

## 배드민턴 스포츠의 영양학적 효과에 대한 고찰

### A Study on the Nutritional Effects of Badminton Sports

나경민(한국체육대학교 교수) · 김태경\*(한국체육대학교 교수)

Kyung-Min Na *Korea National Sport University* · Tae-Kyung Kim\* *Korea National Sport University*

#### 요약

운동선수의 경기력을 최적화하는 데 있어서 영양학적 처방(다량영양소 및 미량영양소)은 필수적이다. 적절한 양의 영양소는 운동을 위한 충분한 연료를 공급하고 피로를 줄여주며, 선수가 빠른 회복력을 가지는데 도움이 된다. 식이 보충제 또한 유해한 영향을 미치지 않으면서 소량으로도 경기력을 향상시키는 주요한 역할을 하기 때문에, 섭취량, 섭취 시기 등에 관한 증거를 기반으로 한 구체적인 접근이 요구된다. 배드민턴 종목은 순발력에 의한 강한 스트로크 및 엄청난 양의 달리기를 포함하는 광범위하고 강도 높은 활동으로 유, 무산소 운동 대사 과정이 복합적으로 이루어진 대표적인 라켓 스포츠 중에 하나이다. 특히, 배드민턴 선수들은 시즌 내내 토너먼트 경기 방식이라는 고강도의 에너지 고갈에 정기적으로 노출되어 있으며, 매 시합마다 달라지는 경기 시간 및 휴식 시간에 대한 변수가 주기적으로 반복되는 이벤트적 특징을 겪게 된다. 배드민턴 종목의 경기력 향상을 위해서는 주요영양소 및 보충제 섭취에 대한 적절한 기준이 필요하며, 이는 배드민턴 시합의 특성에 부합하는 구체적인 증거를 기반으로 적용되어야 한다. 따라서 본 고찰을 통해 배드민턴 종목의 영양학적 접근을 구체화하여 엘리트 배드민턴 선수의 경기력 향상을 위한 처방의 근거를 제시하고자 한다.

#### Abstract

Nutritional prescriptions (macronutrients and micronutrients) are essential to optimizing athlete's performance. Adequate amounts of nutrients provide enough fuel for exercise, reduces fatigue, and helps athletes recover faster. Nutritional supplements (ergogenic aids) also provide performance-enhancing benefits in small doses without side effects, so specific approaches are needed based on evidence of intake and timing. Badminton is one of the representative racket sports in which aerobic and anaerobic metabolic processes are combined with a wide range of high-intensity activities including strong strokes and a huge amount of running. In particular, badminton players are regularly exposed to high-intensity energy depletion of the tournament play, and they experience repeated variables for game time and rest time that vary from game to game. In order to improve the performance of badminton sports, appropriate standards for intake of major nutrients and ergogenic aids are required, which should be applied based on specific evidence consistent with the characteristics of badminton competitions. Therefore, through this review, the nutritional approach of badminton is specified and the basis for prescription for improving the performance of elite badminton players is presented.

Key words : Badminton, Nutrition, Ergogenic aid, Athlete's performance

\* spt21@knsu.ac.kr

## I. 서론

배드민턴은 실내에서 빠르게 진행되는 광범위하고 강도 높은 대표적인 라켓 스포츠이며(Guven et al. 2017), 신체 시스템에 상당한 부하를 가하는 고강도 운동으로 알려져 있다(Liddle et al., 1996; Phomsoupha & Laffaye, 2015). 배드민턴 경기시에는 엄청난 양의 달리기, 점프, 스윙을 포함하기 때문에 지구력 및 폭발적인 근력이 필수적이다(Majumdar et al., 1997). 높은 수준의 배드민턴 경기력을 위해서는 속도, 힘, 민첩성, 유연성 및 기술의 조합이 요구되는 생리학적으로 까다로운 스포츠이며(Lees, 2003), 이와 관련되어 크게 두 가지 특징이 있다.

첫째, 배드민턴은 한 세트의 지속시간이 평균 10-12분이며, 선수의 한 경기가 약 30-35분 지속되는(Chen & Chen, 2008) 길고 힘든 랠리 종목으로, 스프린트와 스트로크를 반복적이고 강력하게 유지해야 한다(Girard & Millet, 2008). 이는 선수 개개인의 능력에 달려 있으며, 신체 내 피로 현상과 매우 높은 상관관계를 가진다. 증가된 피로도가 배드민턴 경기력에 있어서 포지션 플레이와 샷의 정확도를 감소시키고(Lees, 2003), 특히, 신경근 피로로 인해 강력하고 정확한 샷을 구사하는 데 필요한 힘을 생성하고 유지하는 능력이 감소 되는 것으로 나타난다고 보고되고 있다(Enoka, 2002). 뿐만 아니라, 피로도의 증가는 크레아틴 인산(Phosphocreatine, PC)의 가용성을 떨어뜨리고, 근육 글리코겐 저장 고갈 및 근육 산성도 증가를 비롯한 여러 대사 요인의 불균형을 가져오게 된다(Girard & Millet, 2008).

둘째, 배드민턴은 고강도의 간헐적 동작이 특징으로, 잦은 일시 중지 및 매우 강렬한 스프린트가 있는 비주기적인 종목이다. 따라서 배드민턴 경기 시 신체의 대사 시스템은 무산소 에너지원과 유산소 에너지원 사이에서 번갈아 나타나며, 근육 내 ATP와 크레아틴인산 뿐만 아니라, 해당과정 및 산화시스템을 이용한 호기성 에너지원이 복합적으로 이용된다. 이와 같이 배드민턴 선수는 무산소 및 유산소 에너지 시스템의 조합이 필수적이며, 이러한 시스템의 효율성은 선수의 체력 수준, 랠리의 강도 및 대사 과정 시 사용되는 에너지원에 따라 다르게 나타난다. ATP-PC 시스템과 해당과정은 순발력이 요구되는 고강도의 강력한 스트로크, 방향 전환, 타격 활동시에 사용되며(Bhide & Mandalika, 2018), 산화 시스템은 경기 랠리 전반에 걸쳐 지속적으로 쓰인다.

생리학적 에너지 대사의 다양한 변형은 신체 에너지원에 기반하고 있으며, 훈련 및 운동 능력을 향상 시키기 위해 영양소를 올바르게 섭취하는 것이 효율적인 에너지 대사를 조절할 수 있게 한다(Purcell 2013). 적절한 양의 다량영양소와 미량영양소의 섭취는 고강도 운동을 위한 충분한 연료를 공급하는 데 필수적이며(Purcell 2013), 피로와 부상 위험을 줄이고, 빠른 회복을 가져와(Hoch et al. 2008) 선수의 경기력을 향상시키는 데 도움이 된다.

특히, 탄수화물은 단시간 고강도 운동뿐만 아니라 90분 이상 지속되는 장시간 운동 경기에서 사용되는 다량 영양소로 잘 알려져 있다(Kovacs & Baker, 2014). 고강도 운동으로 인한 피로 현상의 기저에 있는 메커니즘 중 하나는 근육 대사와 기능의 감소로 인한

저혈당으로써(Girard & Millet, 2008), 당의 효율적 사용이 피로도를 조절하는 주요 역할을 하게된다. 지구력 운동에 대한 탄수화물 보충의 효과는 골격근 및 중추 신경계 기능을 조절하는 기질로서(Kovacs, 2006), 정상 혈당을 유지하는 메커니즘을 조절하며(Rollo et al., 2010), 근육 글리코겐의 고갈을 지연시킨다고 보고된다(Davis, 2000). Vergauwen 등은 라켓 스포츠의 시뮬레이션 경기에서 탄수화물 보충이 위약 섭취와 비교하여 경기 실책 수를 감소시킨다는 것을 발견했다(Vergauwen et al., 1998). 또한, 운동 전과 운동 중에 섭취한 수분에 탄수화물을 추가하면 근육 글리코겐(Tsintzas et al., 1995) 사용이 절감되고 혈당과 탄수화물 산화가 유지되기 때문에(Wright et al., 1991) 운동 수행 능력이 향상되는 것으로, 경기 시간이 긴 종목의 경우 에너지원이 신중히 고려되어야 한다.

영양 에르고제닉 에이드(Nutritional Ergogenic Aids)는 식이 요법을 보완하기 위한 영양 성분을 함유하는 경구 복용 보충제로써, 다양한 종목에서 운동 수행 능력을 향상시키고, 훈련 적응 능력을 개선 시킨다(Porini & Del, 2016). 알려진대로, 영양 보충제는 개인에게 해로운 영향을 미치지 않는 범위내에서 섭취하면(Kerksick et al., 2018), 고강도 스포츠에서 피로를 감소시키고, 탄수화물, 수분 등의 흡수를 효율적으로 도와준다고 보고된다(Hulston & Jeukendrup, 2008; Roberts et al., 2010).

선수들은 경기력 향상을 위해 대부분의 시간을 연습에 투자하기 때문에, 훈련 세션이 더 효과적일수록 하기 위해서 훈련에 필요한 영양소 섭취를 상시화하는 것이 필수적이며, 이러한 에너지 원으로써 영양소의 의미는 현재는 많은 선수들이 스스로 인식하고 있다. 그러나, 앞서 설명한 바와 같이 간헐적인 고강도 운동이라는 특성을 가진 배드민턴 종목에 대해서는 실제 경기 시 여러가지 영양소와 보조제 섭취가 생리 및 영양학적 측면에서 어떻게 효과를 보였는지 구체화하지 못하였으며, 배드민턴의 다양한 기술 변화에 모호한 결과를 나타냈다(Mitchell et al., 1992; Zeederberg et al., 1996; Ferrauti et al., 1997; Vergauwen et al., 1998; Bottoms et al., 2006). 따라서 본 연구는 배드민턴 종목의 생리학적 특성을 분석하고, 경기력 향상을 위한 영양소 및 보조제의 의미를 고찰하는데 그 목적이 있다.

## II. 경기력 향상과 영양소의 다양성

유전적 구조, 적절한 훈련 및 영양은 선수의 경기력에 영향을 미치는 주요 요인 중 하나이다(이지연 외, 2018; Girard & Millet, 2008). 개인의 신체적 특징, 심리적 요인, 건강, 영양, 훈련 계획, 전략 등의 스포츠 관련 요인들은 운동의 성과를 높여주는데 매우 중요하지만, 이 중 어떠한 요인이 최대의 성과를 내는데 가장 많은 영향을 미치는가에 대해서는 논하기가 어렵다. 하지만 영양 상태가 좋지 않아 건강하지 못한 운동선수가 좋은 성과를 낼 것이라고는 기대하기 힘들다(Hornery et al., 2007). 스포츠에서 좋은 성과를 거두기 위해서는 건강한 신체와 종목에 부합되는 체격이 있어

야 하며, 영양소는 건강한 신체조건을 종목의 특성에 따라 적절하게 발달할 수 있도록 하는데 가장 큰 기여를 한다. 고강도 훈련을 하는 운동선수는 평상시에 신체 발달에 필요한 탄수화물, 지방, 단백질, 미네랄 등을 균형 잡힌 식단을 통해 음식으로 섭취하여, 훈련 프로그램에서 최대 효율성을 높일 수 있는 신체 컨디션을 만들어야 한다. 즉, 선수가 목표를 달성하기 위한 가장 중요하고 기본적인 지원 방식은 올바른 영양 프로그램을 적용하여 계획된 훈련에 참여하는 것이라고 할 수 있다. 훈련 및 영양학적 전략의 목표는 운동 경기의 요구에 따라 ATP를 생성하기 위해 근육에 연료를 저장하거나, 적절하게 사용할 수 있는 가용성을 높이기 위함이며, 이를 ‘대사유연성’이라고 한다.

