

 PadelMBA



SciJ

Padel Scientific Journal

2024 | Vol. 2 | Núm. 1

ISSN: 2990-2053

E-ISSN: 2952-2218





SciJ

Padel Scientific Journal

Vol. II Nº 1 - 2024

Servicio de Publicaciones



2024

Padel Scientific Journal

Padel Scientific Journal es una revista científica editada por la Universidad de Extremadura, de carácter exclusivamente electrónico, que publica artículos científicos relacionados principalmente con el deporte del pádel, y otros deportes de raqueta.

El objetivo fundamental es difundir y divulgar conocimientos e investigaciones de calidad sobre las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte aplicadas al pádel y demás deportes de raqueta. Los artículos podrán ser publicados en idioma español y/o inglés. Tendrá una periodicidad semestral (enero-junio, junio-diciembre).

Padel Scientific Journal publicará investigaciones de carácter experimental desde cualquier enfoque de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (análisis del rendimiento, fisiología, entrenamiento deportivo, psicología, medicina, sociología, pedagogía, etc), orientadas a cualquier ámbito de desarrollo (ocio, recreación, entrenamiento, rendimiento, salud, educación,...), incluyendo revisiones teóricas, sistemáticas y meta-análisis. Además, el Comité Editorial valorará la publicación de trabajos que aporte contenidos de aplicación práctica, con el objetivo de aportar transferencia a la sociedad (entrenadores, preparadores físicos, jugadores y demás profesionales relacionados con el pádel y demás deportes de raqueta).

<https://publicaciones.unex.es/index.php/padel/index>

Directores-Editores de la revista

Diego Muñoz Marín, Universidad de Extremadura, España

Bernardino Javier Sánchez-Alcaraz Martínez, Universidad de Murcia, España

Editor Asociado

Alejandro Sánchez-Pay, Universidad de Murcia, España

Secretario

Adrián Escudero Tena (Universidad de Extremadura, España)

Comité Editorial

José Alberto Frade Martins Parraca (Universidad de Évora, Portugal)

Larissa Galatti (Universidad de Campinas, Brasil)

Vicente Luis del Campo (Universidad de Extremadura, España)

Rafael Martínez Gallego (Universidad de Valencia, España)

Eugenio Merellano Navarro (Universidad Autónoma de Chile, Chile)

Nicolae Ochiana (Universidad de Bacau, Rumanía)

Francisco Pradas de la Fuente (Universidad de Zaragoza, España)

Comité Científico

Nuno Batalha (Universidad de Évora, Portugal)
Taisa Belli (Universidad de Campinas, Brasil)
Hugo Miguel Borges Sarmento (Universidad de Coimbra, Portugal)
Javier Cachón Zagalaz (Universidad de Jaen, España)
Luis Carrasco Páez (Universidad de Sevilla, España)
Alfonso Castillo Rodríguez (Universidad de Málaga, España)
Marco Antonio Coelho Bortoleto (Universidad de Campinas, Brasil)
Javier Courel Ibáñez (Universidad de Granada, España)
Miguel Crespo (Federación Internacional de Tenis, Reino Unido)
João Marcelo de Queiroz Miranda (Universidade Cidade de São Paulo, Brasil)
Andrea Demeco (Universidad de Catanzaro, Italia)
Orlando Fernandes (Universidad de Évora, Portugal)
Ana Isabel Fernández de Osso Fuentes (Centro Universitario San Isidoro, España)
Jaime Fernández Fernández (Universidad de León, España)
Sebastián Feu Molina (Universidad de Extremadura, España)
Tomás García Calvo (Universidad de Extremadura, España)
Luis García González (Universidad de Zaragoza, España)
Jesús García Pallarés (Universidad de Murcia, España)
José Antonio González Jurado (Universidad Pablo de Olavide, España)
Francisco Javier Grijota Pérez (Universidad Antonio de Nebrija, España)
José Francisco Guzmán Luján (Universidad de Valencia, España)
Antonio Hernández Mendo (Universidad de Málaga, España)
Sergio José Ibáñez Godoy (Universidad de Extremadura, España)
Gudberg Jonson (Universidad de Reykjavik, Islandia)
Enrique Lacasa Claver (INEFC-Universitat de Lleida, España)
Elena Mainer Pardos (Universidad San Jorge Zaragoza, España)
Rubén Maneiro (Universidad Pontificia de Salamanca, España)
José Alfonso Morcillo Losa (Universidad de Jaen, España)
Goran Munivrana (Universidad de Split, Croacia)
Daniel Navas (Universidad Europea de Madrid, España)
Pedro R. Olivares (Universidad de Huelva, España)
Raul Oliveira (Universidad de Lisboa, Portugal)
Salvador Pérez Muñoz (Universidad Pontificia de Salamanca, España)
Jesús Ramón-Llin Mas (Universidad de Valencia, España)
Alberto Rodríguez Cayetano (Universidad Pontificia de Salamanca, España)
Daniel Rojas Valverde (Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica)
Braulio Sánchez Ureña (Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica)
David Sanz Rivas (MEDAC, España)
Santiago Veiga Fernández (Universidad Politécnica de Madrid, España)
Goran Vučković (Universidad de Ljubljana, Eslovenia)
María Luisa Zagalaz Sánchez (Universidad de Jaen, España)
Víctor Toro Román (Tecnocampus, Universitat Pompeu Frabra, España)

EDITA

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura.

Plaza de Caldereros, 2. 10071 Cáceres.

Teléf. 927 257 041. Fax 927 257 046.

E-mail: publicac@unex.es

<https://publicauex.unex.es/>

Edición on-line e impresa (50 ejemplares)

PRESENCIA EN BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICAS, EN DIRECTORIOS Y PORTALES SOBRE INDICADORES DE CALIDAD:

Dialnet, Dehesa (Repositorio Institucional de la UEx)

LOCALIZACIÓN DE LA REVISTA EN INTERNET

<https://publicaciones.unex.es/index.php/padel/issue/view/123>

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=27895>

AUTORIZACIÓN DE REPRODUCCIONES



© Universidad de Extremadura La licencia con la que se publican todos los contenidos de Padel Scientific Journal, es Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) de Creative Commons, a la que debes añadir estas condiciones. Para conocer el texto completo de esta licencia, visita [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/dee d.es.eso](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/dee_d.es.eso) envía una carta a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

DEPÓSITO LEGAL: CC-000281-2022

ISSN: 2990-2053

E-ISSN: 2952-2218

FOTOCOMPOSICIÓN E IMPRESIÓN: Editorial Sínderesis. oscar@editorialsinderesis.com



ISSN: 2990-2053
E-ISSN: 2952-2218

Vol. II, Nº 1 - 2024

ÍNDICE

ARTÍCULOS ORIGINALES

Effects on strength, jumping, reaction time and perception of effort and stress in men's top-20 world padel competitions	
Álvaro Bustamante-Sánchez, Ana Ramírez-Adrados, Tamara Iturriaga, Valentín Emilio Fernández-Elías	7-19
Efecto agudo de los partidos de pádel en las emociones de jugadoras amateur	
Salvador Pérez-Muñoz, Olga Luisa Martín Cuadrado, Francisco Javier Dueñas López De San Román, Alberto Rodríguez Cayetano	21-38
Evaluación de las manifestaciones activas y reactivas de las extremidades inferiores en el pádel femenino. Influencia del lado de juego	
Miguel Ángel Ortega-Zayas, Alejandro García-Giménez, Óscar Casanova, Lorena Latre Navarro, Francisco Pradas, Alejandro Moreno-Azze	39-54

Un programa de entrenamiento neuromuscular mejoró habilidades específicas en jóvenes tenistas de competición	
Nagore Moreno-Apellániz, Oscar Villanueva-Guerrero, Marina Mejías-Martínez, Alejandra Gutiérrez-Logroño, Héctor Gadea-Uribarri, Elena Mainer-Pardos.....	55-76
Desarrollo de un modelo de utilidad para optimizar el entrenamiento de precisión del golpeo en pádel	
Iván Ramirez-Bravo, Miguel Ángel López-Gajardo, David, Lobo Triviño, Adrián Escudero-Tena	77-88
Padelvic: multicamera videos and motion capture data in padel matches	
Mohammadreza Javadiha, Carlos Andujar Gran, Michele Calvanese, Enrique Lacasa, Jordi Moyés, José Luis Pontón, Antonio Susín, Jiabo Wang.....	89-106
REVISIONES DE LA LITERATURA CIENTÍFICA	
Mental Fatigue and Padel: State-of-the-Art and Beyond	
Víctor Hernández Beltrán, Kiko León, Ismael B. Carmona González, Jesús Díaz-García, Christopher Ring, David Manzano-Rodríguez, Tomás García-Calvo.....	107-117



EFFECTS ON STRENGTH, JUMP, REACTION TIME AND PERCEPTION OF EFFORT AND STRESS IN MEN'S TOP-20 WORLD PADEL COMPETITIONS

EFFECTOS EN LA FUERZA, SALTO, TIEMPO DE REACCIÓN Y PERCEPCIÓN DE ESFUERZO Y ESTRÉS EN COMPETICIÓN MASCULINA DE PÁDEL TOP-20 MUNDIAL

ÁLVARO BUSTAMANTE-SÁNCHEZ
Universidad Europea de Madrid.
Faculty of Sport Sciences.
Orcid: 0000-0002-4183-3004

ANA RAMÍREZ-ADRADOS
Universidad Europea de Madrid.
Faculty of Sport Sciences.
Orcid: 0000-0001-9146-879X

TAMARA ITURRIAGA
Universidad Europea de Madrid.
Faculty of Sport Sciences.
Orcid: 0000-0002-1073-7298

EMILIO VALENTÍN FERNÁNDEZ-ELÍAS
Universidad Europea de Madrid.
Faculty of Sport Sciences.
Orcid: 0000-0002-1459-5442

Autor de correspondencia: Álvaro Bustamante Sánchez. Universidad Europea de Madrid. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Fisioterapia. Campus de Villaviciosa de Odón, Edificio D. C/ Tajo, s/n, 28670, Madrid, España.
alvaro.bustamante@universidadeuropea.es

Recibido: 10/10/2023

Aceptado: 03/01/2024

ABSTRACT

Padel has experienced significant growth in recent years, becoming one of the most popular and globally expanding sports. This study aims to examine the physiological performance and subjective perception of stress and fatigue in top-20 padel players during matches. Seven elite players participated in the study. Various variables were evaluated, such as subjective perception of effort and stress, isometric grip strength, reaction time, and jump performance, both before and after the matches. The results showed significant increases in subjective perception of effort ($p=0.02$), and performance in Abalakov vertical jump ($p=0.05$), as well as in horizontal jump ($p=0.03$) after the matches. However, no significant changes were observed in reaction time, free-arm jumps, and grip strength. These findings suggest that the physical conditioning of high-level padel players allows them to endure the fatigue of matches. The differences between the dominant and non-dominant hand indicate asymmetries due to the one-sided nature of this sport. Reaction time did not decrease, suggesting that the level of fatigue was not sufficient to limit the information processing of these athletes. Perceived stress, with widely dispersed values far from the maximum, was consistent with the reaction and adaptation times of the players. The repeated decelerations and accelerations from the backcourt to the net (and vice versa) did not produce excessive fatigue but rather muscular activation, which was evident in horizontal jumps. These findings contribute to understanding the physical fitness aspects of padel and can be used for the development of training programs that optimize performance and minimize the perception of fatigue in players.

Keywords: Padel, male players, psychophysiology, competitive, elite.

