선이 필요한 것으로 사료되며, 아연 영양상태 관련인자를 평가하기 위해서는 아연의 생체 이용률을 고려하는 자료가 필요할 것이다.

ORCID

이옥희: <https://orcid.org/0000-0001-9864-862X>

References

- Gross M, Baum O. Supplemental antioxidants and adaptation to physical training [Internet]. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2015 [cited 2017 Dec 20]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK299059/>.
- Koury JC, de OLilveria AV Jr, Portella ES, de OLilveria CF, Lopes GC, Donangelo CM. Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004; 14(3): 358-372.
- Kilic M, Baltaci AK, Gunay M, Gokbel H, Okudan N, Cicioglu I. The effect of exhaustion exercise on thyroid hormones and testosterone levels of elite athletes receiving oral zinc. *Neuroendocrinol Lett* 2006; 27(1-2): 247-252.
- Burk RF. Selenium, an antioxidant nutrient. *Nutr Clin Care* 2002; 5(2): 75-79.
- Köhr J, Brigelius-Flohé R, Böck A, Gärtner R, Meyer O, Flohé L. Selenium in biology: facts and medical perspectives. *Biol Chem* 2000; 381(9-10): 849-864.
- Xu LQ, Sen WX, Xiong QH, Huang HM, Schramel P. Selenium in Kashin-Beck disease areas. *Biol Trace Elem Res* 1991; 31(1): 1-9.
- Ministry of Health and Welfare (KR); The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2016.
- Margaritis I, Rousseau AS. Does physical exercise modify antioxidant requirements? *Nutr Res Rev* 2008; 21(1): 3-12.
- Yan Y, Drenowatz C, Hand GA, Shook RP, Hurley TG, Hebert JR, Blair SN. Is nutrient intake associated with physical activity levels in healthy young adults? *Public Health Nutr* 2016; 19(11): 1983-1989.
- Ozturk A, Baltaci AK, Mogulkoc R, Oztekin E, Sivrikaya A, Kurtoglu E, Kul A. Effects of zinc deficiency and supplementation on malondialdehyde and glutathione levels in blood and tissues of rats performing swimming exercise. *Biol Trace Elem Res* 2003; 94(2): 157-166.
- Peake JM, Gerrard DF, Griffin JF. Plasma zinc and immune markers in runners in response to a moderate increase in training volume. *Int J Sports Med* 2003; 24(3): 212-216.
- Maxwell C, Volpe SL. Effect of zinc supplementation on thyroid hormone function. A case study of two college females. *Ann Nutr Metab* 2007; 51(2): 188-194.
- Clarkson PM. Minerals: exercise performance and supplementation in athletes. *J Sports Sci* 1991; 9(sup1): 91-116.
- Burkhart SJ, Pelly FE. Dietary intake of athletes seeking nutrition advice at a major international competition. *Nutrients* 2016; 8(10): E638.
- Rural Development Administration (KR); The Korean Society of Community Nutrition. Life-size nutrition guide for silver generation. Paju: Kyomoon; 2010.
- American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine, Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41(3): 709-731.
- Wierniuk A, Włodarek D. Assessment of physical activity, energy expenditure and energy intakes of young men practicing

- aerobic sports. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2014; 65(4): 353-357.
18. Loucks AB. Energy balance and body composition in sports and exercise. *J Sports Sci* 2004; 22(1): 1-14.
19. Kim EK, Kim GS, Park JS. Comparison of activity factor, predicted resting metabolic rate, and intakes of energy and nutrients between athletic and non-athletic high school students. *J Korean Diet Assoc* 2009; 15(1): 52-68.
20. Kang HS, Kim SJ. Study on the nutrient intakes status of the female athletics in Korea. *J Exerc Nutr Biochem* 2003; 7(2): 167-174.
21. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, Meyer N, Sherman R, Steffen K, Budgett R, Ljungqvist A. The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad--relative energy deficiency in sport (RED-S). *Br J Sports Med* 2014; 48(7): 491-497.
22. Gleeson M, Bishop NC. Elite athlete immunology: importance of nutrition. *Int J Sports Med* 2000; 21 Suppl 1: S44-S50.
23. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *J Acad Nutr Diet* 2016; 116(3): 501-528.
24. Institute of Medicine (US); Committee on Mineral Requirements for Cognitive and physical performance of military personnel; Committee on Military Nutrition Research. Mineral requirements for military personnel: levels needed for cognitive and physical performance during garrison training [Internet]. Washington, D.C.: The National Academies Press; 2006 [cited 2018 Jan 5]. Available from: <https://www.nap.edu/catalog/11610/>.
25. Micheletti A, Rossi R, Rufini S. Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Med* 2001; 31(8): 577-582.
26. Martin L, Lambeth A, Scott D. Nutritional practices of national female soccer players: analysis and recommendations. *J Sports Sci Med* 2006; 5(1): 130-137.
27. Bae YJ, Kim MH, Yeon JY. Evaluation of dietary zinc, copper, manganese and selenium intake in female university students. *Korean J Community Nutr* 2012; 17(2): 146-155.
28. Thomson CD. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58(3): 391-402.
29. Xia Y, Hill KE, Li P, Xu J, Zhou D, Motley AK, Wang L, Byrne DW, Burk RF. Optimization of selenoprotein P and other plasma selenium biomarkers for the assessment of the selenium nutritional requirement: a placebo-controlled, double-blind study of selenomethionine supplementation in selenium-deficient Chinese subjects. *Am J Clin Nutr* 2010; 92(3): 525-531.
30. He F, Li J, Liu Z, Chuang CC, Yang W, Zuo L. Redox mechanism of reactive oxygen species in exercise. *Front Physiol* 2016; 7: 486.
31. Garatachea N, García-López D, Bernal A, Almar M, González-Gallego J. Oxidative stress response to isometric exercise in women: effect of age and exercise intensity. *Int SportMed J* 2012; 13(1): 85-95.
32. Nikolaidis MG, Paschalis V, Giakas G, Fatouros IG, Koutedakis Y, Kouretas D, Jamurtas AZ. Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(7): 1080-1089.
33. Silva LA, Pinho CA, Silveira PC, Tuon T, De Souza CT, Dal-Pizzol F, Pinho RA. Vitamin E supplementation decreases muscular and oxidative damage but not inflammatory response induced by eccentric contraction. *J Physiol Sci* 2010; 60(1): 51-57.
34. Myles IA. Fast food fever: reviewing the impacts of the western diet on immunity. *Nutr J* 2014; 13(1): 61-77.
35. McCarthy CG, Farney TM, Canale RE, Dessoulavy ME, Bloomer RJ. High-fat feeding, but not strenuous exercise, increases blood oxidative stress in trained men. *Appl Physiol Nutr Metab* 2013; 38(1): 33-41.
36. Hotz C, Pearson JM, Brown KH. Suggested lower cutoffs of serum zinc concentrations for assessing zinc status: reanalysis of the second National Health and Nutrition Examination Survey data (1976-1980). *Am J Clin Nutr* 2003; 78(4): 756-764.
37. Chandyo RK, Strand TA, Mathisen M, Ulak M, Adhikari RK, Bolann BJ, Sommerfelt H. Zinc deficiency is common among healthy women of reproductive age in Bhaktapur, Nepal. *J Nutr* 2009; 139(3): 594-597.
38. Lukaski HC. Magnesium, zinc, and chromium nutriture and athletic performance. *Can J Appl Physiol* 2001; 26 Suppl: S13-S22.
39. Granell J. Zinc and copper changes in serum and urine after aerobic endurance and muscular strength exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 2014; 54(2): 232-237.
40. Soria M, Gonzales-Haro C, Anson M, Lopez-Colon JL, Escanero JH. Plasma levels of trace elements and exercise induced stress hormone in well trained athletes. *J Trace Elem Med Biol* 2015; 31: 113-119.
41. Baltaci AK, Ozyurek K, Mogulkoc R, Kurtoglu E, Ozkan Y, Celik I. Effects of zinc deficiency and supplementation on the glycogen contents of liver and plasma lactate and leptin level of rats performing swimming exercise. *Biol Trace Elem Res* 2003; 96(1-3): 227-236.
42. Brand IA, Kleineke J. Intracellular zinc movement and its effect on the carbohydrate metabolism of isolated rat hepatocytes. *J Biol Chem* 1996; 271(4): 1941-1949.
43. Chait A, Kim F. Saturated Fatty acids and inflammation: who pays the toll? *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2010; 30(4): 692-693.
44. Hong SR, Lee SM, Lim NR, Chung HW, Ahn HS. Association between hair mineral and age, BMI and nutrient intakes among Korean female adults. *Nutr Res Pract* 2009; 3(3): 212-219.
45. Nuviala RJ, Lapieza MG, Bernal E. Magnesium, zinc, and copper status in women involved in different sports. *Int J Sport Nutr* 1999; 9(3): 295-309.
46. Do MS, Lomeda RR, Cho YE, Kwun IS. The decreased molar ratio of phytate: zinc improved zinc nutriture in South Koreans for the past 30 years(1969-1998). *Nutr Res Pract* 2007; 1(4): 356-362.