지구력 스포츠를 위한 영양 가이드라인은 경기 중 근육 글리코겐 함량 및 탄수화물 활용을 최적화하기 위해 운동 전 탄수화물 로딩을 사용하여, 더 긴 운동기간 동안 높은 탄수화물의 사용성을 유지하는데 초점을 맞추었다(Burke et al. 2018). 이러한 접근 방식은 운동 전반에 걸쳐 높은 탄수화물 산화율을 유지시키고(Hawley et al. 1997), 지구력 수행 능력을 향상시키며(Burke & Maughan, 2015), 이는 엘리트 운동선수의 경기시에 적용된 사례를 통해 확인할 수 있었다(Hyman, 1970; Pfeiffer et al. 2012; Burke et al. 2017). 운동의 형태에 따른 적절한 영양소의 선택은 운동으로 손상된 근육의 치료 효과를 개선한다. 운동 후 8시간 정도의 단기 회복은 운동 후 글리코겐 합성을 최대화하기 위해 1.2-1.5g/kg/h의 탄수화물 섭취가 필요한 것으로 알려진다. 또한, 운동 후 30분 이내에 규칙적인 간격(예: 15-30분 마다)으로 빠르게 탄수화물을 섭취하는 것이 높은 혈장 포도당 및 인슐린 농도를 유지시켜서 근육 글리코겐 합성을 최대화하는 것으로 알려져 있다. 이는 운동 종료 후 탄수화물 섭취를 2-3시간 이상 지연시키면 글리코겐 수치가 낮아지고 회복이 지연됨을 의미하며(Kloby et al., 2020), 운동 후 회복을 향상시키기 위해 효과적인 영양 전략을 적용하는 것이 중요하다고 볼 수 있겠다.

또한, 영양소 및 관련 보조제의 적절한 타이밍 처방은 선수의 운동 능력을 최대화하고 훈련 적응력을 증대하며 회복을 촉진한다(Kerksick et al., 2008). 지금까지 알려진 탄수화물과 단백질이라는 두 가지 다량 영양소의 효능뿐만 아니라(Kerksick et al., 2017), 카페인, 크레아틴, 질산염, 중탄산나트륨, 베타 알라닌, 철 및 칼슘 등과 같은 미량 영양소의 전략적 섭취가 근육과 운동 수행에 영향을 미칠 수 있으며, 특정 생리적 반응을 개선할 수 있음을 보고하고 있다. 앞서 언급한 미량영양소 및 식이 에르고제닉 에이드의 소비는 최근 몇 년 동안 전 세계적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 섭취 및 사용의 범위를 추정하기 위해 다양한 연구가 이루어지고 있다. 2015년에 발표된 메타 분석에 따르면 엘리트 운동선수는 비 엘리트 운동선수보다 더 많은 식이 보조제를 사용하고 사용 빈도는 남성과 여성에서 비슷했다고 보고하였다(Knapik et al., 2016). 카페인을 축구 경기시 피로 유발을 감소시켜 달리기 속도를 증가시키는 역할을 하고(Gant et al., 2010), 탄수화물과 카페인의 혼합 섭취 효과가 우수하다고 알려져 있으며(Roberts et al., 2010),

카페인 스포츠 음료와 함께 섭취될 때 탄수화물 단독으로 제공되는 것보다 더 큰 보조제의 이점을 제공한다는 것을 보여주었다(Hulston & Jeukendrupet, 2008). 또한 사이클링 종목에서 운동 전과 운동 중에 카페인 섭취와 섭취 타이밍을 적절히 변화했을 때, 운동 수행 결과가 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 식이성 질산염 또는 시트룰린 말산염과 같은 산화질소 전구체와 관련된 다른 보조제들은 운동 수행과 관련된 영양학적 효율성이나 타이밍 전략에 관해 덜 알려져 있다.

### III. 배드민턴 경기의 생리학적 특징

배드민턴은 점프, 네트를 향한 돌진, 빠른 방향 전환 및 셔틀콕을 치기 위한 다양한 팔 움직임 실용해야 하는 비접촉 스포츠이다(Hoy et al., 1994; Phomsoupha & Laffaye, 2020). 라켓이라는 수동 기구를 사용하여 상대에게 되돌릴 가능성이 없는 위치에 놓을 목적으로 1대1 (싱글) 또는 2대2 (복식)의 플레이어 사이에서 셔틀콕으로 네트 위 랠리를 이어가는 것이 특징이다. 싱글 플레이어 경기는 복식 경기보다 훨씬 더 까다로운 경향이 있으며, 경기시에는 고강도의 운동 80%가 10초 미만으로 지속된다고 알려져 있다(Liddle et al., 1996; Manrique & Gonzalez, 2003; Cabello, et al., 2004; Abian-Vicen et al., 2013; Phomsoupha & Laffaye, 2015). 따라서 배드민턴 선수는 훈련을 통해 가속, 감속, 방향 전환, 이동, 균형 유지 및 최적의 스트로크를 반복적으로 생성해야 한다((Girard & Millet, 2008).

성공적인 배드민턴 경기 수행을 위해서는 체격, 신체의 구성 성분, 기초 및 전문 체력이 상당한 수준에 도달해야 하고 고강도의 경기를 지속하는 유, 무산소 능력이 필수적이다(Mishra 2016). 활성화된 근력과 특정 운동 수행 간의 관계는 매우 구체적이고 과학적으로 해석되어야 한다(Wagh et al. 2017).

그림은 “손가락과 손바닥 사이에 쥐고 있는 물체를 쥘 때, 엄지손가락과 함께 손가락의 모든 관절에서 굴곡을 일으키는 강력한 작용”으로 정의한다(Bohannon 1997). 총 상완 길이, 손바닥 길이 및 너비, 손 폭, 손목 둘레 등과 그림의 강도가 유의한 상관관계를 가지는 것으로 알려져 있으며(Hager-Ross and Rosblad 2002; Koley and Srikanth 2016; Alahmari et al. 2019; Aydogmus and Ozcan 2020), 이러한 기초 체력이 영양 상태의 기능적인 지표로 간주되기도 한다(Casanova and Grunert 1989; Koley and Srikanth 2016; Nakandala et al. 2019). 악력은 손의 기능적 완전성을 평가하는 신뢰할 수 있고 효과적인 요소로써(Jones 1989), 일상적인 작업과 스포츠 활동 전반에 걸쳐 효율성을 제공하는 데 필수적인 역할을 하는 기초적인 체력 요인이다(Joseph et al. 2021). 라켓 스포츠인 배드민턴 선수는 종합적인 근력뿐만 아니라(Massy-Westropp et al. 2004), 손과 팔의 근력이(Nwuga 1975) 경기에 많은 영향을 끼치기 때문에 상완근의 탄력과 손을 쥐는 힘이 엄청나게 요구된다. 운동 선수의 체성분은 영양 상태와 훈련이 체성분에 어떠한 영향을 미치는지를 판단하기 위해 반드시 체크되어야 한다. 체성분 평가는

표 1. 배드민턴 선수의 영양학적 보조제 처치에 따른 경기력 변인 분석

보조영양소	농도	대상(수)	성별	연령	경기력 수준	처치기간	운동 프로토콜	측정항목	결과	참고문헌
Carbohydrate-electrolyte drink	6.40%	9명	남성	24.8 ± 6.8	배드민턴 경기에 참여한 성인	15분전, 1회	점진 부하 트레드밀 테스트 (초기 1% 기울기, 처음 6분 동안 2분마다 증가, 그 이후 매분 2% 증가)	젖산 ↓ 글루코스 ↓ 반응 시간 ↓ 숏 서브 정확성 ↑ 롱 서브 정확성 ↔		Bottoms et al., 2012
Carbohydrate	6.40%	12명	남성	28 ± 9	배드민턴 선수 경력 8±3년 (영국)	60분전, 1회	Yo-Yo Intermittent Recovery Level, 시뮬레이션 경기 (33분)	숏 서브 정확성	↑	Clarke & Duncan, 2016
Low-Fat Chocolate Milk	500ml (370kcal, 지방 7.5g, 단백질 16g, 탄수화물 59.5g, 칼슘 600mg, 인 500mg)	7명	여성	23.1 ± 1.5	배드민턴 선수 경력 5년 이상 (이란)	훈련 직후, 7회	YOYO intermittent test, RAST test, SEMO Test, 메디신볼 던지기, 악력, 버티컬 점프 테스트	유산소 능력 ↑ 최소 무산소 능력 ↑ 민첩성 ↔ 상완 근력 ↑ 악력 ↔ 탈진 시간 ↑ 하지 근력 ↑ 하지 지연성 근육통 ↓ 활동 지각 척도 ↓		Molaeikhaleh et al., 2022
L-carnitine	4g	12명	남성	16 ± 0.8	배드민턴 선수 경력 5년 이상 (대한민국)	50분전, 1회	점진 부하 트레드밀 테스트 (운동 강도 70%에서 탈진까지)	젖산 ↓ 암모니아 ↓ 운동 지속 시간 ↑		김상규 & 이동수, 2012
Caffeine	3mg/kg	16명	남성	25.4 ± 7.3	배드민턴 선수 경력 5년 이상 (스페인)	60분전, 1회	악력, 점프, 민첩성 테스트, 시뮬레이션 경기 (45분)	최대 악력 ↔ 스매시 점프 ↔ 반동력 ↑ 점프력 ↑ 민첩성 ↔ 유효 공격 횟수 ↑ 심박수 ↔ 활동 지각 척도 ↔		Abian et al., 2015
Caffeine	4mg/kg	12명	남성	28 ± 9	배드민턴 선수 경력 8±3년 (영국)	60분전, 1회	Yo-Yo Intermittent Recovery Level, 시뮬레이션 경기 (33분)	젖산 ↔ 글루코스 ↔ 실책 ↓ 서브 정확도 ↔ 반응 시간 ↓ 스프린트 시간 ↓		Clarke & Duncan, 2016
Sodium bicarbonate	300mg/kg	30명	남성	21	학생 배드민턴 선수 (인도네시아)	90분전, 1회	점진 부하 트레드밀 테스트	pH ↑ 젖산 ↑ 탈진 시간 ↑		Hartono, 2017
Sodium citrate	300mg/kg	30명	남성	21	학생 배드민턴 선수 (인도네시아)	90분전, 1회	점진 부하 트레드밀 테스트	pH ↓ 젖산 ↑ 탈진 시간 ↑		Hartono, 2017

운동선수의 체력 수준을 파악하는 데 중요하며, 때로는 근본적인 건강의 위험을 드러내는 수단이 되기도 한다. 신체 비율에 대한 연구는 다른 종목 운동선수와 배드민턴 선수와의 생리학적, 영양학적 관계를 확인할 수 있는 기회를 제공하기도 한다. Gahlot의 연구 결과에서 엘리트 남자 배드민턴 선수와 서브 엘리트 남자 배드민턴 선수의 체성분에 대한 데이터에서 체지방률에 차이를 보이며 (Gahlot, 2016), 엘리트 배드민턴 남성과 여성 모두에서 동일한 강도의 다른 지속적인 지구력 운동에 비해 낮은 체지방과 마른 체형을 보인다고 보고하였다(Heller, 2010).

근지구력은 개인 및 팀 스포츠에서 성공적인 운동 수행을 위한 가장 결정적인 요소 중 하나이다(Newton & Kraemer 1994). 배드민턴 경기에서 유산소 시스템은 중간 강도의 활동이 길어지는 시점에서 관여되어 피로를 지연시키는데 주요한 역할을 하고, 간접적으로 경기 중 집중력과 기술을 최적화시켜 팽리를 유지할 수 있도록 한다(Manrique et al., 2003; Majumdar & Yadav, 2009; Kondric, et al., 2013). 배드민턴 경기 중 평균 심박수(HR)는 최대 HR(HRmax)의 60-80%에 도달하고, 고강도 상황에서는 HRmax의 90%까지 증가한다(Wilkinson et al., 2009; Zagatto et al., 2010). 이처럼 배드민턴은 간헐적인 중지와 매우 강렬한 워크로드가 있는 비주기적인 종목이며, 최근 연구에서는 동일한 평균 강도의 지속적인 지구력 운동에 비해 간헐적 고강도 운동시 생리학적 반응에 상당한 차이가 있음을 제시하였다(Christmass et al., 1999; Ferrauti et al., 2001). 최대 산소 섭취량으로도 알려진 VO2max는 운동선수의 유산소 지구력 측정으로, VO2max가 높을수록 유산소 운동에 더 적합하고 긴 게임이나 긴 팽리에서도 중요한 역할을 한다고 가정할 수 있다. 배드민턴 경기 중 에너지의 60-70%는 유산소 운동으로, 30%는 무산소 운동으로 얻는 것으로 추정된다(Chin et al., 1995). 엘리트 선수와 서브 엘리트 남자 배드민턴 선수의 심폐지구력은 평균 VO2max가 54.8±3.2 ml/kg/min 및 51.8±2.9 ml/kg/min으로 차이를 보이는 것으로 보고되었다(Gahlot, 2016). 또한, 경기 중 혈중 젖산의 농도를 통해 선수가 사용하는 에너지 경로를 보다 정확하게 알 수 있게 된다. 라켓 스포츠와 같은 장기간의 고강도 경기 동안 젖산은 1.0-4.0 mmol/L에서 8.0-12.0 mmol/L까지 다양하며(Bergeron et al., 1991; Kingsley et al., 2006; Phomsoupha & Laaye, 2015), 경기 중 해당 에너지 시스템 경로의 핵심 역할을 하는 지표로 활용하게 된다(김상규 & 이동수, 2012).

지연성 근육통(Delayed onset muscle soreness, DOMS)은 중강도 또는 고강도 운동 후 즉시 발생하지 않고 서서히 나타나는 근육통이다. 배드민턴으로 유발된 지연성 근육통은 종종 선수의 성과와 회복에 상당한 영향을 미친다. 특히 배드민턴과 같은 신장성 근육축이 빈번한 경우, 훈련 세션이나 격렬한 경기 후 근육 구조 부상으로 인한 지연된 근육통이 발생하며(Lin, 2014; Chang et al., 2020), 이는 근경직, 압통, 관절 운동 범위 감소가 지속적으로 나타나 운동 능력에 불가피한 악영향을 미친다고 (Lin, 2014) 보고된다. 영양소의 적극적인 활용은 이와 같은 회복에 있어서 근육 손상 치료를 개선할 수 있기 때문에, 배드민턴과 같은 고강도의 혼

합 대사 시스템을 사용하는 선수에게 확립되어야 한다.

#### IV. 배드민턴 경기력 향상을 위한 영양

에너지 생성에 있어서 유, 무산소 시스템을 모두 사용하는 고강도의 스포츠 종목은 저장된 에너지를 보다 효율적으로 사용하는 것 뿐만 아니라, 고갈된 에너지를 보충해줄 수 있는 보조적 영양소와 체액 손실 보충이 절실히 요구된다.

운동 경기 중 과도한 체액의 손실은 탈수의 형태로 나타난다. 전체 수분의 2% 정도의 작은 감소가 스포츠 성능에 해로운 영향을 미칠 수 있으며(Coyle, 2004), 탈수는 라켓 스포츠에서 피로를 유발한다고 보고되었다(Sawka, 1992). 뿐만 아니라, Bottoms 등은 수분만을 섭취하는 경우에 비해 탄수화물 및 전해질과 결합된 수분 섭취가 운동 후 피로도를 낮추고, 배드민턴 서브의 정확도를 유지할 수 있다고 제시하였다(Lees, 2003; Bottoms et al., 2012). 일반적으로 경기 전에 식이로 섭취하는 탄수화물 양을 체중 kg당 10g까지 늘리게 되면, 근육 글리코겐 저장량이 증가하고, 90분 이상의 경기에서는 지구력 운동 능력의 증가를 가져온다고 보고된다(Hargreaves et al., 2004). 운동 후 역시 빈번한 간격(15 -60분 간격)으로 제공되는 탄수화물 보충(~1.0g/kg/1h/1회)이 근육 글리코겐의 회복을 증가시키는 것으로 나타났다(Jentjens & Jeukendrup, 2003; Bishop et al., 2008). 운동선수는 앉아있는 사람보다 더 많은 단백질이 필요하기 때문에, 근육 단백질 합성과 회복을 촉진하기 위해 운동 후 약 20-25g의 단백질을 섭취하는 것이 권장된다(Bhide & Mandalika, 2018). 지방산의 산화는 장기간 저강도 운동을 하는 동안 에너지 소비의 50-60%를 차지하고, VO2max의 65-80%를 필요로 하는 격렬한 최대 운동시 더 적은 지방(소비된 에너지의 10-45%)을 사용하게 된다(Askew, 1984). 따라서 지구력 운동선수의 경우에 저탄수화물 고지방 식이가 근육에서 지방의 방출, 수송, 흡수 및 활용을 증가시켜주기도 한다(Spriet, 2014). 남성 배드민턴 선수의 훈련 당일 에너지 소비는 4684 ± 1179 kcal/일, 여성 배드민턴 선수는 3238 ± 548 kcal/일 로써(Watanbe et al, 2008), 배드민턴 선수의 경우 높은 제지방과 낮은 체지방을 유지하는 것이 바람직하다고 알려진다.

높은 수준의 라켓 종목의 선수가 가장 자주 사용하는 영양학적 보조제는 크레아틴, 카페인 및 중탄산나트륨으로 보고되었다(Lopez-Samanes et al., 2017; Ventura et al., 2018). 카페인 보조제 섭취는 라켓 경기의 마지막 단계에서 서브의 속도를 증가시키고(Hornery et al., 2007), 전력 질주 및 점프의 성능을 향상시키는 것으로 확인되었다(Gant et al., 2010). 구체적으로는, 3-4mg/kg 카페인 섭취가 배드민턴에서 라켓을 쥐는 힘에는 영향을 미치지 않았으나, 스쿼트, 점프의 높이, 임팩트 횟수의 개선과 함께 예상 반응 시간, 전력 질주 시간의 오류 감소를 보여, 위약그룹보다 훨씬 우수한 것으로 나타났다(Abian et al., 2015; Clarke & Duncan, 2016). 혈액의 완충액은 운동시 변화된 pH를 조절하여 체내의 완충 능력을 증가시켜주는 경기력 보조제로 잘 알려져 있다. 남성 배드민턴

선수를 대상으로 운동 90분 전에 중탄산나트륨 0.3g/kg, 구연산나트륨 0.3g/kg를 각각 섭취한 결과, 두 보충제 모두 탈진시까지 소모되는 시간이 늘어났다. 그러나 두 보충제 모두 혈중 젖산 수치가 상당히 증가되어 있으며, 중탄산나트륨 섭취 그룹만이 혈장 pH의 증가를 보이는 것으로 보아(Hartono, 2017), 배드민턴 종목 선수의 경기력 향상을 위한 에르고제닉 에이드의 구체성이 요구된다.

## V. 결론 및 제언

엘리트 운동선수들이 최고 수준의 경기 결과를 나타내기 위해서는 체력 및 훈련 등이 필요하며, 무엇보다 훈련시에 안정적인 체력을 장기적으로 유지하기 위해서는 영양학적 계획이 필수적이다. 특히나 영양은 가시적인 결과를 제공하지 않기 때문에 종종 운동선수에게 간과되지만 올바른 영양과 결합된 적절한 훈련 요법이 중요한 성공 요인이 된다.

배드민턴 선수의 경우 훈련과 영양을 통해 낮은 체지방률을 유지하고, 과도한 피로나 부상을 피하기 위해 에너지 섭취를 균형있게 개선해야하는 필수 종목 중 하나이다. 배드민턴 경기는 고강도의 간헐적이고, 지속적인 에너지 소모의 특징을 가지기 때문에 경기시에 증가된 에너지 요구 사항을 충족하기 위해 영양소와 보충제를 적절한 타이밍에 올바르게 사용해야한다. 보충제를 과도하게 섭취하거나 부적절하게 섭취하면 선수의 단기 또는 장기적 건강뿐만 아니라 경기력에 부정적인 영향을 미치게 된다. 일반적으로 높은 수준의 엘리트 배드민턴 선수의 영양소 및 보충제의 권장사항은 개인 트레이너, 코치 혹은 스포츠 영양사가 처방하게 된다. 따라서 선수는 타이밍, 복용량 등과 같은 사용 지침에 대한 과학적 근거 없이는 효과적인 가이드라인을 제공 받기 어렵다. 본 고찰을 통해 배드민턴 종목에 대한 에너지원을 기반으로 회복을 향상시키기 위한 효과적이고 구체적인 영양 전략을 선수와 지도자에게 제공하여, 배드민턴 경기력 향상을 위한 잠재적인 방향을 제시하고자 한다.

## 참고문헌

김상규, 이동수 (2012). 배드민턴 선수의 L-carnitine과 OKG 섭취가 혈중 젖산 및 암모니아와 지구성 운동능력에 미치는 영향. *한국체육과학회지*, 21(5), 1069-1077.

이지연, 김예린, 이다혜, 김소영, 김희선, 김철현 (2018). 국내 청소년 배드민턴 국가대표 선수들의 영양섭취상태 및 식사의 질 평가. *체육과학연구*, 29(3), 430-442.

Abian, P., Del Coso, J., Salinero, J. J., Gallo-Salazar, C., Areces, F., Ruiz-Vicente, D., ... & Abian-Vicen, J. (2015). The ingestion of a caffeinated energy drink improves jump

performance and activity patterns in elite badminton players. *Journal of sports sciences*, 33(10), 1042-1050.

Abian-Vicen, J., Castanedo, A., Abian, P., & Sampedro, J. (2013). Temporal and notational comparison of badminton matches between men's singles and women's singles. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 310-320.

Alahmari, K. A., Kakaraparthi, V. N., Reddy, R. S., Silvian, P. S., Ahmad, I., & Rengaramanujam, K. (2019). Percentage difference of hand dimensions and their correlation with hand grip and pinch strength among schoolchildren in Saudi Arabia. *Niger J Clin Pract*, 22(10), 1356-1364.

Askew, E. W. (1984). Role of fat metabolism in exercise. *Clinics in sports medicine*, 3(3), 605-620.

Aydogmus, M., & Ozcan, N. (2020). Investigation Of The Relationship Between Arm Skin Thickness And Circumference Measurement And Hand Grip Strength Of Children Attending With Badminton Sport. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 22(1), 111-115.

Bergeron, M. F., Maresh, C., Kraemer, W. J., Abraham, A., Conroy, B., & Gabaree, C. (1991). Tennis: a physiological profile during match play. *International journal of sports medicine*, 12(05), 474-479.

Bhide G, Mandalika S. (2018). Nutritional Guidelines for sportsperson. 1st Edition

Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: a brief review: brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 1015-1024.

Bohannon, R. W. (1997). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 78(1), 26-32.

Bottoms, L., Sinclair, J., Taylor, K., Polman, R., & Fewtrell, D. (2012). The effects of carbohydrate ingestion on the badminton serve after fatiguing exercise. *Journal of sports sciences*, 30(3), 285-293.

Bottoms, L. M., Hunter, A. M., & Galloway, S. D. (2006). Effects of carbohydrate ingestion on skill maintenance in squash players. *European Journal of Sport Science*, 6(3), 187-195.

Burke, L. M., & Maughan, R. J. (2015). The Governor has a sweet tooth-mouth sensing of nutrients to enhance sports performance. *European journal of sport science*, 15(1), 29-40.

Burke, L. M., Hawley, J. A., Jeukendrup, A., Morton, J. P.,

- Stellingwerff, T., & Maughan, R. J. (2018). Toward a common understanding of diet-exercise strategies to manipulate fuel availability for training and competition preparation in endurance sport. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(5), 451-463.
- Burke, L. M., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L. A., Welvaert, M., Heikura, I. A., Forbes, S. G., ... & Hawley, J. A. (2017). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of physiology*, 595(9), 2785-2807.
- Cabello, D., Padial, P., Lees, A., & Rivas, F. (2004). Temporal and Physiological Characteristics of Elite Women's and Men's Singles Badminton. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 16(2), 1-12.
- Casanova, J. S., & Grunert, B. K. (1989). Adult prehension: patterns and nomenclature for pinches. *Journal of Hand Therapy*, 2(4), 231-244.
- Chang, W. D., Chang, N. J., Lin, H. Y., & Wu, J. H. (2020). Effects of Acupuncture on Delayed-Onset Muscle Soreness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 5864057, 11 pages
- Chen, H. L., & Chen, T. C. (2008). Temporal structure comparison of the new and conventional scoring systems for men's badminton singles in Taiwan. *Journal of exercise science and fitness*, 6(1), 34-43.
- Chin, M. K., Wong, A. S., So, R. C., Siu, O. T., Steininger, K., & Lo, D. T. (1995). Sport specific fitness testing of elite badminton players. *British journal of sports medicine*, 29(3), 153-157.
- Christmass, M. A., Dawson, B., Passeretto, P., & Arthur, P. G. (1999). A comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained continuous and intermittent exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 80(5), 423-435.
- Clarke, N. D., & Duncan, M. J. (2016). Effect of carbohydrate and caffeine ingestion on badminton performance. *International journal of sports physiology and performance*, 11(1), 108-115.
- Coyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Science*, 22(1), 39-55.
- Davis, J. M. (2000). Nutrition, neurotransmitters and central nervous system fatigue. *Nutrition in sport*, 171.
- Enoka, R. (2002). Muscle fatigue. In R. Enoka (Ed.), *Neuromechanics of human movement* (pp. 374-396). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ferrauti, A., Bergeron, M. F., Pluim, B. M., & Weber, K. (2001). Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *European journal of applied physiology*, 85(1), 27-33.
- Ferrauti, A., Weber, K., & Strüder, H. K. (1997). Metabolic and ergogenic effects of carbohydrate and caffeine beverages in tennis. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 37(4), 258-266.
- Gahlot, P. (2016). A study on physiological characteristics of elite and sub-elite male badminton players of Delhi region. *Int. Res. J. Manag. Sociol. Hum*, 7, 209-214.
- Gant, N., Ali, A., & Foskett, A. (2010). The influence of caffeine and carbohydrate coingestion on simulated soccer performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(3), 191-197.
- Girard, O., & Millet, G. P. (2008). Neuromuscular fatigue in racquet sports. *Neurol Clin*, 26(1), 181-194.
- Güven, F., İnceler, A., Aktas, S., Koc, S., Yilgin, A., & Er, Y. (2017). Effects of badminton training on some physical parameters in badminton players aged 10 to 12 years. *Türk J Sport Exe*, 19(3), 345-349.
- Häger-Ross, C., & Rösblad, B. (2002). Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatrica*, 91(6), 617-625.
- Hargreaves, M., Hawley, J. A., & Jeukendrup, A. (2004). Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. *Journal of Sports Science*, 22(1), 31-38.
- Hartono, S., & Sukadiono, S. (2017). The effects of sodium bicarbonate and sodium citrate on blood pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, lactate metabolism and time to exhaustion. *Journal Sport Mont*, 12(1), 13-16.
- Hawley, J. A., Schabort, E. J., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Carbohydrate-loading and exercise performance. *Sports medicine*, 24(2), 73-81.
- Heller, J. (2010). Physiological profiles of elite badminton players aspects of age and gender. *Br J Sports Med* 44(Suppl 1), 17.
- Hoch, A. Z., Goossen, K., & Kretschmer, T. (2008). Nutritional requirements of the child and teenage athlete. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 19(2), 373-398.
- Hornery, D. J., Farrow, D., Mujika, I., & Young, W. B. (2007). Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged

- simulated tennis. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 423-438.
- Hoy, K., Lindblad, B. E., Terkelsen, C. J., & Helleland, H. E. (1994). Badminton injuries--a prospective epidemiological and socioeconomic study. *British Journal of Sports Medicine*, 28(4), 276-279.
- Hulston, C. J., & Jeukendrup, A. E. (2008). Substrate metabolism and exercise performance with caffeine and carbohydrate intake. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(12), 2096-2104.
- Hyman, M. (1970). Diet and athletics. *British Medical Journal*, 4(5726), 52.
- Jentjens, R., & Jeukendrup, A. E. (2003). Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*, 33(2), 117-144.
- Joseph, E., Rajpurohit, V. S., Sharma, M. R., Jadia, M. K., & Choudhary, A. (2021). Evaluation of Maximal Isometric Hand Grip Strength in Different Sports. *Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy*, 15(1), 25-29.
- Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., & Kreider, R. & Ivy, J. L. (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 5(1), 17.
- Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., Stout, J. R., Campbell, B., Wilborn, C. D., ... & Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the international society of sports nutrition*, 14(1), 33.
- Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., ... & Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38.
- Kingsley, M., James, N., Kilduff, L. P., Dietzig, R. E., & Dietzig, B. (2006). An exercise protocol that simulates the activity patterns of elite junior squash. *Journal of sports sciences*, 24(12), 1291-1296.
- Kloby Nielsen, L. L., Tandrup Lambert, M. N., & Jeppesen, P. B. (2020). The effect of ingesting carbohydrate and proteins on athletic performance: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*, 12(5), 1483.
- Knapik, J. J., Steelman, R. A., Hoedebecke, S. S., Austin, K. G., Farina, E. K., & Lieberman, H. R. (2016). Prevalence of dietary supplement use by athletes: systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(1), 103-123.
- Koley, S., & Goud, S. (2016). Correlations of handgrip strength with selected anthropometric variables in Indian junior and senior badminton players. *Int. J. Recent Sci. Res*, 7, 10351-10355.
- Kondrič, M., Zagatto, A. M., & Sekulić, D. (2013). The physiological demands of table tennis: a review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 362-370.
- Kovacs, M. S., & Baker, L. B. (2014). Recovery interventions and strategies for improved tennis performance. *British journal of sports medicine*, 48(Suppl 1), i18-i21.
- Kovacs, M. S. (2006). Carbohydrate intake and tennis: are there benefits?. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), e13-e13.
- Lees, A. (2003). Science and the major racket sports: a review. *Journal of sports sciences*, 21(9), 707-732.
- Liddle, S., Murphy, M., & Bleakley, W. (1996). Doubles Badminton: A Heart. *J. Hum. Mov. Stud*, 30, 159-176.
- Lin, Z. (2014). Neuromuscular fatigue following a singles badminton match. Edith Cowan University. MASTER THESIS
- López Samanés, Á., Moreno Pérez, V., Kovacs, M. S., Pallarés, J. G., Mora Rodríguez, R., & Ortega, J. F. (2017). Use of nutritional supplements and ergogenic aids in professional tennis players. *Nutr. Hosp*, 34(6), 1463-1468.
- Majumdar, P., Khanna, G. L., Malik, V., Sachdeva, S., Arif, M. D., & Mandal, M. (1997). Physiological analysis to quantify training load in badminton. *British journal of sports medicine*, 31(4), 342-345.
- Majumdar, P., & Yadav, D. (2009). The effectiveness of training routine with reference to the physiological demand of squash match play. *International Journal of Applied sports sciences (IJASS)*, 21(1), 28-44.
- Manrique, D. C., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2003). Analysis of the characteristics of competitive badminton. *British journal of sports medicine*, 37(1), 62-66.
- Massy-Westropp, N., Rankin, W., Ahern, M., Krishnan, J., & Hearn, T. C. (2004). Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments. *The Journal of hand surgery*, 29(3), 514-519.
- Mitchell, J. B., Cole, K. J., Grandjean, P. W., & Sobczak, R. J. (1992). The effect of a carbohydrate beverage on tennis performance and fluid balance during prolonged tennis play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 6(2), 96-102.



- Mishra, P.K. (2016). A comparative study of selected anthropometric measurements between badminton and table-tennis players of Sardar Patel University. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 3(6), 69-71.
- Nakandala, P., Manchanayake, J., Narampanawa, J., Neeraja, T., Sivanolipathan, P., Mafahir, M., & Dissanayake, J. (2019). Descriptive study of hand grip strength and factors associated with it in a group of young undergraduate students in university of Peradeniya, Sri Lanka who are not participating in regular physical training. *International Journal of Physiotherapy*, 6(3), 82-88.
- Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength & Conditioning Journal*, 16(5), 20-31.
- Nwuga, V. C. (1975). Grip strength and grip endurance in physical therapy students. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 56(7), 297-300.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Hodgson, A. B., Randell, R., Pöttgen, K., Res, P., & Jeukendrup, A. E. (2012). Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Med Sci Sports Exerc*, 44(2), 344-51.
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports medicine*, 45(4), 473-495.
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2020). Injuries in badminton: A review. *Science & Sports*, 35(4), 189-199.
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports medicine*, 45(4), 473-495.
- Porrini, M., & Del Bo', C. (2016). Ergogenic aids and supplements. *Sports Endocrinology*, 47, 128-152.
- Purcell, L. K. (2013). Paediatric sports and exercise medicine section. *Sport nutrition for young athletes. Paediatr Child Health*, 18(4), 200-205.
- Roberts, S. P., Stokes, K. A., Trewartha, G., Doyle, J., Hogben, P., & Thompson, D. (2010). Effects of carbohydrate and caffeine ingestion on performance during a rugby union simulation protocol. *Journal of sports sciences*, 28(8), 833-842.
- Rollo, I. A. N., Cole, M., Miller, R., & Williams, C. (2010). Influence of mouth rinsing a carbohydrate solution on 1-h running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 42(4), 798-804.
- Sawka, M. N. (1992). Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(6), 657-670.
- Tsintzas, O. K., Williams, C., Boobis, L., & Greenhaff, P. (1995). Carbohydrate ingestion and glycogen utilization in different muscle fibre types in man. *The Journal of physiology*, 489(1), 243-250.
- Ventura Comes, A., Sánchez-Oliver, A. J., Martínez-Sanz, J. M., & Domínguez, R. (2018). Analysis of nutritional supplements consumption by squash players. *Nutrients*, 10(10), 1341.
- Vergauwen, L., Brouns, F., & Hespel, P. (1998). Carbohydrate supplementation improves stroke performance in tennis. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8), 1289-1295.
- Wagh, P. D., Birajdar, G., & Nagavekar, M. (2017). Comparison of handgrip muscle strength in sportsmen and sedentary group. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 16(7), 62-65.
- Watanabe, E., Igawa, S., Sato, T., Miyazaki, M., Horiuchi, S., & Seki, K. (2008). Energy expenditure measurement in badminton players during a training camp using doubly-labelled water. In *Science and Racket Sports IV* (pp. 99-104). Routledge.
- Wilkinson, M., Leedale-Brown, D., & Winter, E. M. (2009). Reproducibility of physiological and performance measures from a squash-specific fitness test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(1), 41-53.
- Wright, D. A., Sherman, W. M., & Dernbach, A. R. (1991). Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling endurance performance. *Journal of applied physiology*, 71(3), 1082-1088.
- Zagatto, A. M., Morel, E. A., & Gobatto, C. A. (2010). Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 942-949.
- Zeederberg, C., Leach, L., Lambert, E. V., Noakes, T. D., Dennis, S. C., & Hawley, J. A. (1996). The effect of carbohydrate ingestion on the motor skill proficiency of soccer players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 6(4), 348-355.