RESUMEN

El pádel ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, convirtiéndose en uno de los deportes más populares y de mayor expansión a nivel mundial. Este estudio tiene como objetivo examinar el rendimiento fisiológico y la percepción subjetiva de estrés y fatiga en jugadores de pádel top-20 durante los partidos. Participaron en el estudio siete jugadores de élite. Se evaluaron diversas variables, como la percepción subjetiva del esfuerzo y el estrés, la fuerza de agarre isométrica, el tiempo de reacción y el rendimiento en saltos, antes y después de los partidos. Los resultados mostraron aumentos significativos después de los partidos en la percepción subjetiva del esfuerzo ($p=0.02$), y en el rendimiento en salto vertical Abalakov ($p=0.05$), así como en el salto horizontal ($p=0.03$). Sin embargo, no se observaron cambios significativos en el tiempo de reacción, el salto con brazos libres y en la fuerza de agarre. Estos hallazgos sugieren que la preparación física de los jugadores de pádel de alto nivel permite soportar la fatiga de los partidos. Las

diferencias entre mano dominante y no dominante indica asimetrías debidas a la unilateralidad de este deporte. El tiempo de reacción no disminuyó, lo que sugiere que el nivel de fatiga no fue suficiente para limitar el procesamiento de información de estos deportistas. El estrés percibido, con valores muy dispersos y lejanos al máximo, coherentes con los tiempos de reacción y adaptación de los jugadores. Las repetidas frenadas y arrancadas desde el fondo a la red (y viceversa), no produjeron un exceso de fatiga, sino una activación muscular que se puso de manifiesto en el salto horizontal. Estos hallazgos contribuyen a comprender los aspectos de condición física del pádel y pueden servir para el desarrollo de programas de entrenamiento que optimicen el rendimiento y minimicen la percepción de fatiga en los jugadores.

Palabras clave: Pádel, jugadores masculinos, competición, psicofisiología, élite.

Introduction

In recent years, padel has experienced unprecedented growth, becoming one of the most popular and rapidly expanding sports around the world (Courel-Ibáñez et al., 2017). Since 2000 it has been in continuous growth, with an estimated number of practitioners above 4 million and placing it among the ten most practiced sports in Spain (Sanchez-Alcaraz, 2013). Some of the main reasons for this massive growth of padel practitioners are (i) its recreational and social character as it is practiced by 4 players, (ii) its ease of technical learning due to the proximity of the point of impact to the hand, (iii) the longer duration of the points that allows a high enjoyment of the participants, (iv) the easy accessibility to all sectors of the population due to its low economic cost and (v) the proximity to the place of residence of facilities for practice (Casper et al., 2007; Ministerio de Educacion Cultura y Deportes, 2015; Muñoz Marín et al., 2016; Sanderson, 2002). Besides, this sport promotes health benefits and positive physiological effects in collective physical activity programs (Burke et al., 2006; Zapico et al., 2012).

Previous research on competitive padel defines it as a high-intensity intermittent sport that combines high and low speed actions executed in points of short duration (Castillo-Rodríguez et al., 2014; Torres-Luque et al., 2015). Therefore, physical fitness performance determines sporting success in both professional and non-professional players (Courel-Ibáñez & Herrera-Gálvez, 2020). Typically, The strength and conditioning profile in padel involves short-distance sprints, changes in direction, upper-body strength and power, intermittent recovery endurance, and assessments of body balance (Courel-Ibáñez & Herrera-

Gálvez, 2020). In another study it was reported that elite padel players present similar values to subelite players in manual isometric strength (51.3 kg vs 49.4 kg), and jumping power (CMJ: 44.6 vs 42.3 cm) (Sánchez-Muñoz et al., 2020). Similarly, a later investigation (Courel-Ibáñez & Herrera-Gálvez, 2020) published average grip strength values of 47.4 kg in both groups of players, as well as in aerobic performance, measured with the Yo-Yo test, or flexibility. Regarding the subjective perception of effort and stress, the existing literature indicates that padel players present significant subjective stress perception (RPE) values in terms of post-match fatigue level. Previous studies have found RPE values of 4.9 out of 10 in padel players of the national ranking of Spain (Castillo-Rodríguez et al., 2014). When detailing this variable by categories, they showed higher RPE values the lower the category in the ranking (C1: 3.2; C2: 5.8 and C3 5.1 out of 10 on the Borg10 scale). In other studies, RPE values of 16 on the Borg20 scale have been found in players of the Spanish national padel championship after analyzing 60 sets and 24 players (Roldán-Márquez et al., 2022).

There are few studies that analyze physical performance in padel players. This may be due to the fact that it is a young sport, recently created and whose professionalization is in a growing process (Ruiz-Barquín & Lorenzo-García, 2008). In addition, the information reported in the research is not clear as to which physiological performance parameters are most important in the performance of padel players. However, recently, several studies that have analyzed padel players performance and they have confirmed that the professionalization of padel is growing in the sense that the values of the performance variables are reaching high values, similar to other more established sports disciplines (Courel-Ibáñez & Llorca-Miralles, 2021; Pradas, García-Giménez, et al., 2021; Pradas, Sánchez-Pay, et al., 2021; Pradas et al., 2022).

The aim of the present study was to observe the physical fitness performance in an official match of world top-20 padel players. As a secondary aim, the subjective perception of stress and fatigue of the padel players was studied.

The following hypotheses were defined: (i) Strength and jumping capacity will be reduced. (ii) Subjective perception of stress and effort will increase. (iii) Reaction time will increase.

Method

Participants

The padel matches of 7 world top-20 right-handed players (age = 27.2 ± 3.6 years, height = 180.6 ± 3.8 cm) were analyzed. Before starting the study, the participants and their coaching staff were informed of the research aims and procedures, and gave their voluntary consent according to the Declaration of Helsinki. The procedures performed in the present study were approved by the ethics committee of the Universidad Europea de Madrid (CIPI/22.303).

Study variables and measurement instruments

Rate of perceived exertion

Subjective perception of effort, using the Borg 6-20 scale (Borg, 1982). The assessments were made before and right after the matches. Participants were given detailed instructions on how to rate the experience in terms of perceived exertion. Each participant rated the perception of physical effort on a scale from “absolutely nothing” (score 6) to “extremely strong” (score 20).

Rate of stress level perception

The subjective perception of stress, using the 0-100 scale (Clemente-Suárez et al., 2018). Stress scale was shown to players before and after the matches, asking the about the level of stress they felt at these moments on a scale ranging from 0 (no stress at all) to 100 (very stressed).

Handgrip Strength

Handgrip strength test was performed as an indicator of overall strength (Cronin et al., 2017). This test was performed using a hydraulic hand-held dynamometer (Takei 5001, Japan) with an accuracy of 0.1 kg. Before and after the test, the subjects held a standardized position (standing, with the elbow in full extension) for 2–3 s at maximum pressure. All participants repeated the test twice, alternating between each hand. The researchers recorded the best score from the two trials.

Jump tests

Vertical jumps were evaluated using the jumping platform Chronojump Boscosystem version 1.6.2 (Barcelona, Spain). Countermovement jump, squat jump and Abalakov jump were evaluated according to standard methodology (Bosco et al., 1983). Each participant performed three maximal jumps of each type, interspersed with 60 s of passive recovery. The highest height out of the three jumps was recorded for each type.

Horizontal jump was used to measure strength (Wakai & Linthorne, 2005). Participants were instructed to perform a standing long jump from a position behind a designated starting line, with the aim of achieving the maximum distance forward using both legs. The distance covered during the jump was quantified in centimeters, determined by measuring from the front edge of the starting line to the point of initial heel contact with the ground.

Reaction time

Reaction time was measured using a mobile application. The phone screen would be completely white, it would randomly change to a color and the subject would have to react immediately to the change and touch the screen. The participants were previously familiarized with the application and made 3 attempts from which the average value was obtained (Tornero-Aguilera & Clemente-Suárez, 2021).

Data analysis

The statistical package IBM SPSS version 21.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY) was used for data analysis. Assumptions of normality were verified with the Shapiro-Wilk test. Descriptive statistics are presented as mean plus-minus standard deviation. A repeated-measures t-test was used to assess differences in variables before and after playing the match. The significance level for all comparisons was set at $p < 0.05$. The effect size was evaluated using Cohen's *d* value (Cárdenas-Castro & Arancibia-Martini, 2014; Rhea, 2004). The results were based on the following criteria: trivial (0–0.19), small (0.20–0.49), medium (0.50–0.79), and large (0.80 and greater) (Cohen, 1992).

Results

Table 1 shows the results obtained before and after the match.

Table 1: Physical fitness response pre and post match.

<i>Variables</i>	<i>Pre match</i>	<i>Post match</i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
GS Dominant hand (kg)	47.0±8.8	45.0±5.6	0.650	0.551	-0.227
GS Non-dominant hand (kg)	37.8±5.0	38.2±7.1	-0.232	0.828	0.080
Reaction time (ms)	286.9±26.7	269.2±16.8	-1.262	0.161	-0.663
Stress (0-100)	12.0±21.6	34.0±29.6	-1.262	0.276	1.019
RPE (6-20)	9.6±2.1	14.2±3.0	-3.683	0.021	2.190
SJ (cm)	20.3±2.8	24.5±4.6	-1.798	0.147	1.500
CMJ (cm)	23.0±2.7	27.6±5.8	-2.100	0.104	1.704
ABK (cm)	26.6±5.8	30.5±6.2	-2.759	0.050	0.672
Horizontal jump (cm)	220.6±15.8	231.2±11.0	-3.309	0.030	0.671

Note: GS: grip strength. RPE: Rate of Perceived Exertion. SJ: Squat Jump. CMJ: Countermovement Jump. ABK. Abalakov Jump.

Significant differences ($p < 0.05$) were found in the subjective perception of effort and horizontal jump. Both variables were higher after the match than before the match. In addition, a large effect size was obtained in perceived stress and SJ and CMJ jumps (Cárdenas-Castro & Arancibia-Martini, 2014).

Discussion

The aim of the present study was to analyze the physical fitness performance of top-20 world padel players before and after playing an official match. The first hypothesis was not fulfilled, since the grip strength values were maintained, and the jump values increased. The second hypothesis was fulfilled, as the values of subjective perception of effort and stress increased. The third hypothesis was also not fulfilled, as information processing time was not affected by match fatigue.

In relation to upper body performance, the analysis of isometric grip strength showed that the strength of both dominant and non-dominant hands

did not change after the matches (Table 1). Usually, in racquet sports, the dominant hand is the one used more frequently, using the non-dominant hand as support for the backhand stroke in only a few cases (García-Giménez et al., 2022) and therefore, it is the hand susceptible to fatigue. The non-loss of performance is associated with the level of the players being higher than the load of the matches played (Muñoz et al., 2018). On the other hand, the reported dominant hand strength values are similar to those found in previous studies. Previous studies reported data of 47.5 kg and 47.3 kg for the dominant hand in elite and subelite players, respectively (Courel-Ibáñez & Herrera-Gálvez, 2020). However, the reported values for non-dominant hand strength were 43.9 kg and 43.5 kg for elite and subelite. These values are higher than those reported by the top-20 players in our study, who presented a strength difference of 10 kg between both hands before playing the match. Similarly, isometric grip strength data of 51.3 kg in the dominant hand and 43.6 kg in the non-dominant hand were reported in elite players (Sánchez-Muñoz et al., 2020). Although the values reported by Sánchez-Muñoz et al. were higher than those shown in the present study, the difference between one hand and the other was similar to that of top-20 players. A possible explanation for this difference between dominant and non-dominant hands is the unilateral nature of padel, which is characteristic of racquet sports and which may promote this type of difference (Sanchis-Moysi et al., 2013).

Reaction time to a visual stimulus is a measurement related to the level of information processing by the Central Nervous System, and which in turn is related to muscle fatigue (Clemente-Suárez, 2017). In the present study, reaction time did not decrease, suggesting that the level of muscle fatigue was not sufficient to limit information processing, something similar observed after performing a Wingate test (Clemente-Suarez, 2015) and in university students during lectures (Tornero-Aguilera & Clemente-Suárez, 2021). On the contrary, other work did find an increase in mental fatigue and reaction time in players after matches belonging to the World Padel Tour competition (Díaz-García et al., 2021). In this line, our reaction time data are in accordance with the level of stress perceived by the top-20 players, which was low both before and after the matches, indicating a high level of self-confidence in these players regarding their physiological performance (Conde-Ripoll et al., 2023; Parraca et al., 2022). However, the RPE indicated by the players after the matches was significantly higher. This was not in accordance with the results of the performance tests performed, indicating that the subjective perception of fatigue was not in accordance with physiological behavior. A previous study analyzing the subjective perception of effort in padel players of the Spanish national ranking

indicated an RPE of 4.96 on the Borg10 scale after the games (Castillo-Rodríguez et al., 2014). The results of the present study, although reported on the Borg20 scale, present similarities with respect to these previous results. Similar to the present study, they reported an RPE after the Spanish national championship matches of 16 on the Borg20 scale (Roldán-Márquez et al., 2022).

Regarding the jumping tests analyzed, as a sample of the performance of the lower body musculature, the data reported by the top-20 players showed that not only was there no loss of performance, but that in the long jump test there was a significant increase in the test result. This indicates that the match load did not involve excessive fatigue for the lower body musculature of the athletes, but an activation probably related to the numerous starts that occur from the back of the court to the net (Muñoz et al., 2018). The data reported in the present study are well below the results obtained in CMJ by other researchers (Sánchez-Muñoz et al., 2020) where elite players obtained an average of 44.6 cm, and subelite players 42.3 cm. These differences may be due to a lack of familiarity with jumping technique or the inability to perform a truly maximal jump before a competition. Future studies should consider and measure the inter-point lapses (Torres-Luque et al., 2015), as well as the breaks between games and sets because they may influence the recovery process in the lower extremities of the players.

The major limitation of the present study is the sample analyzed, although they represent an important part of the total population of elite padel players. Another limitation was the lack of recording of the competitive nature of the matches according to the result, which may influence the accumulated load and fatigue.

Conclusions and practical applications

In conclusion, based on our data, it could be observed that the physical fitness performance of top-20 padel players was affected by match play in terms of subjective perception of effort and stress. Playing a competitive match also helped to activate the horizontal and vertical jumping capacity, probably due to the continuous accelerations and decelerations from the back wall to the net (and vice versa). Upper body strength and information processing capacity were not compromised by the matches, showing adequate physical preparation of the elite players, although asymmetries in strength between dominant and non-dominant hands were detected.

The results of the present investigation can be taken into account to design

adequate training programs to improve physical fitness performance and reduce the perception of fatigue in padel tennis players. The data provided by the present study will serve as a reference for physical trainers to work on the basis of the performance capabilities of elite players of this sport.

Financing

This study has been funded by the European University of Madrid, through an internal competitive project with code CIPI/22.303.

References

- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *14*(5), 377–381.
<https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *50*(2), 273–282.
<https://doi.org/10.1007/BF00422166>
- Burke, S. M., Carron, A. V., Eys, M. A., Ntoumanis, N., & Estabrooks, P. A. (2006). Group versus individual approach? A meta-analysis of the effectiveness of interventions to promote physical activity. *Sport and Exercise Psychology Review*, *2*(1), 19–35.
- Cárdenas-Castro, J. M., & Arancibia-Martini, H. (2014). Potencia estadística y cálculo del tamaño del efecto en G* Power: complementos a las pruebas de significación estadística y su aplicación en psicología. *Salud & Sociedad*, *5*(2), 210–244.
- Casper, J. M., Gray, D. P., & Stellino, M. B. (2007). A Sport Commitment Model Perspective on Adult Tennis Players' Participation Frequency and Purchase Intention. *Sport Management Review*, *10*(3), 253–278.
[https://doi.org/10.1016/S1441-3523\(07\)70014-1](https://doi.org/10.1016/S1441-3523(07)70014-1)
- Castillo-Rodríguez, A., Alvero-Cruz, J. R., Hernández-Mendo, A., & Fernández-García, J. C. (2014). Physical and physiological responses in Paddle Tennis competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *14*(2), 524–534. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868740>
- Clemente-Suarez, V. J. (2015). Effect of a Wingate test in cortical arousal and central nervous system in trained cyclists. *Medicina Dello Sport; Rivista Di Fisiopatologia Dello Sport*, *68*(3), 367–373.
- Clemente-Suárez, V. J. (2017). The Application of Cortical Arousal Assessment to Control Neuromuscular Fatigue During Strength Training. *Journal of Motor Behavior*, *49*(4), 429–434.

- <https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1241741>
- Clemente-Suárez, V. J., Beltrán-Velasco, A. I., Bellido-Esteban, A., & Ruisoto-Palomera, P. (2018). Autonomic adaption to clinical simulation in psychology students: Teaching applications. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 43(3), 239–245. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-9404-6>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Conde-Ripoll, R., Escudero-Tena, A., Suárez-Clemente, V. J., & Bustamante-Sánchez, Á. (2023). Precompetitive anxiety and self-confidence during the 2023 Finnish Padel championship in high level men's players. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1301623>
- Courel-Ibáñez, J., & Herrera-Gálvez, J. J. (2020). Fitness testing in padel: Performance differences according to players' competitive level. *Science & Sports*, 35(1), e11–e19. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.05.009>
- Courel-Ibáñez, J., & Llorca-Miralles, J. (2021). Physical Fitness in Young Padel Players: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2658. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052658>
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz Martínez, B. J., García Benítez, S., & Echegaray, M. (2017). Evolución del pádel en España en función del género y edad de los practicantes. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 12(34), 39–46.
- Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. (2017). A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3187–3217. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002149>
- Díaz-García, J., González-Ponce, I., López-Gajardo, M. Á., Van Cutsem, J., Roelands, B., & García-Calvo, T. (2021). How mentally fatiguing are consecutive world padel tour matches? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9059. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179059>
- García-Giménez, A., Pradas de la Fuente, F., Castellar Otín, C., & Carrasco Páez, L. (2022). Performance Outcome Measures in Padel: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph19074395>
- Ministerio de Educacion Cultura y Deportes. (2015). Encuesta de hábitos deportivos en España 2015. *Madrid: MECD*.
- Muñoz, D., Díaz, J., Pérez, M., Siquer-Coll, J., & Grijota, F. J. (2018). Análisis de los Parámetros de Carga Externa e Interna en Pádel - Ciencias del Ejercicio. *Kronos*, 17(1).
- Muñoz Marín, D., Sánchez-Alcaraz Martínez, B. J., Courel-Ibáñez, J., Romero Pastelero, E., Grijota Pérez, F. J., & Díaz García, J. (2016). Estudio sobre el

- perfil y distribución de las pistas de pádel en la Comunidad Autónoma de Extremadura. *E-Balonma- No.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 12(3), 223–230.
- Parraca, J. A., Alegrete, J., Villafaina, S., Batalha, N., Fuentes-García, J. P., Muñoz, D., & Fernandes, O. (2022). Heart Rate Variability Monitoring during a Padel Match. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3623. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063623>
- Pradas, F., García-Giménez, A., Toro-Román, V., Ochiana, N., & Castellar, C. (2021). Gender Differences in Neuromuscular, Haematological and Urinary Responses during Padel Matches. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5864. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115864>
- Pradas, F., Sánchez-Pay, A., Muñoz, D., & Sánchez-Alcaraz, B. J. (2021). Gender Differences in Physical Fitness Characteristics in Professional Padel Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5967. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115967>
- Pradas, F., Toro-Román, V., Ortega-Zayas, M., Montoya-Suárez, D., Sánchez-Alcaraz, B., & Muñoz, D. (2022). Physical Fitness and Upper Limb Asymmetry in Young Padel Players: Differences between Genders and Categories. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6461. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116461>
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 918–920.
- Roldán-Márquez, R., Onetti-Onetti, W., Alvero-Cruz, J. R., & Castillo-Rodríguez, A. (2022). Win or lose. Physical and physiological responses in paddle tennis competition according to the game result. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 22(4), 479–490. <https://doi.org/10.1080/24748668.2022.2082173>
- Ruiz-Barquín, R., & Lorenzo-García, O. (2008). Características psicológicas en los jugadores de pádel de alto rendimiento. *Revista Iberoamericana de Psicología Del Ejercicio y El Deporte*, 3(2), 183–200.
- Sánchez-Alcaraz, B. J. (2013). Historia del pádel= history of padel. *Materiales Para La Historia Del Deporte*, 11, 57–60.
- Sánchez-Muñoz, C., Muros, J. J., Cañas, J., Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B. J., & Zabala, M. (2020). Anthropometric and physical fitness profiles of world-class male padel players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 508. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020508>
- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Izquierdo, M., Calbet, J. A., & Dorado, C. (2013). The hypertrophy of the lateral abdominal wall and quadratus lumborum is sport-specific: an MRI segmental study in professional tennis and soccer players. *Sports Biomechanics*, 12(1), 54–67.

- <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.725087>
Sanderson, A. R. (2002). The Many Dimensions of Competitive Balance. *Journal of Sports Economics*, 3(2), 204–228.
<https://doi.org/10.1177/15270025020030>
- Tornero-Aguilera, J. F., & Clemente-Suárez, V. J. (2021). Cognitive and psychophysiological impact of surgical mask use during university lessons. *Physiology & Behavior*, 234, 113342.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113342>
- Torres-Luque, G., Ramirez, A., Cabello-Manrique, D., Nikolaidis, T. P., & Alvero-Cruz, J. R. (2015). Match analysis of elite players during paddle tennis competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 1135–1144. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868857>
- Wakai, M., & Linthorne, N. P. (2005). Optimum take-off angle in the standing long jump. *Human Movement Science*, 24(1), 81–96.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.12.001>
- Zapico, A. G., Benito, P. J., González-Gross, M., Peinado, A. B., Morencos, E., Romero, B., & Calderón, F. J. (2012). Nutrition and physical activity programs for obesity treatment (PRONAF study): methodological approach of the project. *BMC Public Health*, 12(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-1100>



EFECTO AGUDO DE LOS PARTIDOS DE PÁDEL EN LAS EMOCIONES DE JUGADORAS AMATEUR

ACUTE EFFECT OF PADEL MATCHES ON THE EMOTIONS OF FEMALE AMATEUR PLAYERS

SALVADOR PÉREZ-MUÑOZ

Grupo investigación EGIIIFYD.
Universidad Pontificia de Salamanca.
Facultad de Educación.
Orcid: 0000-0002-7130-1199

OLGA LUISA MARTÍN CUADRADO

Universidad Pontificia de Salamanca.
Facultad de Educación

FRANCISCO JAVIER DUEÑAS LÓPEZ DE SAN ROMÁN

Universidad Pontificia de Salamanca.
Facultad de Educación

ALBERTO RODRÍGUEZ CAYETANO

Grupo investigación EGIIIFYD.
Universidad Pontificia de Salamanca.
Facultad de Educación.
Orcid: 0000-0003-2683-7178

Autor de correspondencia: Salvador Pérez-Muñoz. Universidad Pontificia de Salamanca
Calle Henry Collet, 81-85, 37007 Salamanca, España. sperezmu@upsa.es

Recibido: 09/11/2023

Aceptado: 02/01/2024

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es comparar el impacto de la competición en las emociones en jugadoras amateur de pádel. La muestra estuvo formada por un total de 28 jugadoras de pádel con una edad media de 39.93 años (± 11.94) años, que compiten en primera y cuarta división de pádel amateur. Para cuantificar las emociones, se ha utilizado el cuestionario Games and Emotion Scale (GES). Las emociones fueron recogidas solo una vez justo al final de cada partido. Se analizó la normalidad de la muestra y se realizó una ANOVA en función del resultado, el lado de juego y de la competición. Los resultados del estudio revelan que las emociones con connotaciones positivas fueron las que obtuvieron las valoraciones más elevadas, seguidas por las emociones ambiguas, mientras que las emociones negativas recibieron valoraciones inferiores, sin que existan diferencias significativas. Asimismo, se evidenció que las jugadoras pertenecientes a la cuarta división exhibieron niveles más notorios de emociones positivas y ambiguas en comparación con las jugadoras de primera división. Cabe destacar la relevancia del hecho de jugar en el lado propio de la cancha, lo cual generó emociones con matices positivos ($p < .003$) y emociones ambiguas con valoraciones más elevadas ($p < .010$), al tiempo que atenuó el impacto de las emociones negativas. En cuanto a las jugadoras de primera división, se detectaron diferencias significativas en las emociones positivas y ambiguas cuando se encontraban en el lado propio ($p < .009$ y $p < .014$, respectivamente). En conclusión, se constató que la victoria en los partidos generaba emociones con connotaciones positivas y ambiguas, con diferencias significativas, sin importar el nivel competitivo. Estos hallazgos confirman que la competición en el pádel desencadena una variedad de respuestas emocionales en las jugadoras. Destaca la relevancia del hecho de ganar y jugar en el lado propio de la cancha, lo que provoca emociones positivas de una intensidad notable entre las jugadoras.

Palabras clave: Deportes de Raqueta; Emociones; Rendimiento deportivo; Psicología Deportiva.

ABSTRACT

The aim of this research is to compare the emotional impact of competition on amateur female padel players. The study group consisted of 28 paddle-playing women with a mean age of 39.93 years (± 11.94) competing in the first and fourth amateur paddle divisions. We employed the Games and Emotion Scale (GES) survey to collect data. Emotions were assessed only once, at the end of each match. The sample was analyzed for normality, and an ANOVA was performed based on the outcome, side of play, and competition. The study findings indicate that emotions linked with positive connotations ranked the highest, followed by uncertain emotions, while negative

emotions garnered lower ratings, without any significant differences. It is evident that players in the fourth division displayed higher levels of positive and ambiguous emotions compared to those in the first division. The relevance of playing on the home side of the court is worth highlighting, as it generated emotions with positive nuances ($p < .003$) and higher ratings for ambiguous emotions ($p < .010$), while also reducing the impact of negative emotions. Significant differences in positive and ambiguous emotions were detected among first division players when they were on their own side ($p < .009$ and $p < .014$, respectively). In conclusion, the study revealed that winning matches evoked emotions with positive and ambiguous connotations, exhibiting significant variations, irrespective of the competitive level. This investigation affirms that paddle tennis competitions elicit diverse emotional responses in players. Of noteworthy significance is the occurrence of positive emotions at an intense level among players, triggered by winning and playing on their respective sides of the court.

Keywords: Racquet sports; Emotions; Sport performance; Sport psychology.

Introducción

Es incuestionable que el deporte de pádel ha experimentado un crecimiento constante y notorio en los últimos años, como se ha documentado en diversas investigaciones (Courel-Ibáñez et al., 2017; Courel-Ibáñez et al., 2018; Federación Internacional de Pádel, 2022). Un aspecto especialmente relevante es el aumento significativo en el número de licencias federativas durante el período de los últimos 34 años (Rodríguez et al., 2023). De esta forma, resulta de gran importancia realizar un análisis de los efectos que provoca la competición en pádel en relación a aspectos psicológicos, particularmente las emociones, experimentados por los participantes. Esta orientación emocional, se torna esencial para comprender de manera más profunda y precisa el comportamiento del deportista, contribuyendo así a la optimización de su experiencia deportiva (Ramos y Carmely, 2019).

Las emociones representan un elemento fundamental que permea todos los aspectos de la vida humana, dado que, como individuos, experimentamos, vivimos y respondemos emocionalmente a los sucesos que acontecen a nuestro alrededor (Niubò-Solé et al., 2022). Si bien las emociones no son un concepto novedoso, su inclusión en el ámbito de la actividad física y el deporte puede considerarse relativamente reciente, en contraste con otros campos, como la educación, donde se han extrapolado a diversas esferas. En este

sentido, numerosos autores de renombre han abordado el impacto de las emociones, destacando figuras influyentes como Coleman (1996) y Gardner (1993). Sus contribuciones han catalizado un creciente interés en torno a las emociones y sus efectos en las acciones de los individuos.

Esta tendencia ha adquirido una creciente importancia en la actualidad y se reconoce como una herramienta fundamental para alcanzar el éxito en el ámbito de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, así como en la Educación Física (Casassus, 2006; Fernández-García y Fernández-Río, 2019), permitiendo así la exploración de una amplia gama de emociones y los efectos que generan en las actividades recreativas y los juegos deportivos (Romero-Martín et al., 2017).

En este sentido, es necesario subrayar la intrínseca relación que existe entre las emociones y el rendimiento deportivo, ya que la participación en cualquier actividad deportiva conlleva la evocación de momentos especiales que involucran una variedad de emociones internas, abarcando procesos como la percepción, la reproducción, el aprendizaje y la creatividad (Romero-Martín et al., 2017). Por lo tanto, en el deporte se pueden implementar diversas acciones motrices o dominios de acción motriz, cada una de las cuales desencadena efectos distintos en los individuos, generando experiencias y procesos únicos que provocan consecuencias diversas para los deportistas (Alonso et al., 2022; Pérez-Muñoz et al., 2021; Pérez-Muñoz et al., 2022). Por lo tanto, es de suma importancia comprender el dominio de acción motriz específico y su influencia en las emociones, con el propósito de dirigir las emociones positivas o ambiguas y disminuir las emociones negativas en el contexto del entrenamiento y la competición (Duran y Costes, 2018; Falcón et al., 2020; Gil-Madrona et al., 2020; Lavega et al., 2013b; Miralles et al., 2017).

El deporte, incluyendo disciplinas como el pádel, proporciona un escenario propicio para la expresión de una amplia gama de emociones (Romero-Martín et al., 2017). De hecho, investigaciones respaldan la noción de que la participación en actividad física puede incrementar las emociones positivas en comparación con aquellos que no la practican (Bermúdez y Sáenz-López, 2019). Asimismo, se han llevado a cabo estudios en diversas disciplinas deportivas, tales como el voleibol, la condición física, el baloncesto, la natación, el rugby y el balonmano (Camacho-Miñano y Aragón, 2014; Mujica et al., 2016; Mujica y Jiménez, 2020; Salgado-López, 2020).

En la literatura científica revisada, se ha observado una escasez de investigaciones que aborden los aspectos psicológicos y emocionales en el contexto de los deportes de raqueta, como el pádel (Peris-Delcampo, 2021), y también

en los estudios que sólo analizan a las mujeres deportistas en varios ámbitos (Cowley et al., 2021). Por lo tanto, es esencial llevar a cabo estudios que analicen y comprendan los efectos que la competición en el pádel tiene en las emociones de las jugadoras amateur.

En este sentido, el objetivo principal de esta investigación se centra en comparar el impacto de la competición en las emociones en jugadoras amateur de pádel. Además, de forma secundaria se analizaron las emociones en función del resultado del partido, de la posición de juego y de la categoría. Por último, la hipótesis del estudio fue: el resultado de la competición mejora las emociones de las jugadoras amateur de pádel, con indiferencias del nivel y lado de juego.

Material y métodos

Diseño de investigación

El diseño de este estudio se caracteriza como descriptivo y transversal. El método de muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia, lo que implica que la selección de los participantes se fundamentó en criterios que se ajustan a las demandas de la investigación (Otzen y Manterola, 2017). En este contexto específico, los participantes seleccionados cumplían con el requisito de estar involucrados en competiciones de pádel en diversas divisiones de la Federación de Castilla y León.

Participantes

La muestra de este estudio estuvo compuesta por 28 jugadoras de pádel, todas ellas mayores de edad, con una edad media de 39.93 años (± 11.94), y que compiten a nivel amateur. De estas jugadoras, 14 participan en la primera división (categoría amateur más alta) y las otras 14 jugadoras compiten en la cuarta división regional de pádel. En total, se jugaron 14 partidos, siete en cada una de las categorías. En el caso de las jugadoras de la primera división, la edad media fue de 36.06 años (± 11.99), mientras que, para las jugadoras de cuarta división, la edad media fue de 43.79 años (± 10.97).

Instrumentos

Para la realización de este trabajo de investigación, se ha utilizado un cuestionario como instrumentos de medida. En concreto el cuestionario

llamado Games and Emotion Scale (GES), elaborado y validado por Lavega et al. (2013a), que fue validado para Educación Física y Deportiva. Se calculó la fiabilidad de Alpha de Cronbach ($n = 28$), con valores Alpha por encima de .70 en cada emoción, lo que se considera como aceptable (Prieto y Delgado, 2010) con los siguientes resultados: positiva ($\alpha = .91$), negativa ($\alpha = .70$) y ambigua ($\alpha = .74$). Este instrumento, está formado por tres factores, positivas, negativas y ambiguas, formados por 13 emociones. Las emociones positivas son: alegría, humor, amor y felicidad; las emociones negativas son: ira, rechazo, miedo, ansiedad, vergüenza y tristeza; y, por último, las emociones ambiguas son: compasión, sorpresa y esperanza.

Para realizar el estudio se realizaron dos fases. En la primera de ellas se explicó a todas las jugadoras las emociones y lo que significa cada una de ellas, tanto de forma teórica como práctica, siguiendo las mismas fases que en el estudio de Nuibó-Solé et al. (2022), en una sesión de una hora de formación. Se explicaron teóricamente las distintas emociones y posteriormente para comprobar la comprensión se solicitó que las expresaran para comprobar la comprensión de cada una de ellas. Y en la segunda fase, las jugadoras completaban el cuestionario una vez terminada la competición amateur-oficial, organizada por la Federación de Pádel de Castilla y León.

Procedimiento

Para la realización de la investigación se respetó la Declaración Ética de Helsinki de 2013 en todos sus términos. Los participantes fueron tratados bajo el código ético de la American Psychological Association en cuanto a consentimiento, anonimato y respuestas. Así mismo, el estudio se ampara en la normativa legal española vigente que regula la investigación en seres humanos (RD 561/1993), respetando en todo momento la privacidad y la ley de protección de datos de carácter personal (Ley Orgánica 15/1999).

En primer lugar, se solicitó la colaboración de un club de pádel que compite a nivel regional de Castilla y León, para obtener el visto bueno. Todas las jugadoras tienen licencia federativa y compiten de forma regular. Previo a la realización de los cuestionarios, y para respetar el principio de voluntariedad y confidencialidad, cada jugador firmó un consentimiento informado, todas ellas mayores de edad, en el que se detallaban los objetivos de la investigación y su participación voluntaria en la misma.

Previamente a todas las participantes se las formó sobre cada una de las emociones, en una sesión online de una hora de duración, en la que todas las

jugadoras identificaron de forma correcta las distintas emociones. Todos los datos fueron recogidos una vez terminado el partido, a los cinco minutos de finalización, para conocer el efecto que tiene la competición sobre las emociones de jugadoras de pádel. Teniendo en cuenta que se midió la percepción subjetiva del esfuerzo que había provocado la competición.

Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SPSS para Windows v.25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, Estados Unidos). Se analizó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, lo que provocó que se realizaran pruebas estadísticas paramétricas. Los datos se presentan como media y desviación típica. Se utilizó un ANOVA univariante, utilizando como factores el lado de juego (habitual, no habitual), la categoría de juego (primera, cuarta), el resultado (ganar, perder), sobre las emociones. Se estableció la significatividad en $p \leq .05$. Se estimó el efecto de la intervención con la prueba d de Cohen (1988), considerando que como efecto pequeño (0- 0,2), mediano (0,5) y grande (>0,8). Finalmente se hacen realizar las correlaciones bivariadas de Pearson.

Resultados

De forma general los resultados muestran que son las emociones positivas las que obtienen mejores valoraciones, seguidas por las emociones ambiguas y, con menor valoración las emociones negativas (tabla 1). Por nivel competitivo, las jugadoras de cuarta categoría exhibieron niveles más altos de emociones positivas y ambiguas en comparación con las jugadoras de primera división. No obstante, también se observó que las jugadoras de cuarta división experimentaron un mayor nivel de emociones negativas en comparación con las jugadoras de primera división, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas y presentaron un tamaño del efecto pequeño (Tabla 1). Por emociones los resultados son diversos, eso sí se muestran diferencias significativas en los factores de sorpresa ($p < .004$), miedo ($p < .014$), ansiedad ($p < .003$), y vergüenza ($p < .045$), donde las jugadoras que compiten en un nivel más bajo muestran valores más altos en estos factores en comparación con las jugadoras que compiten en niveles más elevados (Tabla 1), con un tamaño del efecto diverso (tabla 1).

Tabla 1. *Resultados descriptivos generales y por nivel competitivo*

	General	Primera	Cuarta	F	Sig.	d Cohen
FELICIDAD	6.00 (±3.220)	5.07	6.93	2.453	.129	.086
COMPASIÓN	5.21 (±3.119)	4.79	5.64	.519	.478	.020
SORPRESA	4.11 (±2.833)	2.64	5.57	9.965	.004*	.277
ALEGRÍA	5.93 (±3.138)	5.29	6.57	1.183	.287	.004
TRISTEZA	2.64 (±3.325)	3.21	2.07	.822	.373	.031
MIEDO	.86 (±1.580)	.14	1.57	6.989	.014*	.212
HUMOR	6.11 (±2.973)	5.64	6.57	.675	.419	.025
ANSIEDAD	1.86 (±2.578)	.50	3.21	10.487	.003*	.287
AMOR	5.43 (±3.636)	4.71	6.14	1.084	.307	.040
RECHAZO	.96 (±1.951)	.24	1.67	6.798	.051	.030
IRA	2.29 (±3.495)	1.86	2.71	.412	.527	.016
VERGÜENZA	1.82 (±2.389)	.93	2.71	4.404	.045*	.145
ESPERANZA	5.61 (±2.961)	5.00	6.21	1.186	.286	.044
F. POSITIVO	5.87 (± 2.896)	5.18	6.55	1.614	.215	.058
F. NEGATIVO	1.93 (±1.899)	1.40	2.46	2.269	.114	.080
F. AMBIGUO	4.97 (± 2.413)	4.14	5.81	3.667	.067	.124

* $p \leq .05$; F: Factor.

En lo que respecta al lado de juego, jugar en el lado propio de juego genera una experiencia más positiva en comparación con no hacerlo. Esta situación se traduce en niveles más elevados de emociones positivas ($p < .003$), y emociones ambiguas ($p < .010$), con diferencias significativas, y un menor impacto en emociones negativas (Tabla 2). De forma individual existen diferencias significativas en los de felicidad ($p < .002$), compasión ($p < .023$), alegría ($p < .006$), humor ($p < .022$), amor ($p < .017$), y esperanza ($p < .005$), entre el lado propio y el lado contrario, con valores más altos en todos estos factores cuando se juega en el lado propio, con un efecto que varía desde bajo hasta moderado (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados en función del lado de juego

	Propio	Contrario	Sig.	d Cohen
FELICIDAD	6.83	2.20	.002*	.314
COMPASIÓN	5.83	2.40	.023*	.184
SORPRESA	4.39	2.80	.263	.048
ALEGRÍA	6.65	2.60	.006*	.254
TRISTEZA	2.04	5.40	.038*	.155
MIEDO	.87	.80	.931	.000
HUMOR	6.70	3.40	.022*	.187
ANSIEDAD	1.78	2.20	.750	.004
AMOR	6.17	2.00	.017*	.201
RECHAZO	1.01	.91	.798	.051
IRA	1.96	3.80	.294	.042
VERGÜENZA	1.30	4.20	.011*	.233
ESPERANZA	6.30	2.40	.005*	.265
F. POSITIVO	6.59	2.55	.003*	.296
F. NEGATIVO	1.63	3.28	.079	.114
F. AMBIGUO	5.51	2.53	.010*	.231

*p ≤ .05

Por lado de juego y categoría competitiva, se observa que jugar en el lado propio en primera división genera de forma significativa emociones positivas ($p < .009$), y emociones ambiguas ($p < .014$), de mayor calidad en comparación con no hacerlo. Y un tamaño del efecto entre moderado y bajo (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados generales en función de la categoría y lado de juego

	Primera				Cuarta			
	Propio	Contrario	Sig.	d Cohen	Propio	Contrario	Sig.	d Cohen
POSITIVO	5.96	2.33	.009*	.442	7.17	2.88	.090	.220
NEGA- TIVO	1.20	2.13	.409	.058	2.03	5.00	.052	.280
AMBIGUO	4.88	1.44	.014*	.407	6.08	4.17	.296	.091

*p ≤ .05

En función del resultado obtenido en competición, la competición revela que ganar genera emociones más positivas y ambiguas, de forma significativa, que cuando se pierde el partido, donde las emociones son más negativas, aunque no lo hacen de forma significativa, con un tamaño del efecto entre moderado y bajo (tabla 4). Resultados que se mantienen al analizarlo en función de la categoría de juego. No obstante, en la cuarta categoría, los resultados emocionales son más positivos, con diferencias significativas, en comparación con la primera división, aunque en ambos casos se observan diferencias significativas (Tabla 4), y con un efecto entre moderado y bajo. Así como diferencias en tristeza entre en los jugadores de primera y cuarta división cuando pierden, sin embargo, cuando ganan muestra mejores valores de felicidad, alegría y humor, diferencias significativamente, especialmente en las jugadoras de cuarta división (Tabla 4).

Tabla 4. *Resultados descriptivos generales en función del resultado y nivel competitivo*

	<i>General</i>		<i>Primera</i>		<i>Cuarta</i>	
	<i>G - P</i>	<i>d Cohen</i>	<i>G - P</i>	<i>d Cohen</i>	<i>G - P</i>	<i>d Cohen</i>
FELICIDAD	8.40-4.67*	.320	6.50-4.50	.126	9.67-4.88*	.447
COMPASIÓN	6.40-4.56	.083	6.25-4.20	.082	6.50-5.00	.069
SORPRESA	5.60-3.28*	.160	3.75-2.20	.099	6.83-4.63	.191
ALEGRÍA	8.50-4.50*	.387	7.50-4.40	.257	9.17-4.63*	.480
TRISTEZA	.10-4.06*	.337	.25-4.40*	.336	.00-3.63*	.315
MIEDO	1.30-.61	.045	.00-.20	.031	2.17-1.13	.075
HUMOR	8.30-4.89*	.313	7.25-5.00	.262	9.00-4.75*	.349
ANSIEDAD	2.70-1.39	.062	.25-.60	.023	4.33-2.38	.117
AMOR	7.40-4.33*	.169	7.00-3.80	.220	7.67-5.00	.116
RECHAZO	1.26-.071	.039	.02-.037	.039	2.21-1.23	.069
IRA	5.43-1.00	.078	.00-2.60	.124	1.67-3.50	.068
VERGÜENZA	1.20-2.17	.039	.00-1.30	.138	2.00-3.25	.055
ESPERANZA	6.90-4.89	.110	5.50-4.80	.013	7.83-5.00	.237
F. POSITIVO	8.15-4.60*	.358	7.06-4.43*	.284	8.88-4.81*	.395
F. NEGATIVO	1.26-2.30	.071	.100-1.92	.265	2.03-2.78	.035
F. AMBIGUO	6.30-4.24*	.173	5.17-3.73	.086	7.05-4.87	.234

* $p \leq .05$; G: ganar; P: Perder.

Además, se analizó la percepción subjetiva del esfuerzo tras la competición. Se observa que cuando la competición es percibida como “muy dura,” las emociones positivas son significativamente más elevadas en comparación con las percepciones “moderado” y “duro.” Además, se encontraron diferencias significativas en el factor de emociones positivas. Por otro lado, en lo que respecta al factor negativo, se observa que la percepción de una competición “dura” afecta más a las emociones negativas en comparación con las percepciones “moderado” y “duro.” Sin embargo, el efecto resultante es de magnitud reducida (Tabla 5).

Tabla 5. *Resultados generales en función de la percepción del esfuerzo*

	Ninguno	Mode- rado	Duro	Muy Duro	Sig.	D Cohen
POSITIVO	5.50	3.33 ¹	4.47 ²	7.29	.045*	.280
NEGATIVO	.73	2.13	2.95	1.56	.261	.151
AMBIGUO	3.55	3.33	4.12	6.12	.078	.243

* $p \leq .05$; ¹ diferencias entre moderado y muy duro; ² diferencias entre duro y muy duro

En cuanto a las correlaciones, jugar en el lado contrario no muestra correlaciones significativas entre los factores analizados. Por otro lado, jugar en el lado propio genera una correlación positiva entre las emociones positivas y las emociones ambiguas (Tabla 6).

Tabla 6. *Correlaciones en función del lado de juego*

		Lado Propio			Lado Contrario		
		Positivo	Negativo	Ambiguo	Positivo	Negativo	Ambiguo
POSITIVO	Correlación	1			1		
	Sig.						
NEGATIVO	Correlación	-.382	1		-.314	1	
	Sig.	.072			.607		
AMBIGUO	Correlación	.616**	.104	1	.170	.662	1
	Sig.	.002	.636		.784	.223	

* La correlación es significativa al nivel $p \leq .05$; ** La correlación es significativa al nivel $p \leq .01$

En relación al resultado de la competición, la única correlación que se observa es entre el factor negativo y el factor positivo, y esta correlación es negativa. Esto significa que, al experimentar una derrota, el factor positivo disminuye de manera significativa (Tabla 7).

Tabla 7. *Correlaciones en función del resultado*

		Ganar			Perder		
		Positivo	Negativo	Ambiguo	Positivo	Negativo	Ambiguo
POSITIVO	Correlación	1			1		
	Sig.						
NEGATIVO	Correlación	.584	1		-.556*	1	
	Sig.	.076			.017		
AMBIGUO	Correlación	.272	.275	1	.646**	.102	1
	Sig.	.447	.442		.004	.686	

* La correlación es significativa al nivel $p \leq .05$; ** La correlación es significativa al nivel $p \leq .01$

Discusión

El objetivo principal de la investigación fue comparar el impacto de la competición en las emociones en jugadoras amateur de pádel. Además, de forma secundaria se analizaron las emociones en función del resultado del partido, de la posición de juego y de la categoría. Además del objetivo general, la hipótesis del estudio fue: el resultado de la competición mejora las emociones de las jugadoras amateur de pádel, con indiferencias del nivel y lado de juego. En términos generales, la competición afecta a las emociones de las jugadoras de pádel amateur, especialmente los resultados reflejan que obtener la victoria en la competición genera emociones positivas más intensas en comparación con la derrota. Del mismo modo, jugar en el lado propio del juego produce emociones positivas y ambiguas más elevadas que jugar en el lado contrario.

Se ha observado que las emociones positivas tienden a experimentar una intensidad mayor durante la actividad física, en comparación con las emociones ambiguas y negativas (Duran y Costes, 2018; Lavega et al., 2011; Lavega et al. 2013a; Pic et al., 2019). Estos hallazgos están en consonancia con los resultados obtenidos en nuestro estudio y en otras investigaciones previas relacionadas con las emociones, la actividad física y el deporte. En la misma línea, Bisquerra (2018) sostiene que la interacción con otras personas es esencial para los individuos y genera emociones necesarias para su bienestar. Por lo tanto, se puede comprender que el efecto socializador y la interacción con compañeras y adversarias durante el juego generan emociones con una mayor intensidad.

En el caso de los estudios de Duran y Costes (2018) y Lavega et al. (2011), Lavega et al (2013a) y Pic et al. (2019) señalan que los juegos sociomotrices con adversario generan emociones positivas más intensas. Sin embargo, en el caso de Miralles et al. (2017) y Muñoz-Arroyave et al. (2020) fueron los juegos sociomotrices cooperativos los que generaron mejores emociones positivas. Y es así porque la práctica de ejercicio físico conlleva un aumento en los niveles de serotonina y dopamina, dos neurotransmisores que influyen directamente en el estado emocional. Esto se traduce en un incremento en el bienestar psicológico y la autoconfianza de quienes participan en dicha actividad (Bisquerra, 2018; Sáenz-López, 2020). Por lo tanto, promover la práctica deportiva que fomente emociones positivas es de suma importancia para la realización del deporte y, en particular, para el mantenimiento de dicha práctica deportiva, como es el caso del pádel. Esto puede contribuir a una experiencia deportiva más satisfactoria y, a su vez, al bienestar general de los participantes.

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que la presencia de oposición, como ocurre en el pádel, genera emociones negativas, aunque en menor medida que las emociones positivas y ambiguas, como señalan otras investigaciones (Duran y Costes, 2018; Lavega et al., 2011; Lavega et al. 2013a; Pic et al., 2019). Sin embargo, es importante destacar que estos hallazgos pueden no estar en total consonancia con el estudio de Falcón et al. (2020), que señala que la presencia de adversarios genera emociones negativas. Ahora bien, es relevante considerar que el contexto de su estudio puede diferir, ya que su investigación se centra en el tipo de tareas jugadas (Falcón et al., 2020), mientras que el estudio realizado se enfoca en el deporte de pádel. La naturaleza de la competición deportiva y la presencia de oposición pueden generar una variedad de emociones en los participantes, y estas pueden variar dependiendo del deporte y el contexto específico en el que se desarrollen.

En función del resultado y lado de juego, los resultados obtenidos en nuestra investigación, afectan de forma diferente. Tal es así que jugar en el lado propio afecta a las emociones, mejor que en el lado contrario, y sobre todo el hecho de ganar mejora las emociones, con valores muy elevados, tanto en el factor positivo como en los ítems individuales como felicidad, alegría y humor. Por lo tanto, la existencia de competición como señalan otras investigaciones (Duran y Costes, 2018; Lavega et al., 2011; Muñoz-Arroyave et al., 2020; Niubò-Solé et al., 2022), así como jugar en el lado propio y conseguir la victoria genera emociones positivas en mayor medida que ambiguas y, sobre todo, disminuye las emociones negativas. En este contexto, los resultados de la investigación realizada estarían en consonancia con esta idea, ya que jugar

con compañeras y competir contra otras adversarias conlleva la generación de emociones más positivas y ambiguas que negativas, incluso cuando el resultado sea una derrota. Esto subraya la importancia de la dimensión social y emocional en el contexto deportivo y cómo la interacción con otras personas puede influir en la experiencia y las emociones de los deportistas.

De esta forma, las emociones positivas van a permitir afrontar con éxito los procesos de entrenamiento y competición, así como generar una mayor cohesión y bienestar grupal (Filella et al., 2014; Tamminen et al., 2016), con mayor facilidad que con los resultados negativos que provocan un descenso de la salud y bienestar (González et al., 2014). Y estos datos, coinciden con otras investigaciones que muestran que el tipo de tarea no afecta de la misma forma a los sujetos, como también queda demostrado al afectar de forma diferente tanto el resultado como el lado de juego, con especial atención en las emociones positivas (Miralles et al., 2017; Pérez-Muñoz et al., 2021).

En línea con investigaciones previas, es crucial reconocer y comprender las emociones que experimenta cada jugadora durante la competición, así como en diversos ámbitos de la actividad motriz. Este enfoque puede resultar extremadamente valioso para entrenadores deportivos y profesionales de la actividad física, ya que les permite desarrollar estrategias específicas y apropiadas para la gestión de las emociones en este contexto (Lagardera, 1999; Lavega et al., 2011). Esto, a su vez, puede contribuir a mejorar el rendimiento y fomentar la cohesión dentro del equipo (González, 2009).

Dado que la investigación sobre las emociones en el pádel y deportes similares es limitada, existe un amplio campo para futuros estudios que pueden proporcionar una comprensión más profunda de cómo las emociones influyen en el rendimiento y la experiencia deportiva en este contexto específico. Estos resultados, generan información muy importante a la hora de mejorar las emociones y el estado emocional que provoca la competición en pádel, aspectos que, como profesionales del entrenamiento deportivo, y del pádel en particular, deben ser tenidos en cuenta para potenciar las emociones positivas, con especial referencia al juego en lado propio.

Limitaciones del estudio

En primer lugar, es pertinente resaltar que el estudio llevado a cabo presenta limitaciones relacionadas con la muestra utilizada. Además, se plantea la posibilidad de abordar cuestiones adicionales para un análisis más profundo, como la disparidad en las edades de los participantes. Por lo tanto, sería

aconsejable en investigaciones futuras aumentar el tamaño de la muestra con el fin de obtener relaciones y generalizaciones estadísticamente significativas. Además, se debe considerar la inclusión de sujetos de diversos grupos etarios y niveles de competencia para enriquecer la investigación.

En segundo lugar, la muestra del presente estudio impidió generalizar los resultados. Esta descripción transversal en un contexto determinado ayuda a seguir discutiendo los resultados con estudios similares. Y ampliar la recogida de datos con jugadoras más jóvenes en etapas de formación, así como realizar una comparación con hombres para comprobar si el efecto de la competición y del lado de juego es similar a la población femenina.

Conclusiones

En un sentido general, se puede concluir que la competición en el pádel desencadena diversas respuestas emocionales en las jugadoras. Cabe destacar que ganar y jugar en el lado propio de la cancha suscita emociones positivas de considerable intensidad entre las jugadoras. En consecuencia, es plausible considerar que una variable relativamente manejable, como la elección del lado de juego, podría emplearse como un factor modulador de las emociones, las cuales, a su vez, tienen la capacidad de influir en el rendimiento competitivo. Esta influencia se manifiesta a través del aumento de las emociones positivas y ambiguas, así como la disminución de las emociones negativas.

En este contexto, es imperativo controlar las emociones negativas que surgen tras una derrota y al jugar en el lado no propio, con el propósito de mitigar su impacto en el estado emocional de las jugadoras.

Financiación

Los autores confirman que no recibieron apoyo financiero para la investigación, ni para la autoría y/o publicación de este artículo.

Referencias Bibliográficas

Alonso, G., Pérez, S., Rodríguez, A. & Benito, L. (2022). La comba: influencia emocional sobre el tipo de tarea motriz en alumnos de Educación Secundaria de un ámbito rural. En P.J. Ruiz, A. Baena, D. Aguilera & Z. Ruiz. *Retos y nuevas perspectivas en el currículo de la enseñanza de la actividad física*. Wanceulen.

- Bermúdez, C., & Sáenz-López, P. (2019). Emociones en Educación Física. Una revisión bibliográfica (2015-2017). *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deportes y Recreación*, 36, 597-603.
- Bisquerra, R. (2018). *Universo de emociones*. Valencia: PalauGea comunicación.
- Camacho-Miñano, M., & Aragón, N. (2014). Ansiedad física social y educación física escolar: las chicas adolescentes en las clases de natación. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 116(2), 87-94.
- Casassus, J. (2006). *La educación del ser emocional*. Universidad Virtual del Instituto Tecnológico de Monterrey. Ediciones Castillo.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2a ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Goleman (1995). *Inteligencia Emocional*. Kairos.
- Courel-Ibáñez, J., Cordero, J. C., Muñoz, D., Sánchez-Alcaraz, B. J., Grijota, F. J. & Robles, M. C. (2018). Fitness benefits of padel practice in middle-aged adult women. *Science and Sports*.
<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.01.011>
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B. J., García, S., & Echegaray, M. (2017). Evolución del pádel en España en función del género y edad de los practicantes. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 34(12), 39-46.
<https://doi.org/10.12800/ccd.v12i34.830>
- Cowley, E.S., Olenick, A.A., McNulty, K. L. & Ross, E.Z. (2021). Invisible Sports-women”: The Sex Data Gap in Sport and Exercise Science Research. *Women in Sport and Physical Activity Journal*, 29(2), 146–151. DOI:
<https://doi.org/10.1123/wspaj.2021-0028>
- Duran, C., & Costes, A. (2018). Efecto de los juegos motores sobre la toma de conciencia emocional. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 18(70).
<https://doi.org/10.15366/rimcafd2018.70.003>
- Falcón, D., Castellar, C., Ortega, M. A., & Pradas, F. (2020). Elementos de la lógica interna y externa de los juegos que explican la experiencia afectiva del alumnado de educación física en secundaria. *Publicaciones*, 50(1), 355–370.
<https://doi.org/10.30827/publicaciones.v50i1.15991>
- Federación Internacional de Pádel. (2022). *La Historia del pádel*.
- Fernández-García, L. & Fernández-Río, J. (2019). Proyecto Wonderwall: identificación y manejo de emociones en la Educación Física de Educación Primaria. *Retos*, 35, 381-386.
- Filella, G., Oriol, X. & Gomila, M. (2014). Regulación emocional de los resultados adversos en competición. Estrategias funcionales en deportes colectivos. *Cuad. Psicol. Deporte*, 14, 63–72.
- Gardner, H. (1993). *Multiple Intelligences. The Theory in Practice. A Reader*. Basic Books.
- Gil-Madrona, P., Pascual-Francés, L., Jordá-Éspi, A., Mujica-Johnson, F., &

- Fernández-Revelles, A. B. (2020). Affectivity and Motor Interaction in Popular Motor Games at School. *Apunts Educación Física y Deportes*, 139, 42-48. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/1\).139.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/1).139.06)
- González, J., Garcés, E. & Ortega, E. (2014). Avanzando en el camino de diferenciación psicológica del deportista. Ejemplos de diferencias en sexo y modalidad deportiva. *Anu. Psicol*, 44, 31-44
- González, O. (2009). *Análisis y Validación de un Cuestionario de Inteligencia Emocional en Diferentes Contextos Deportivos*. Ph.D. Thesis, Universidad País Vasco, País Vasco.
- Lagardera, F. (1999). La lógica deportiva y las emociones. Sus implicaciones en la enseñanza. *Apunts Educación Física y Deportes*, 56, 99-107. <http://hdl.handle.net/10459.1/65402>
- Lavega, P., March, J., & Filella, G. (2013a). Juegos deportivos y emociones. Propiedades psicométricas de la escala GES para ser aplicada en la Educación Física y el Deporte. *Revista de Investigación Educativa*, 31(1), 151-165. <https://doi.org/10.6018/rie.31.1.147821>
- Lavega, P., March, J., & Filella, G. (2013b). Juegos deportivos y emociones. Propiedades psicométricas de la escala GES para ser aplicada en la Educación Física y el Deporte. *Revista de investigación educativa, RIE*, 31(1), 151-166. <https://doi.org/10.6018/rie.31.1.147821>
- Lavega, P., Filella, G., Agulló, M^a.J., Soldevilla, A., & March, J. (2011). Understanding emotions through games: Helping trainee teachers to make decisions. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(2), 617-640. <https://doi.org/10.25115/ejrep.v9i24.1459>
- Miralles, R., Filella, G., & Lavega, P. (2017). Educación física emocional a través del juego en educación primaria: ayudando a los maestros a tomar decisiones. *Retos: Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 31, 88-93. <http://hdl.handle.net/10459.1/59188>
- Mujica, F., & Jiménez, A. C. (2020). Percepción emocional del alumnado de 3o de ESO ante las prácticas de la unidad didáctica de baloncesto en Educación Física. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 429, 47-60.
- Mujica, F., Orellana, N., Aránguiz, H., & González, H. (2016). Atribución emocional de escolares de sexto año básico en la asignatura de Educación Física y Salud. *Educación Física y Ciencia*, 18(2), 1-6.
- Muñoz-Arroyave, V., Lavega-Burgués, P., Costes, A., Damian, S., & Serna, J. (2020). Los juegos motores como recurso pedagógico para favorecer la afectividad desde la educación física. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 38, 166-172. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76556>
- Niubò-Solé, J., Lavega-Burgués, P., & Sáenz-López, P. (2022). Emotions According to Type of Motor Task, Sports and Gender Experience. *Apunts Educación Física y Deportes*, 148, 26-33. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/2\).148.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/2).148.04)

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol.*, 35, 227-232.
<https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000100037>
- Pérez-Muñoz, S., Rodríguez, A., Sánchez, A. & De Mena, J.M. (2021). Influencia emocional según el tipo de tarea motriz en alumnos universitarios. En O. Buzón & C. Romero. *Metodologías activas con TIC en la educación del siglo XXI*. Dykinson.
- Pérez-Muñoz, S., Rodríguez-Cayetano, A., Jiménez Vivas, A., De Mena, J. M., Alonso, G., & Sánchez-Muñoz, A. (2022). Comparación del estado de ánimo en estudiantes de Educación Física: efecto de dos modelos de enseñanza. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 11, 27.
<https://doi.org/10.6018/sportk.486481>
- Peris-Delcampo, D. (2021). Intervención psicológica en un jugador de pádel competitivo: un estudio de caso. *Revista de Psicología Aplicada al Deporte y al Ejercicio Físico*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.5093/rpadef2021a2>
- Pic, M., Lavega-Burgués, P., Muñoz-Arroyave, V., March-Llanes, J., & Echeverri-Ramos, J. A. (2019). Predictive variables of emotional intensity and motivational orientation in the sports initiation of basketball. *Cuadernos De Psicología Del Deporte*, 19(1), 241-251.
<https://doi.org/10.6018/cpd.343901>
- Ramos, C., & Carmely, A. (2019). *Influencia de la Motivación Deportiva sobre la ansiedad precompetitiva en Deportistas calificados de una Universidad Privada de Lima*. <https://doi.org/10.19083/tesis/654734>
- Prieto, G. & Delgado, A. R. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 67-74
- Rodríguez-Cayetano, A., Aliseda, V., Morales, P. T., & Pérez-Muñoz, S. (2023). ¿Por qué el pádel es tan popular?: análisis de los motivos de participación y nivel de satisfacción intrínseca. *Padel Scientific Journal*, 1(2), 137-156.
<https://doi.org/10.17398/2952-2218.1.137>
- Romero-Martín, M. R., Gelpi, P., Mateu, M., & Lavega, P. (2017). Influencia de las prácticas motrices sobre el estado emocional de estudiantes universitarios. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 17 (67) pp. 449-466.
- Sáenz-López, P. (2020). *Educar Emocionando. Propuesta para la (r) evolución en las aulas del siglo XXI*. Huelva: Servicio de publicaciones de la Universidad de Huelva.
- Salgado-López, J. I. (2020). *Contacto y emociones en la educación física y el deporte. Factores didácticos para optimizar un aprendizaje inclusivo*. Wanceulen.
- Tamminen, K.A., Gaudreau, P., McEwen, C.E. & Crocker, P.R.E. (2016). Interpersonal emotion regulation among adolescent athletes: A Bayesian multilevel model predicting sport enjoyment and commitment. *J. Sport Exerc. Psychol.*, 38, 541-555.



**EVALUACIÓN DE LAS MANIFESTACIONES ACTIVAS Y REACTIVAS DE LAS
EXTREMIDADES INFERIORES EN EL PÁDEL FEMENINO.
INFLUENCIA DEL LADO DE JUEGO**

**EVALUATION OF ACTIVE AND REACTIVE MANIFESTATIONS IN FEMALE
PADEL PLAYERS. INFLUENCE OF THE PLAYING SIDE**

MIGUEL ÁNGEL ORTEGA-ZAYAS

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Universidad de Zaragoza.

Orcid: 0000-0002-7540-5737

ALEJANDRO GARCÍA-GIMÉNEZ

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza.

Orcid: 0009-0002-1869-6854

ÓSCAR CASANOVA

Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza.

Orcid: 0000-0002-8263-3447

LORENA LATRE NAVARRO

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza.

Orcid: 0000-0003-3948-333X

FRANCISCO PRADAS

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza.

Orcid: 0000-0002-6829-0775

ALEJANDRO MORENO-AZZE

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza.

Orcid: 0000-0001-7652-2866

Autor de correspondencia: Francisco Pradas de la Fuente. Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Pabellón polideportivo río Isuela, Ronda de la Misericordia, 5, 22001, Huesca. España. franprad@unizar.es

Recibido: 27/12/2023

Aceptado: 12/01/2024

RESUMEN

Durante los últimos años el pádel ha sufrido un crecimiento exponencial en todos los ámbitos, como se puede apreciar al observarse el importante aumento en el número de licencias, la incorporación de nuevos circuitos profesionales y un incremento significativo de publicaciones científicas. Sin embargo, son aún escasos los estudios que profundicen en el análisis de las características condicionales de los jugadores de pádel atendiendo al lado de la pista en el que desarrollan su juego. Diversas investigaciones han evaluado la fuerza explosiva del tren inferior en los deportes de raqueta, pero en el pádel son muy escasas, limitadas y heterogéneas las evidencias existentes, en especial atendiendo al lado de juego, y en particular realizadas en la competición femenina. En este sentido, el objetivo de este estudio se centra en evaluar y analizar las manifestaciones de la fuerza activa y reactiva del tren inferior en el pádel femenino en función del lado de juego. Se utilizaron los test de salto desde sentadilla (SJ) y el contramovimiento (CMJ), para valorar las manifestaciones activas y reactivas de la fuerza de las extremidades inferiores, además de la potencia desarrollada. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en la altura de los saltos SJ y CMJ, ni tampoco en la potencia desarrollada. Sin embargo, se aprecia que todas las variables físicas analizadas son ligeramente superiores en aquellas jugadoras situadas en la zona izquierda de la pista. Las diferencias halladas en función del lado de juego podrían ser el resultado de adaptaciones musculares específicas de carácter crónico derivadas de un entrenamiento y competición altamente especializado. Los resultados obtenidos podrían sugerir la necesidad de planificar y desarrollar un entrenamiento diferenciado atendiendo al lado de juego en el que se compite en el deporte del pádel. Se hace necesario realizar nuevas investigaciones en donde se contrasten los resultados hallados en esta investigación.

Palabras clave: Deportes de raqueta, fuerza explosiva, fuerza elástico-explosiva, mujeres, test de Bosco.

ABSTRACT

Over the last years padel has experienced an exponential growth in all areas, as can be seen in the significant number of licences, the incorporation of new professional circuits and a significant increase in the number of scientific publications. However, there are still scarce research that analyse in depth the conditional characteristics of padel players according to the side of the court which they play on. Several studies have evaluated the explosive strength of the lower body in racket sports, but in padel the existing evidence is scarce, limited and heterogeneous, especially regarding the side of play, and particularly in women's competition. In this sense, the aim of this study is focused on evaluating and analysing the manifestations of active and

reactive strength of the lower body in women's padel according to the side of play. The squat jump test (SJ) and the countermovement test (CMJ) were used to assess the active and reactive manifestations of lower limb strength, in addition to the power performed. The results obtained showed no significant differences in the height of the SJ and CMJ jumps, neither in the power performed. However, it can be seen that all the physical variables analysed are slightly higher in those players located on the left side of the court. Depending on the side of play, the differences found could be the result of specific chronic muscular adaptations derived from highly specialized training and competition. The results obtained suggested the need to design and carry out differentiated trainings taking according to the side of the game in which the players compete in padel tennis. Further research is needed to contrast the results found in this investigation.

Keywords: Racket sports, explosive force, elastic-explosive force, women, Bosco test.

Introducción

El pádel es uno de los deportes de raqueta más populares que se practican en la actualidad (Zabala et al., 2016; Courel et al., 2017; Hernández-Beltrán et al., 2023). Su juego se desarrolla exclusivamente en la modalidad de pareja, ocupando cada jugador una zona determinada en un lado de la pista (derecha o izquierda). Esta particularidad despierta un gran interés por su práctica a personas de cualquier edad, género y nivel de condición física (Courel-Ibáñez y Llorca-Miralles, 2021; Pradas et al., 2020; Sánchez-Muñoz et al., 2020). Sin embargo, el pádel por lo que verdaderamente destaca es por su especial dinámica de juego, ya que es el único deporte de raqueta en el que se permite devolver la pelota de forma indirecta, utilizándose para ello determinadas zonas laterales y de fondo de la pista (Pradas et al., 2015).

A nivel condicional, las acciones de juego que se producen en el pádel generan un constante estado de tensión muscular del tren inferior, como consecuencia de los altos niveles de incertidumbre existentes en función de cada tipo de técnica efectuada por los adversarios, de los frecuentes cambios de dirección derivados de la velocidad a la que se traslada la pelota tras cada golpeo, y de la posible zona de impacto sobre la pista de juego, de manera similar a como sucede en otros deportes de raqueta (Cádiz-Gallardo et al., 2022;

Pradas et al., 2023). Sin duda alguna, el pádel se ha convertido en un deporte donde las manifestaciones de la fuerza explosiva y elástico-explosiva del tren inferior han cobrado una gran relevancia e importancia para alcanzar el éxito deportivo (Pradas et al., 2020; Pradas et al., 2021), como consecuencia de los diferentes movimientos realizados por las extremidades inferiores para conseguir una posición correcta y equilibrada que permita golpear la pelota con elevados niveles de eficacia.

En este sentido, las manifestaciones activas y reactivas de la fuerza de las extremidades inferiores son probablemente unos de los factores más importantes para determinar el éxito en muchos deportes y en particular en los deportes de raqueta (Fernández-Fernández et al., 2014; Fuchs et al., 2014; Pradas et al., 2013). Unos niveles óptimos de fuerza explosiva y elástico-explosiva se traducen en una mejor capacidad neuromuscular y de coordinación de la parte inferior del cuerpo, permitiendo a los jugadores reaccionar rápidamente ante elevados niveles de incertidumbre, mejorar la capacidad de anticipación, desarrollar un ritmo de juego más explosivo, así como realizar desplazamientos y gestos técnicos a gran velocidad (Escudero-Tena, 2020; Pradas et al., 2022; Pradas et al., 2023; Sánchez-Alcaraz et al., 2020; Sánchez-Alcaraz et al., 2023; Sánchez-Alcaraz, Ramón-Llin et al., 2023; Torres-Luque et al., 2015).

En el deporte del pádel, el desarrollo de este tipo de manifestaciones de la fuerza pueden contribuir a mejorar las prestaciones de los jugadores durante las diferentes acciones técnico-tácticas realizadas, especialmente en situaciones de ataque, de mantenimiento de la posición ofensiva en posiciones cercanas a la red, durante la realización de remates alejados de la red y en especial en aquellas ejecuciones técnicas en las que el salto se encuentre presente (Courel-Ibáñez et al., 2019; Pradas et al., 2016; García-Giménez et al., 2022; Pradas et al., 2021). La evaluación del comportamiento de la fuerza del tren inferior en su manifestación explosiva y elástico-explosiva en el deporte del pádel, es una valoración que resulta de gran interés y frecuentemente utilizada para analizar el rendimiento en una amplia gama de disciplinas deportivas, realizándose de manera habitual a través de la aplicación de los test de salto squat jump (SJ) y counter movement jump (CMJ) (Bosco, 2000).

Por otro lado, la exclusiva dinámica de juego del deporte del pádel, donde se permite que un jugador se sitúe durante todo un partido en una determinada zona de juego, ya sea en el lado izquierdo o derecho de la pista, ha demostrado diferencias técnico-tácticas entre ambos lados de juego, en particular en cuanto a los golpes efectuados y los desplazamientos realizados (Ampuero et al., 2023; Sánchez-Alcaraz et al., 2020; Sánchez-Alcaraz et al., 2023).

Estas diferencias de juego apuntan hacia la hipótesis de la existencia de jugadores muy expertos, con un elevado grado de especialización para desarrollar todas sus habilidades deportivas en una determinada zona de juego de la pista (Almonacid, 2012; Fuentes y Isabel, 2019; Ramón-Llin et al., 2020; Ramón-Llin et al., 2021).

Aunque en los últimos años ha habido un importante aumento en la investigación científica en torno al deporte del pádel. para comprender mejor sus características y exigencias, tanto para jugadores profesionales como no profesionales (García-Giménez et al., 2022), sigue existiendo una falta de información sobre las demandas físicas relacionadas con las manifestaciones de la fuerza del tren inferior en este deporte, en particular en la competición femenina y más específicamente en función del lado de juego. En este sentido, esta investigación pretende averiguar si existen diferencias en las manifestaciones de fuerza activa y reactiva de las extremidades inferiores en el pádel femenino de élite atendiendo al lado de juego de las jugadoras, planteándose como hipótesis de estudio que las jugadoras que desarrollan su juego en el lado izquierdo presentan mayores valores en las manifestaciones de la fuerza explosiva y elástico-explosiva al compararlas con las jugadoras del lado derecho de la pista de pádel.

Material y métodos

Diseño de investigación

El diseño utilizado fue no experimental, de tipo descriptivo y ex post facto. Las deportistas participantes en este estudio fueron reclutadas de forma no probabilística por conveniencia. El cálculo del tamaño muestral se realizó utilizando una prueba t por pares mediante el programa informático G*Power 3.1 (Universidad de Düsseldorf, Düsseldorf, Alemania), indicando que se necesitaban 44 participantes para que el estudio tuviera una potencia estadística de 0,90 con un nivel alfa de 0,05 y un tamaño del efecto de 0,5 (Cunningham y McCrum-Gardner, 2007), por lo que la muestra de jugadoras de pádel analizadas en esta investigación no se considera como representativa.

Se diseñaron dos protocolos de pruebas que se realizaron durante dos semanas en dos momentos no consecutivos. Las pruebas se realizaron de la siguiente manera: día uno a cinco, antropometría; día seis y siete, saltos con contramovimiento (CMJ) y desde la posición de sentadilla (SJ). Para garantizar la estandarización todas las pruebas se realizaron en el mismo orden, utilizando los mismos protocolos, dispositivos de medición y evaluadores. Todas

las mediciones y las sesiones de familiarización se efectuaron en laboratorio. Antes de las evaluaciones se realizó una rutina específica estandarizada de calentamiento activa, consistente en movimientos articulares, estiramientos dinámicos y ejercicios de saltos de bajo impacto e intensidad creciente. A todas las jugadoras se les exigió que evitaran la ingesta de cafeína, fármacos u otro tipo de sustancias estimulantes, que hubieran ingerido su última comida al menos 3 horas antes de la realización de la evaluación física, así como no haber realizado sesiones de trabajo físico de carácter intenso desde las 72 h previas a las mediciones.

Muestra

Un total de 16 jugadoras profesionales de pádel que competían de manera habitual en el circuito World Padel Tour (WPT), participaron de manera voluntaria en esta investigación. La muestra fue dividida de manera intencional en dos grupos de análisis en función de la zona de juego de la pista (lado izquierdo o derecho), en la que cada jugadora desarrollaba su juego. Una vez realizada la distribución, la muestra quedó conformada en 7 jugadoras diestras para el lado de juego derecho (edad $31,1 \pm 3,2$ años; experiencia $10,43 \pm 1,27$ años), y 9 jugadoras diestras para el lado de juego izquierdo (edad $29,2 \pm 4,8$ años; experiencia $11,63 \pm 4,84$ años).

Antes de comenzar la investigación las jugadoras fueron informadas sobre el objetivo del estudio y dieron su consentimiento informado. Esta investigación se llevó a cabo de acuerdo con las directrices éticas de la Declaración de Helsinki, actualizadas en la Asamblea Médica Mundial en Fortaleza (Brasil) en 2013 para investigaciones con seres humanos. La investigación fue aprobada por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEICA) del Departamento de Sanidad y Consumo del Gobierno de Aragón (número de referencia 21/2012).

Procedimiento y variables de estudio

1. Medidas antropométricas

Antes de realizarse el análisis de la fuerza explosiva y elástico-explosiva de las extremidades inferiores se evaluaron diferentes características antropométricas. Las mediciones realizadas fueron: altura (cm), peso (kg), seis pliegues cutáneos (abdominal, suprailíaco, subescapular, tricpital, muslo y pierna (mm)), cuatro perímetros (brazo relajado, brazo contraído y flexionado, muslo y pierna (cm)), y tres diámetros (bicondíleo femoral, biepicondíleo de húmero

y biestiloideo radioulnar (cm)). Todas las mediciones se realizaron por la mañana, bajo las mismas condiciones y por el mismo evaluador.

La altura se midió aproximando al 0,1 cm más cercano, utilizando un es-tadiómetro de pared (Seca 220, Hamburgo, Alemania). El peso corporal se midió aproximando al 0,01 kg más cercano en una báscula electrónica digital (Seca 769, Hamburgo, Alemania). Para la medición de los pliegues se utilizó un plicómetro (Holtain, Crymych, Reino Unido), con una precisión de $\pm 0,2$ mm. El porcentaje de grasa corporal fue calculado utilizando la fórmula de Withers et al (1987). Todas las mediciones se realizaron siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Cineantropometría (Stewart y Marfell-Jones 2011). El índice de masa corporal (IMC), fue calculado mediante la fórmula $[\text{masa (kg)} \times \text{altura (m)}]^2$. Los valores correspondientes a las medidas antropométricas de las jugadoras de pádel analizadas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Medidas antropométricas y zona de juego

	Zona de juego derecha	Zona de juego izquierda	p	d
Altura (cm)	166.30 \pm 4.49	166.61 \pm 5.61	.864	.07
Peso (kg)	60.89 \pm 3.84	60.29 \pm 4.62	.898	.14
IMC	22.01 \pm 1.02	21.70 \pm 1.09	.769	.29
Grasa (%)	18.40 \pm 7.13	20.56 \pm 3.81	.433	.38

d: tamaño del efecto de Cohen.

2. Test de saltos

Atendiendo a la terminología realizada por Vittori (1990), en esta investigación se evaluó el perfil de la manifestación activa y reactiva de la fuerza de las extremidades inferiores como variables de estudio. Los valores de las dos manifestaciones de la fuerza fueron determinados siguiendo los protocolos establecidos en el test de Bosco (Bosco, 2000), siguiendo las recomendaciones realizadas por Hughes et al. (2021), utilizando una plataforma de saltos (Newtest Powertimer 300-series, Newtest Oy, Tyrnävä, Finland).

2.1. Salto desde la posición de sentadilla (SJ)

La fuerza explosiva se analizó a través del salto SJ. Esta prueba resulta de interés porque proporciona el valor de la fuerza explosiva, la capacidad de sincronización y el reclutamiento instantáneo. El salto SJ vertical se realiza desde una posición estacionaria de semicuclillas (90°), en una plataforma de tiempo de contacto de acuerdo con el protocolo establecido. Durante la prueba un investigador confirmó el ángulo correcto de la rodilla (90°), mediante un goniómetro. Cada jugadora realizó tres intentos máximos intercalados con 45 s de recuperación pasiva. Se registró la altura máxima (cm) determinada por el tiempo de vuelo.

2.2. Salto con contramovimiento (CMJ)

La fuerza elástico-explosiva se obtuvo mediante el salto CMJ. Esta prueba indicaba la capacidad elástica. El salto CMJ vertical se realizó con dos piernas sin balanceo de brazos (es decir, con las manos fijadas en las caderas), en una plataforma de tiempo de contacto según al protocolo establecido. Cada jugadora realizó tres intentos máximos, intercalados con 45 s de recuperación pasiva, registrándose la altura máxima (cm) determinada por el tiempo de vuelo.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS 27 Statistics para Macintosh (Armonk, NY: IBM Corp.). Para el análisis de la normalidad se utilizó el test de Shapiro-Wilk. La homogeneidad de las varianzas se realizó mediante el test de Levene. Para determinar las diferencias entre los saltos se utilizó el test de la t de Student, considerándose un valor de $p \leq 0,05$ como estadísticamente significativo. El tamaño del efecto se calculó utilizando el valor d (Cohen, 2009), cuyos valores fueron $>0,2$ (pequeño), $>0,6$ (moderado), y $>1,2$ (grande) (Hopkins et al., 2009).

Resultados

Los valores obtenidos correspondientes a las manifestaciones de la fuerza explosiva y elástico-explosiva se presentan en la tabla 2. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los resultados de los saltos SJ y CMJ en función del lado de juego ($p > 0,05$) en ninguna de las variables analizadas.

Tabla 2. Valores de la fuerza explosiva y elástico-explosiva por zona de juego

	Zona de juego derecha	Zona de juego izquierda	p	d
SJ (cm)	20.66 ± 4.25	22.32 ± 5.13	.509	.39
SJ (W)	1957 ± 289.87	2031.25 ± 389.13	.686	.26
SJ (W/kg)	32.13 ± 4.37	33.59 ± 5.29	.573	.33
CMJ (cm)	24.03 ± 5.89	24.60 ± 5.33	.847	.10
CMJ (W)	2217.43 ± 323.95	2217.75 ± 360.24	.999	.00
CMJ (W/kg)	36.43 ± 4.98	36.71 ± 4.69	.912	.06

SJ: squat jump; CMJ: countermovement jump; *d*: tamaño del efecto de Cohen.

Discusión

El objetivo de esta investigación se ha centrado en analizar las manifestaciones de la fuerza activa y reactiva de las extremidades inferiores en el pádel femenino atendiendo al lado de juego. Como principal hallazgo en este estudio se observa que las jugadoras que desarrollan su juego en el lado izquierdo de la pista presentan mayores valores, aunque no significativos, en todas las variables analizadas. Las evidencias halladas deben tratarse con cierta cautela, aunque pueden considerarse como pioneras, ya que al revisar la literatura existente se pone de manifiesto que en este deporte las publicaciones científicas en donde se analicen los aspectos condicionales en función del lado de juego son prácticamente inexistentes (Cádiz et al., 2023; García-Giménez et al., 2022; García-Giménez et al., 2023; Pradas et al., 2021).

El estudio de la fuerza explosiva y elástico-explosiva de las extremidades inferiores evaluado a través de la valoración de la altura de los saltos CMJ y SJ, ha despertado desde siempre un gran interés por su relevancia sobre el rendimiento en los deportes de raqueta (Abian-Vicen et al., 2014; Amatori et al., 2020; Pradas et al., 2022). En el pádel existen algunas investigaciones en donde se analiza la fuerza explosiva considerándose este parámetro físico como un indicador de rendimiento específico (Castellar et al., 2015; Castellar et al., 2017; Pradas et al., 2021; