



Original Article

Effects of Sports Nutrition Education on Dietary Intake of Korean Women's National Handball Players

Jin Joo Lee¹, Sun Hyeon Kwon¹, and Soo Hyun Park^{1,2*}

¹Sports Science Center for National Athletes, Korea Institute of Sport Science

²Department of Sports Science, Korea Institute of Sport Science

Article Info

Received 2025.08.22.

Revised 2025.10.14.

Accepted 2025.11.17.

Correspondence*

Soo Hyun Park

otajulia@kspo.or.kr

Key Words

Korean National Female Handball Team, Dietary Intake, Sports Nutrition Education, Energy Availability, Adequate and balanced energy intake

PURPOSE This study aimed to evaluate energy availability and dietary intake among female Korean national handball players and to examine the effects of sports nutrition on their dietary habits. **METHODS** Sixteen players from the 2024 Korean women's national handball team participated in the study. Bioelectrical impedance analysis was used to assess body composition. Low energy availability (LEA) was assessed using the Low Energy Availability in Females Questionnaire (LEAF-Q). Dietary intake was evaluated before and after as sports nutrition education program using seven consecutive 24-hour recalls. Professional nutrition analysis software was utilized to assess weekday and weekend intakes of major macro- and micro-nutrients. A face-to-face nutrition education session was provided after the first dietary intake survey. The program covered the functions and recommended levels of macro- and micronutrients, specifically focusing on their link to sports performance. **RESULTS** Based on the LEAF-Q assessment, 37.5% of female national handball players were classified as being at risk, with particularly high tendencies of suffering injuries (62.5%) and gastrointestinal symptoms (75%). Following the nutrition education intervention, fat-free mass and skeletal muscle mass increased significantly, while fat mass and body fat percentage ($p < .05$). Improvements were also observed in dietary intake of the players, with a significant increase in carbohydrate and protein consumption and a reduction in fat intake, along with achieving recommended levels on both weekdays and weekends. However, intakes of vitamin D, calcium, and iron remained below recommended levels before and after the intervention. **CONCLUSIONS** This study demonstrated that female national handball players faced insufficient energy availability and nutrient imbalances, particularly in vitamin D, calcium, and iron. Nutrition education prompted favorable changes in body composition and macronutrient intake, confirming its effectiveness. These findings highlight the importance of ensuring adequate energy intake, while persistent micronutrient gaps underscore the need for sustained, specific nutritional strategies.

서 론

핸드볼은 올림픽 정식 종목으로 경기 중 유산소 및 무산소 에너지 시

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

스템이 모두 요구되는 팀 스포츠이다. 핸드볼은 종목 특성상 반복적인 점프, 가속과 감속, 빠른 방향 전환 등과 같은 고강도 활동이 빈번하게 요구되며, 이에 따라 간과 근육에 저장된 글리코겐에 대한 에너지 의존도가 높은 것으로 알려져 있다. 이러한 고강도 반복 활동은 에너지 고갈 및 대사적 스트레스를 유발하여 결과적으로 근육 손상 및 급성 염증 반응을 유발할 수 있다 (Arnaoutis et al., 2024). 이를 회복하기 위해서는 다량영양소인 탄수화물, 단백질의 충분한 섭취를 통

해 근글리코겐 저장량을 확보하고 근육 내 단백질 합성을 촉진하는 것이 중요하다(Molina-López & Planells, 2018; Arnaoutis et al., 2024).

팀 스포츠 선수에게 권장되는 다량영양소 섭취 기준은 탄수화물의 경우 5-8g/kg/day이며, 단백질의 경우 1.2-2g/kg/day, 지방의 경우 총 에너지 섭취량의 20-30%를 섭취하도록 권장되고 있다(Holway & Spriet, 2011; Kerksick et al., 2018; Castillo et al., 2022). 또한 비타민 D, 칼슘, 철과 같은 미량영양소는 뼈 건강, 면역기능, 염증 조절 및 근 기능 유지 등에 중요한 역할을 하므로, 영양 섭취 조절은 경기 수행 능력을 극대화하기 위한 필수적 요인이라 할 수 있다(Molina-López & Planells, 2018).

선행 연구에 따르면 여자 운동 선수들의 경우 운동 후 적절한 생리적 기능(생식, 면역, 뼈 건강 등)을 유지하기 위해서는 섭취 에너지(Energy intake)와 운동에너지소비량(Exercise energy expenditure) 그리고 제지방량(Fat free mass)으로 산출한 일일 사용 가능 에너지량이 최소 45kcal/kg FFM/day가 필요한 것으로 보고되었다(Park et al., 2022). 그러나 대부분의 여자 핸드볼 선수의 경우 체중과 신체 구성 조절 및 퍼포먼스 압박으로 인해 낮은 에너지 가용성(LEA, Low Energy availability)에 해당하는 것으로 보고되었다(Mora-Fernandez et al., 2022; Arnaoutis et al., 2024). 낮은 에너지 가용성이란 생리적 기능 유지에 사용할 에너지 부족 상태를 뜻하며, 일일 에너지 가용성 30kcal/kg FFM/day 미만을 기준으로 한다. 이와 더불어 여자 운동선수들을 위한 낮은 에너지 가용성 스크리닝 도구인 Low Energy availability in Females Questionnaire(LEAF-Q)를 통해 낮은 에너지 가용성 위험을 식별할 수 있다(Melin et al., 2014; Mountjoy et al., 2018; Tayne et al., 2019).

낮은 에너지 가용성은 주로 높은 훈련 강도 및 빈도, 또는 불충분한 회복 시간으로 인한 에너지 소비량의 증가와 더불어, 부적절한 식사 습관이나 섭식 장애로 인한 에너지 섭취 부족에 의해 유발된다. 이러한 에너지 불균형 및 영양 결핍은 경기력 저하뿐만 아니라 에너지 대사, 생식 기능, 근골격계 건강, 면역계, 심혈관계 및 혈액학적 건강에 부정적인 영향을 미치며, 이로 인해 부상 및 질병 발생 위험이 증가하는 것으로 보고되었다(Ackerman et al., 2019; Park et al., 2022). 이에 따라 국제올림픽위원회(IOC)에서 운동선수의 상대적 에너지 결핍(REDs, Relative Energy Deficiency in Sport)에 대한 성명서를 발표하였으며, 에너지 결핍의 예방 및 조기 개입의 중요성이 더욱 강조되고 있다(Mountjoy et al., 2018).

영양 교육은 이러한 에너지 결핍을 예방하기 위한 방법 중 하나로 운동 선수들이 올바른 영양 섭취를 돋는 효과적인 방법이다(Tektunali Akman et al., 2024). 이는 단순한 식품 가이드를 넘어, 에너지 균형 및 영양 섭취의 중요성과 각 영양소들의 역할 및 필요성을 교육하여 운동 중 증가하는 영양소 필요량을 이해하고, 적절한 식단을 구성하며, 에너지 결핍 위험을 사전에 예방하는 전략을 포함한다(Sánchez-Díaz et al., 2020; Boidin et al., 2021). 특히 여자 핸드볼 선수의 경우 높은 훈련 강도와 경쟁 환경에 노출되는 동시에, 생리적 특성과 호르몬 변동 등으로 인해 상대적으로 에너지 결핍에 더 취약할 수 있으므로, 이들을 대상으로 한 체계적이고 맞춤화된 영양 교육의 필요성이 더욱 강조된다(Gastrich et al., 2020; Miralles-Amorós, Vicente-Martínez, et al., 2023).

현재 핸드볼 선수에 대한 식이 섭취 조사 연구는 국외 논문에 한정되어 있으며, 주로 핸드볼 선수들의 영양 상태 및 영양 지식 여부 파악에 초점을 맞추고 있다(Mora-Fernandez et al., 2022; Arnaoutis et al., 2024). 한편, 여자 운동선수들이 낮은 에너지 가용성 및 상대적 에너지 결핍 문제에 더 큰 위험을 겪고 있음에도 불구하고, 영양 교육에 따른 영양 지식 및 식이 섭취 변화에 미치는 영향에 대한 대부분의 연구는 남성 운동선수들을 대상으로 이루어졌으며(Molina-López et al., 2013; Sánchez-Díaz et al., 2020), 여자 핸드볼 선수들을 대상으로 진행된 연구는 국내·외 모두 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 한국 여자 핸드볼 국가대표 선수를 대상으로 에너지 가용성과 체계적인 식이 섭취 상태를 평가하고 스포츠 영양 교육이 선수들의 식이 섭취의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보는 데 본 연구의 목적이 있다.

연구방법

연구대상

본 연구는 여자 핸드볼 국가대표 선수 17명을 대상으로 하였으며, 연구 대상자 중 영양 교육 전 식이 섭취 데이터가 없는 선수는 제외하였다(n=1). 연구 대상자들은 국가대표 팀 훈련 일정에 맞춰 일일 4~6시간씩 주 4회 이상의 중·고강도 훈련을 수행하였다. 본 조사를 실시하기 전에 선수들에게 식이 조사와 영양 교육에 대해 충분히 설명하였으며, 자발적 동의를 한 자로 한하여 진행하였다. 연구 대상자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

측정 항목 및 방법

1. 신체측정

신장은 신발을 벗고 신장계(Inbody-BSM370, Inbody, Korea) 발모양에 맞춰 올라가 신장계 세운에 발뒤꿈치, 엉덩이, 등을 닳게 하고, 차렷 자세로 턱을 당겨 시선은 앞을 바라보게 한 뒤 0.1 cm 단위로 측정하였다. 체중 및 신체 구성은 가벼운 옷차림으로 신발과 양말을 벗은 뒤 생체전기저항분석기(Inbody-720, Inbody, Korea)를 이

Table 1. Characteristics of Korean national female handball players

Variables	Participants (n=16)
Height (cm)	171.94 ± 6.29
Weight (kg)	67.46 ± 3.22
Age (y)	26.19 ± 2.81
Fat-free mass (kg)	51.91 ± 8.54
Skeletal muscle mass (kg)	29.00 ± 4.95
Fat mass (kg)	15.63 ± 5.71
Body fat (%)	22.65 ± 5.08
Total energy expenditure (kcal)	2806.46 ± 204.06

Values are presented as mean ± standard deviation

용하여 측정하였으며, 체중(kg), 체지방률(%), 골격근량(kg), 체지방량(kg)을 산출했다.

2. 에너지 가용성 스크리닝

에너지 가용성은 Melin 등(2014)이 개발한 Low Energy Availability in Females Questionnaire, LEAF-Q의 한국어 버전인 K-LEAF-Q를 이용하여 영양섭취 조사 전에 실시하였으며(Seo et al., 2024), 총점 8점 이상의 경우 낮은 에너지 가용성 위험이 있는 것으로 판단하였다. 또한 총점과 관계없이 설문의 각 세부항목 당 부상 2점, 위장 2점, 월경 기능 4점 이상일 경우도 낮은 에너지 가용성 위험이 있는 것으로 판단하였다(Melin et al., 2014).

3. 에너지 소비량

일일 총 에너지 소비량은 생체전기저항분석기로 측정된 기초대사량(BMR, Basal Metabolic Rate)에 신체활동계수(PAL, Physical Activity Level)를 곱하여 산출하였다. 신체활동계수는 ACSM에서 제시한 권장 기준을 참고하였으며, 이는 좌식 생활(1.0~1.39), 저활동(1.4~1.59), 활동적(1.6~1.89), 매우 활동적(1.9~2.5)으로 구분된다. 본 연구에서는 국가대표 핸드볼 선수의 훈련 일정을 반영하여 '매우 활동적' 범주에 해당하는 1.9를 적용하였다(Fao, 2005; Rodriguez et al., 2009).

4. 식이 섭취 조사

식이 섭취 조사는 1차의 경우 5월 16일부터 22일, 2차의 경우 영양 교육 이후 2주 뒤인 6월 5일부터 11일까지로 각각 7일간, 총 2회에 걸쳐 실시하였으며, 24시간 식이 회상법(24-hour dietary recall)을 통해 이루어졌다. 조사에 앞서 24시간 식이 회상법에 대한 교육을 실시하였으며, 선수들의 식이 섭취량을 최대한 정확하게 측정하기 위해 조사기간 동안 참가자들은 섭취한 모든 음식의 사진을 섭취 전후로 촬영하여 연구진에게 제출하도록 하였다. 해당 사진 자료는 식이 섭취 분석에 보조자료로 활용하였다.

식이 섭취 분석은 전문가용 영양 평가 프로그램(Computer Aided Nutritional analysis program ver 6.0, 한국영양학회)을 이용하여 평일과 주말을 나누어 다량 및 미량영양소 섭취량을 분석하였다.

영양 교육

영양 교육(Fig. 1)은 1차 식이 섭취 조사 종료 이후 바로 다음날 대면 강의로 실시하였으며, 에너지 균형의 중요성, 핸드볼 선수의 건강 및 경기력을 위한 다량 및 미량영양소의 역할과 권장섭취량, 영양 섭취가 경기력 및 회복에 미치는 영향 등의 내용이 포함되었다.

통계 처리

모든 자료는 SPSS 27.0(IBM Co., USA)을 이용하여 분석하였다. 신체적 특성과 영양소 섭취량은 평균과 표준편차(Mean±SD)로 제시하였으며, 낮은 에너지 가용성은 빈도분석을 실시하였다. 영양 교육에 따른 전, 후 차이를 검증하기 위해 대응표본 *t*-검정(paired *t*-test)을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.



Fig. 1. Sports nutrition education for korean national female handball players

연구결과

에너지 가용성 위험도 분류

여자 핸드볼 국가대표 선수들의 에너지 가용성을 평가한 결과, 본 연구에 참여한 선수 16명 중 LEAF-Q 총점 8점 이상으로 위험군으로 분류된 선수는 6명(37.5%)으로 나타났다. 세부 항목별 위험군 분포를 살펴보면, 부상 항목에서 10명(62.5%), 위장 항목에서 13명(75%), 월경 기능에서 2명(12.5%)이 각각 위험군으로 분류되었다 (Fig. 2).

신체 구성 및 에너지 소비량

<Table 2>는 영양 교육 전·후 선수들의 신체構成을 비교한 결과이다. 체중은 교육 전 $67.46 \pm 12.89\text{kg}$ 에서 교육 후 $67.50 \pm 12.98\text{kg}$ 으로 변화하였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ($p=0.912$). 체지방률은 교육 전 $51.91 \pm 8.54\%$ 에서 교육 후 $52.46 \pm 8.53\%$ 으로 유의하게 증가하였으며($p=0.039$), 골격근량 또한 $29.00 \pm 4.95\text{kg}$ 에서 $29.40 \pm 4.95\text{kg}$ 으로 증가하여 통계적으로 유의하였다($p=0.010$). 반면, 체지방량은 교육 전 $15.63 \pm 5.71\text{kg}$ 에서 교육 후 $14.81 \pm 6.02\text{kg}$ 으로 유의하게 감소하였고($p=0.019$), 체지방률 역시 $22.65 \pm 5.08\%$ 에서 $21.47 \pm 5.75\%$ 로 유의한 감소가 확인되었다($p=0.015$). 한편, 기초대사량(교육 전 $1477.10 \pm 107.41\text{kcal} \rightarrow$ 교육 후 $1491.13 \pm 184.16\text{kcal}$, $p=0.506$), 운동 에너지 소비량(교육 전 $1312.61 \pm 109.92\text{kcal} \rightarrow$ 교육 후 $1342.01 \pm 165.74\text{kcal}$, $p=0.234$), 총 일일 에너지 소비량(교육 전 $2806.46 \pm 204.06\text{kcal} \rightarrow$ 교육 후 $2833.14 \pm 349.90\text{kcal}$, $p=0.506$)은 모두 교육 전·후 유의한 차이가 나타나지 않았다.

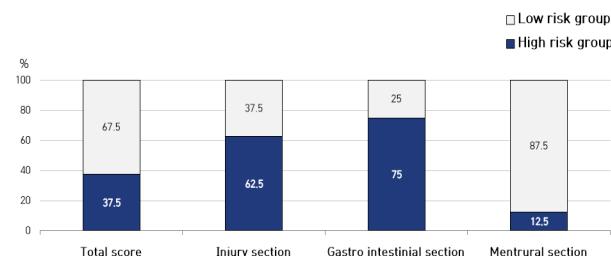


Fig. 2. Risk classification(%) based on LEAF-Q cut-off score (n=16)

Table 2. Comparison of body composition before and after nutrition education

Variables	Before	After	t	p
Weight (kg)	67.46 ± 12.89	67.50 ± 12.98	0.112	0.912
Fat-free mass (kg)	51.91 ± 8.54	52.46 ± 8.53	-2.263	0.039*
Skeletal muscle mass (kg)	29.00 ± 4.95	29.4 ± 4.95	-2.928	0.010*
Fat mass (kg)	15.63 ± 5.71	14.81 ± 6.02	2.629	0.019*
Body fat (%)	22.65 ± 5.08	21.47 ± 5.75	2.753	0.015*
Basal Metabolic Rate (kcal)	1477.1 ± 107.41	1491.13 ± 184.16	-0.681	0.506
Exercise Energy Expenditure (kcal)	1312.61 ± 109.92	1342.01 ± 165.74	-1.239	0.234
Total Daily Energy Expenditure (kcal)	2806.46 ± 204.06	2833.14 ± 349.90	-0.681	0.506

Values are presented as mean ± standard deviation

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

평일 식이 섭취의 변화

〈Table 3〉은 한국 여자 핸드볼 국가대표 선수들의 영양교육 전·후 평일 평균 에너지 및 영양소 섭취량을 제시한 것이다. 평균 에너지 섭취량은 영양 교육 전 2422.17 ± 363.27 kcal에서 교육 후 2533.26 ± 318.31 kcal로 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p=0.316$).

다량영양소 섭취의 변화를 살펴보면, 탄수화물 섭취량은 교육 전 4.50 ± 1.16 g/kg/d에서 교육 후 5.29 ± 0.94 g/kg/d로 유의하게 증가하였다($p=0.006$). 반면 단백질 섭취량은 교육 전 1.54 ± 0.40 g/kg/d에서 교육 후 1.26 ± 0.22 g/kg/d로 유의하게 감소하였다($p=0.007$). 지방 섭취율은 교육 전 $31.90 \pm 6.27\%$ 에서 교육 후 $29.68 \pm 3.38\%$ 로 낮아졌으나 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.238$).

미량영양소 섭취의 경우, 비타민 D 섭취량이 교육 전 1.07 ± 0.42 mg에서 교육 후 1.01 ± 0.41 mg으로 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p=0.649$). 칼슘 섭취량은 512.63 ± 144.73 mg에서 389.89 ± 136.16 mg ($p=0.004$)으로 철 섭취량은 11.57 ± 3.57 mg에서 9.25 ± 0.77 mg ($p=0.012$)으로 유의하게 감소하였다.

주말 식이 섭취의 변화

〈Table 4〉는 한국 여자 핸드볼 국가대표 선수들의 영양교육 전·후 주말 평균 에너지 및 영양소 섭취량을 제시한 것이다. 평균 에너지 섭취량은 교육 전 1879.82 ± 691.72 kcal에서 교육 후 2685.81 ± 477.66 kcal로 유의하게 증가하였다($p=0.001$).

다량영양소 섭취를 살펴보면, 탄수화물 섭취량은 3.20 ± 1.31 g/kg/d에서 5.91 ± 1.75 g/kg/d로 크게 증가하여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.001$). 단백질 섭취량은 교육 전 1.03 ± 0.34 g/kg/d에서 교육 후 1.25 ± 0.23 g/kg/d로 증가하였으며, 이 변화는 통계적으로 유의하였다($p=0.045$). 반면, 지방 섭취율은 교육 전 $36.93 \pm 5.90\%$ 에서 교육 후 $29.23 \pm 4.77\%$ 로 감소하였으며, 이는 통계적으로 유의한 결과였다($p=0.001$).

미량영양소 섭취의 경우, 비타민 D 섭취량은 교육 전 0.95 ± 1.08 mg에서 교육 후 1.09 ± 0.94 mg으로 변화하였으나 유의하지 않았다($p=0.710$). 칼슘 섭취량은 445.88 ± 293.36 mg에서 307.80 ± 105.11 mg으로 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.099$). 철 섭취량 역시 교육 전 9.33 ± 5.02 mg에서 교육 후 8.13 ± 1.37 mg으로 감소하였으나 유의한 차이는 없었다($p=0.325$).

Table 3. Comparison of weekday dietary intake before and after nutrition education

Variables	Before	After	t	p
Energy intake (kcal)	2422.17 ± 363.27	2533.26 ± 318.31	-1.038	0.316
Carbohydrate (g/kg/d)	4.50 ± 1.16	5.29 ± 0.94	-3.191	0.006**
Protein (g/kg/d)	1.54 ± 0.40	1.26 ± 0.22	3.123	0.007**
Fat (%)	31.90 ± 6.27	29.68 ± 3.38	1.230	0.238
Vitamin D (mg)	1.07 ± 0.42	1.01 ± 0.41	0.465	0.649
Calcium (mg)	512.63 ± 144.73	389.89 ± 136.16	3.358	0.004**
Iron (mg)	11.57 ± 3.57	9.25 ± 0.77	2.861	0.012*

Values are presented as mean ± standard deviation

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 4. Comparison of weekend dietary intake before and after nutrition education

Variables	Before	After	t	p
Energy intake (kcal)	1879.82 ± 691.72	2685.81 ± 477.66	-4.211	0.001**
Carbohydrate (g/kg/d)	3.20 ± 1.31	5.91 ± 1.75	-5.732	0.000***
Protein (g/kg/d)	1.03 ± 0.34	1.25 ± 0.23	-2.190	0.045*
Fat (%)	36.93 ± 5.90	29.23 ± 4.77	3.915	0.001**
Vitamin D (mg)	0.95 ± 1.08	1.09 ± 0.94	-0.379	0.710
Calcium (mg)	445.88 ± 293.36	307.80 ± 105.11	1.758	0.099
Iron (mg)	9.33 ± 5.02	8.13 ± 1.37	1.018	0.325

Values are presented as mean ± standard deviation

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

논의

본 연구는 한국 여자 핸드볼 선수를 대상으로 에너지 가용성(LEA)과 영양 섭취 상태를 평가하고, 스포츠 영양 교육 개입의 효과를 분석하였다. 그 결과, 선수들은 전반적으로 에너지 섭취량 부족과 낮은 에너지 가용성(LEA)을 보였으며, 이는 선행 연구에서 보고된 팀 스포츠 선수들의 에너지 불충분 현상과 일치한다(Miralles-Amorós, Asencio-Mas, et al., 2023; Arnaoutis et al., 2024).

에너지 가용성은 생리적 기능을 유지하는데 사용 가능한 에너지량으로, 일일 섭취 에너지량과 운동으로 소모되는 에너지량의 차이를 제거방향으로 나눈 값으로 산출한다(Loucks et al., 2013; Loucks, 2020; Areta et al., 2021; Cabre et al., 2022; Kelly & Hecht, 2022). 본 연구에서 산출된 선수들의 에너지 가용성을 살펴봤을 때 전체 선수의 81.25%가 30kcal/kg FFM/day로 나타났다. 이는 프로 여자 핸드볼 선수 21명을 대상으로 에너지 가용성을 보고한 Miralles-Amorós, Asencio-Mas, et al.(2023)의 연구 결과와 일치한다. LEAF-Q 분석 결과 본 연구에서 상당수의 선수가 위험군으로 분류되었는데, 특히 위장관 증상과 부상 영역에서 높은 비율을 보여, LEA가 선수들의 건강과 경기력에 직접적인 위험 요인으로 작용할 수 있음을 시사한다.

낮은 에너지 가용성은 부적절한 영양 섭취 또는 과도한 운동으로 인한 에너지 소비에 의해 발생할 수 있으며(Burke et al., 2018; Sim & Burns, 2021). 월경 및 뼈 대사 장애와 관련이 있을 뿐만 아니라, 선수의 경기력에도 부정적인 영향을 미친다(Kelly & Hecht., 2022). 따라서 균형적인 영양 섭취를 통한 에너지 가용성 관리는 향후 선수 지속적인 활동에도 매우 중요하다(Grabia et al., 2024). 선행 연구에 따르면 영양 지식이 풍부한 선수는 영양 지식이 부족한 선수보다 균형적인 식사를 하는 것으로 나타났다. 즉, 에너지가용성 관리 및 예방을 위해서는 선수와 지도자에게 스포츠 영양 교육을 제공하는 것이 필요하다(Tekinali Akman et al., 2024).

영양소 섭취 양상에서는 다량영양소의 불균형이 확인되었다. 교육 전 탄수화물 및 단백질 섭취는 권장 수준에 미치지 못한 반면, 지방 섭취율은 권장량을 초과하는 것으로 나타났다. 이는 프로 및 세미 프로 팀 스포츠 선수의 에너지 및 탄수화물 섭취량은 권장량에 미치지 못했으나, 단백질 및 지방 섭취량은 권장량을 충족하거나 초과했음을 보고한 메타분석 연구(Jenner et al., 2019)와 핸드볼 선수의 식이 습

관을 조사하여 영양 불균형을 보고한 연구(Arnaoutis et al., 2024)의 결과와 일치한다. 또한 본 연구에서는 비타민 D, 칼슘, 철 등 주요 미량영양소 섭취 부족 역시 확인되었으며, 이는 핸드볼 선수에서 비타민 D, 칼슘, 철의 결핍을 보고한 연구의 결과와 일치한다(Mora-Fernandez et al., 2022).

주요 미량영양소인 비타민 D는 근골격 기능 및 면역 기능(Miraj et al., 2019; de La Puente Yagüe et al., 2020; Harju et al., 2022), 칼슘은 근수축 및 근력 유지(Kunstel, 2005; Cormick & Belizán, 2019; Toamah et al., 2021; Chauhan, 2022; Ghazzawi et al., 2023), 철은 산소 운반 및 에너지 생산에 관여한다(Alaunyte et al., 2015; Keller et al., 2024). 이는 엘리트 운동선수들의 경기 수행 능력 및 훈련 효과에 필수적이며, 골·관절 손상을 예방하고 회복을 촉진하기 위해 매우 중요하다.

그러나 비타민 D는 식이 섭취만으로는 필요량을 충족하기 어려워 햇빛 노출이 필수적이며(Kučan et al., 2018; Benedik, 2022; Bârsan et al., 2023), 실내 종목 선수의 경우 결핍 위험이 더 높은 것으로 나타났다(Ogan & Pritchett, 2013; Wyatt et al., 2024). 또한 칼슘은 대부분의 여성 운동선수들이 일일 권장량 이하로 섭취하며, 이는 남성 운동선수에 비해 낮은 골밀도와 높은 스트레스 골절 발생률과 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며(Holtzman & Ackerman, 2021; Ishizu et al., 2022), 철은 여성 선수의 제한적 식단, 지구성 훈련, 월경 등으로 철 결핍 위험이 높으며, 이는 최대남소 섭취량 감소와 수행 능력 저하로 이어질 수 있다고 보고되고 있다(Smith, 1995; Parks et al., 2017; Pedlar et al., 2018; Castell et al., 2019; Keller et al., 2024; Tsukahara et al., 2025). 이러한 여러 선행 연구들을 살펴봤을 때 본 연구의 결과는 단순한 열량 섭취 뿐만 아니라, 영양소의 균형적 섭취 전략이 선수 관리에서 필수적일 수 있다.

근거를 기반으로 한 스포츠 영양 교육은 다양한 팀 스포츠를 포함한 모든 스포츠 선수의 영양 지식, 식습관, 체성분 및 스포츠 성과를 개선하는데 유용하며, 최상의 경기력을 위한 주요 요인으로 인식되고 있다(Molina-López et al., 2013; Boidin et al., 2021; Jayawardena et al., 2025). 본 연구에서는 영양 교육의 효과를 확인하기 위해 영양 교육 전·후 신체 구성 및 영양소 섭취 비교를 실시하였다. 신체 구성의 경우, 영양 교육 전과 비교하였을 때 제지방량과 골격근량은 유의하게 증가하였으며($p<.05$), 체지방률은 유

의하게 감소하여($p<.05$) 긍정적인 변화를 관찰하였다.

영양 교육 후 평일 다량영양소 섭취 변화의 경우, 탄수화물 섭취량과 비율 모두 유의하게 증가하여 권장 수준에 도달하였다($p<0.01$). 지방 섭취 비율은 감소하여 권장 수준에 도달하였으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 영양 교육 후 주말 다량영양소 섭취는 탄수화물 섭취량과 비율 모두 유의하게 증가하여 권장 수준에 도달하였다($p<.000$). 단백질 섭취량 또한 유의하게 증가하여 권장 수준에 도달하였다($p<.05$). 지방 섭취 비율은 유의하게 감소하여 권장 수준에 도달하였다($p<.01$).

이와 같은 결과는 영양 교육 개입 후 선수들의 식습관 개선을 보고한 선행 연구(Boidin et al., 2021)와 영양 교육 개입 이후 선수들의 식이 섭취의 유의미한 개선을 보고한 연구(Terenzio et al., 2021)의 결과와 일치한다. 따라서 본 연구에서도 다량영양소 섭취에서 영양 교육 개입의 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다.

그러나 평일 단백질 섭취량의 경우 권장 수준을 벗어나진 않았으나 유의하게 감소하였다. 이는 평일 총 에너지 섭취량에 유의한 변화가 없으나 탄수화물 섭취량이 유의하게 증가함에 따라 상대적인 단백질 섭취량이 감소한 것으로 생각된다. 따라서 향후에는 총 에너지 섭취량 증가와 함께 다량 영양소별 섭취량을 표준화한 체계적 관리가 필요할 것으로 보인다. 한편, 미량영양소 섭취의 경우 개선 효과가 나타나지 않았으며, 이는 Sánchez-Díaz et al.(2020)의 체계적 고찰에서 보고된 바와 같이 일상적인 식이만으로는 충분한 비타민 D, 칼슘, 철 섭취가 어렵다는 점을 뒷받침한다. 따라서 향후에는 보충제 활용 등 보완적 접근 방법에 대한 영양 교육이 병행되어야 할 것으로 보인다.

본 연구는 국가대표 선수라는 특수 집단을 대상으로 하였다는 점에서 의의가 있으나, 대상자 수가 적은 소규모 연구($n=17$)였으며, 영양 교육 개입 이후 단 한 번의 사후 검증만을 실시하여 단기적 효과만을 검증했기 때문에 장기적인 효과를 확인하기에는 제한적이었다는 점에서 한계가 있다. 따라서 향후 연구에서는 더 많은 여성 핸드볼 선수들을 포함한 대규모 표본 연구가 필요하며, 장기간 추적 설계를 통해 지속적이고 체계적인 영양 교육 프로그램의 효과를 검증하고, 균형 잡힌 영양 섭취 개선 전략을 모색할 필요가 있다고 판단된다.

결론 및 제언

본 연구는 한국 여자 핸드볼 국가대표 선수들을 대상으로 에너지 활용성과 영양 섭취 상태를 체계적으로 평가하고, 스포츠 영양 교육 개입의 효과를 분석한 최초의 연구 중 하나이다. 연구 결과 섭취 에너지 부족, 에너지 가용성 부족, 다량 및 미량영양소의 불균형을 확인하였으며, 영양 교육 이후, 신체 구성과 식이 섭취의 긍정적인 변화가 나타났다. 이는 영양 교육 개입이 선수들의 식습관 개선에 효과적임을 시사한다. 따라서 본 연구는 한국 여자 핸드볼 선수들의 영양 상태를 객관적으로 평가하고, 영양 교육의 효과를 실증적으로 검증했다는 점에서 의의가 있다.

CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: SHP, Data curation:SHP & JJL, Formal analysis:JJL & SHK, Methodology =SHP, Project administration: SHP, Visualization:JJL, Writing-original draft:JJL & SHK, Writing-review & editing: SHP

참고문헌

- Ackerman, K. E., Holtzman, B., Cooper, K. M., Flynn, E. F., Bruinvels, G., Tenforde, A. S., Popp, K. L., Simpkin, A. J., & Parziale, A. L. (2019).** Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport. *British Journal of Sports Medicine*, 53(10), 628-633.
- Alaunyte, I., Stojceska, V., & Plunkett, A. (2015).** Iron and the female athlete: A review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 38.
- Areta, J. L., Taylor, H. L., & Koehler, K. (2021).** Low energy availability: History, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males. *European Journal of Applied Physiology*, 121(1), 1-21.
- Arnaoutis, G., Alepoudea, M., Tambalis, K. D., & Sidossis, L. S. (2024).** Dietary Intake, Body Composition, and Nutritional Knowledge of Elite Handball Players. *Nutrients*, 16(16), 2773.
- Bârsan, M., Chelaru, V. F., Râjnoveanu, A. G., Popa, Ş. L., Socaciu, A. I., & Bădulescu, A. V. (2023).** Difference in levels of vitamin D between indoor and outdoor athletes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(8), 7584.
- Benedik, E. (2022).** Sources of vitamin D for humans. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 92(2), 118-125.
- Boidin, A., Tam, R., Mitchell, L., Cox, G. R., & O'Connor, H. (2021).** The effectiveness of nutrition education programmes on improving dietary intake in athletes: a systematic review. *British Journal of Nutrition*, 125(12), 1359-1373.
- Burke, L. M., Lundy, B., Fahrenholz, I. L., & Melin, A. K. (2018).** Pitfalls of conducting and interpreting estimates of energy availability in free-living athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 350-363.
- Cabre, H. E., Moore, S. R., Smith-Ryan, A. E., & Hackney, A. C. (2022).** Relative energy deficiency in sport (RED-S): scientific, clinical, and practical implications for the female athlete. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 73(7), 225.
- Castell, L. M., Nieman, D. C., Bermon, S., & Peeling, P. (2019).** Exercise-induced illness and inflammation: can immunonutrition and iron help?. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 181-188.
- Castillo, M., Lozano-Casanova, M., Sospedra, I., Norte, A., Gutiérrez-Hervás, A., & Martínez-Sanz, J. M. (2022).** Energy and macronutrients intake in indoor sport team athletes: Systematic review. *Nutrients*, 14(22), 4755.
- Chauhan, R. C. (2022).** Calcium as a boon or bane for athlete: A review. *Asian Journal of Research in Marketing*, 11(1), 1-8.
- Cormick, G., & Belizan, J. M. (2019).** Calcium intake and health. *Nutrients*, 11(7), 1606.
- de La Puente Yagüe, M., Collado Yurrita, L., Ciudad Cabañas, M. J., & Cuadrado Cenzual, M. A. (2020).** Role of vitamin D in athletes and their performance: Current concepts and new trends. *Nutrients*, 12(2), 579.
- Fao, J. (2005).** Human energy requirements: Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *Food and Nutrition Bulletin*, 26(1), 166.
- Gastrich, M. D., Quick, V., Bachmann, G., & Moriarty, A. M. (2020).** Nutritional risks among female athletes. *Journal of Women's Health*, 29(5), 693-702.
- Ghazzawi, H. A., Hussain, M. A., Raziq, K. M., Alsendi, K. K., Alaamer, R. O., Jaradat, M., Alabaidi, S., Aqili, R. A., Trabelsi, K., & Jahrami, H. (2023).** Exploring the relationship between micronutrients and athletic performance: A comprehensive scientific systematic review of the literature in sports medicine. *Sports*, 11(6), 109.
- Grabia, M., Perkowski, J., Socha, K., & Markiewicz-Żukowska, R. (2024).** Female athlete triad and relative energy deficiency in sport (REDs): Nutritional management. *Nutrients*, 16(3), 359.
- Harju, T., Gray, B., Mavroedi, A., Farooq, A., & Reilly, J. J. (2022).** Prevalence and novel risk factors for vitamin D insufficiency in elite athletes: Systematic review and meta-analysis. *European Journal of Nutrition*, 61(8), 3857-3871.
- Holtzman, B., & Ackerman, K. E. (2021).** Recommendations and nutritional considerations for female athletes: Health and performance. *Sports Medicine*, 51(Suppl 1), 43-57.
- Holway, F. E., & Spriet, L. L. (2011).** Sport-specific nutrition: practical strategies for team sports. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl), S115-S125.
- Ishizu, T., Torii, S., & Taguchi, M. (2022).** Habitual dietary status and stress fracture risk among Japanese female collegiate athletes. *Journal of the American Nutrition Association*, 41(5), 481-488.
- Jayawardena, R., Weerasinghe, K., Nanayakkara, I., Madhujith, T., Hills, A. P., & Kalupahana, N. S. (2025).** The effects of a nutritional intervention on the sports nutrition knowledge and nutritional status of track and field athletes: Protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 26(1), 61.
- Jenner, S. L., Buckley, G. L., Belski, R., Devlin, B. L., & Forsyth, A. K. (2019).** Dietary intakes of professional and semi-professional team sport athletes do not meet sport nutrition recommendations—a systematic literature review. *Nutrients*, 11(5), 1160.
- Keller, K., Friedrich, O., Treiber, J., Quermann, A., & Friedmann-Bette, B. (2024).** Iron deficiency in athletes: Prevalence and impact on VO₂ peak. *Nutrition*, 126, 112516.
- Kelly, A. W., & Hecht, S. (2022).** The female athlete triad. *Annals of*

- Joint*, 7, 6.
- Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., Collins, R., Cooke, M., Davis, J. N., Galvan, E., Greenwood, M., Lowery, L. M., Wildman, R., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the international society of sports nutrition*, 15(1), 38.
- Kučan, R., Soltirovska Šalamon, A., Andronikov, D., & Benedik, E. (2018). Dietary sources of vitamin d, vitamin d supplementation, and its bio-viability. *Central European Journal of Paediatrics*, 14(2), 115-122.
- Kunstel, K. (2005). Calcium requirements for the athlete. *Current Sports Medicine Reports*, 4(4), 203-206.
- Loucks, A. B. (2020). Exercise training in the normal female: Effects of low energy availability on reproductive function. *Endocrinology of Physical Activity and Sport*, 171-191.
- Loucks, A. B., Kiens, B., & Wright, H. H. (2013). Energy availability in athletes. *Food, Nutrition and Sports Performance III*, 7-15.
- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Faber, J., Ritz, C., Sjödin, A., & Sundgot-Borgen, J. (2014). The LEAF questionnaire: A screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 540-545.
- Miraj, S. S., Thunga, G., Kunhikatta, V., Rao, M., & Nair, S. (2019). Benefits of vitamin D in sport nutrition. In D. Bagchi, S. Nair, & C. K. Sen (Eds.), *Nutrition and enhanced sports performance* (2nd ed., pp. 497-508). Academic Press.
- Miralles-Amorós, L., Asencio-Mas, N., Martínez-Olcina, M., Vicente-Martínez, M., Frutos, J. M. G. D., Peñaranda-Moraga, M., González-Alvarado, L., Yáñez-Sepúlveda, R., Cortés-Roco, G., & Martínez-Rodríguez, A. (2023). Study the effect of relative energy deficiency on physiological and physical variables in professional women athletes: a randomized controlled trial. *Metabolites*, 13(2), 168.
- Miralles-Amorós, L., Vicente-Martínez, M., Martínez-Olcina, M., Asencio-Mas, N., González-Alvarado, L., Peñaranda-Moraga, M., Leyva-Vela, B., Yáñez-Sepúlveda, R., Cortés-Roco G., & Martínez-Rodríguez A. (2023). Study of different personalised dietary plans on eating behaviour, body image and mood in young female professional handball players: A randomised controlled trial. *Children*, 10(2), 259.
- Molina-López, J., & Planells, E. (2018). Nutrition and Hydration for Handball. *Handball Sports Medicine: Basic Science, Injury Management and Return to Sport*, 81-101.
- Molina-López, J., Molina, J. M., Chirosa, L. J., Florea, D., Sáez, L., Jiménez, J., Planells, P., de la Cruz, A. P., and Planells E., & Planells, E. (2013). Implementation of a nutrition education program in a handball team; Consequences on nutritional status. *Nutricion Hospitalaria*, 28(4), 1065-1076.
- Mora-Fernandez, A., Lopez-Moro, A., Chirosa-Rios, L. J., & Mariscal-Areas, M. (2022). A systematic review of the effects of nutrient intake in handball players on exercise performance. *Applied Sciences*, 12(23), 12378.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., Lebrun, C., Lundy, B., Melin, A., Meyer, N., Sherman, R., Tenforde, A. S., Torstveit M. K., & Budgett, R. (2018). International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 316-331.
- Ogan, D., & Pritchett, K. (2013). Vitamin D and the athlete: Risks, recommendations, and benefits. *Nutrients*, 5(6), 1856-1868.
- Park, S. H. Kim, T., Yoon, E., Cho, J., & Song, H. (2022). Recent advance on relative energy deficiency in female athlete. *Korean Journal of Sport Science*, 33(2), 141-151.
- Parks, R. B., Hetzel, S. J., & Brooks, M. A. (2017). Iron deficiency and anemia among collegiate athletes: A retrospective chart review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(8), 1711-1715.
- Pedlar, C. R., Brugnara, C., Bruinvelds, G., & Burden, R. (2018). Iron balance and iron supplementation for the female athlete: A practical approach. *European Journal of Sport Science*, 18(2), 295-305.
- Rodriguez, N. R., Di Marco, N. M., & Langley, S. (2009). American college of sports medicine position stand. nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 709-731.
- Sánchez-Díaz, S., Yanci, J., Castillo, D., Scanlan, A. T., & Raya-González, J. (2020). Effects of nutrition education interventions in team sport players. A systematic review. *Nutrients*, 12(12), 3664.
- Seo, J. W., Song, W., Lee, S. J., Im Yi, T., & Park, S. H. (2024). Cross-cultural translation and face validity of the Korean Version of the Low Energy Availability in Females Questionnaire (K-LEAF-Q). *Korean Journal of Sport Science*, 35(3), 555-566.
- Sim, A., & Burns, S. F. (2021). Questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes. *Journal of Eating Disorders*, 9(1), 1-13.
- Smith, J. A. (1995). Exercise, training and red blood cell turnover. *Sports Medicine*, 19(1), 9-31.
- Tayne, S., Hrubes, M., Hutchinson, M. R., & Mountjoy, M. (2019). Female athlete triad and RED-S. *The Sports Medicine Physician*, 395-411.
- Tektunalı Akman, C., Gonen Aydin, C., & Ersoy, G. (2024). The effect of nutrition education sessions on energy availability, body composition, eating attitude and sports nutrition knowledge in

- young female endurance athletes. *Frontiers in Public Health*, 12, 1289448.
- Terenzio, A., Cassera, A., Gervasoni, A., Pozzi, A., Orlando, A., Greco, A., Palestini, P., & Cazzaniga, E. (2021).** The impact of a nutritional intervention program on eating behaviors in Italian athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7313.
- Toamah, W. O., Fadhil, A. K., & Alzamaly, I. A. (2021).** Study the effect of testosterone activated hormone on the level of concentration of chlorine, potassium, calcium, and sodium in the blood of bodybuilder athletes. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 11, 93-97.
- Tsukahara, Y., Torii, S., Taniguchi, Y., Kusakabe, T., Murakami, H., Yamasawa, F., & Akama, T. (2025).** Link between ferritin, vitamin d, performance, and eating attitudes in female athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 44.
- Wyatt, P. B., Reiter, C. R., Satalich, J. R., O'Neill, C. N., Edge, C., Cyrus, J. W., O'Connell, R. S., & Vap, A. R. (2024).** Effects of vitamin D supplementation in elite athletes: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 12(1), 23259671231220371.

스포츠 영양 교육이 한국 여자 핸드볼 국가대표팀의 식이 섭취에 미치는 영향

이진주¹, 권순현¹, 박수현^{2*}

¹한국스포츠과학원 국가대표스포츠과학지원센터, 분석 연구원

²한국스포츠과학원 스포츠과학연구실, 책임연구위원

*교신저자: 박수현(otajulia@kspo.or.kr)

[목적] 본 연구는 한국 여자 국가대표 핸드볼 선수들의 에너지 가용률(energy availability) 및 식이 섭취 상태를 평가하고, 스포츠 영양 교육이 이들의 식이 섭취에 미치는 영향을 규명하는 것을 목적으로 하였다.

[방법] 2024년 한국 여자 국가대표 핸드볼 선수 16명이 연구에 참여하였다. 체성분은 생체전기저항분석을 통해 평가하였다. 저에너지 가용률은 여성 저에너지 가용률 설문지(LEAF-Q)를 사용하여 평가하였다. 식이 섭취 조사는 영양 교육 전·후로 나누어 7일 연속 24시간 식이 회상법을 통해 조사되었다. 조사된 자료는 전문 영양분석 소프트웨어를 활용하여 평일과 주말, 그리고 주요 다량 및 미량영양소 섭취량을 분석하였다. 영양 교육은 1차 식이 섭취 조사 이후, 대면으로 실시하였으며, 교육은 다량 및 미량영양소의 기능과 권장 섭취량을 다루었고, 특히 운동 수행과의 관련성에 중점을 두었다.

[결과] LEAF-Q 평가 결과, 여자 핸드볼 국가대표 선수들의 37.5%가 위험군으로 분류되었으며, 그중 특히 부상 관련 항목 (62.5%)과 위장관 증상(75%)에서 높은 비율을 보였다. 영양 교육 개입 이후, 체지방량과 골격근량은 유의하게 증가하였으며, 체지방량과 체지방률은 감소하였다($p<.05$). 또한 식이 섭취 상태가 개선되어, 탄수화물과 단백질 섭취는 유의하게 증가하고, 지방 섭취는 감소하여($p<.01$) 평일과 주말 모두 권장 수준에 도달하였다. 그러나 비타민 D, 칼슘, 철 섭취는 교육 전후 모두 권장 수준에 미치지 못하였다.

[결론] 본 연구는 여자 국가대표 핸드볼 선수들에게서 불충분한 에너지 가용률과 영양 불균형, 특히 비타민 D, 칼슘, 철의 결핍이 존재함을 확인하였다. 스포츠 영양 교육은 체성분과 다량영양소 섭취 개선에 긍정적인 영향을 미쳐 그 효과가 입증되었다. 이러한 결과는 선수들의 충분하고 균형 잡힌 에너지 섭취의 중요성을 강조하는 동시에, 지속적인 미량영양소 보충 전략의 필요성을 시사한다.

주요어

여자 핸드볼 국가대표팀, 식이 섭취 조사, 영양 교육, 에너지 가용성, 적정 에너지 섭취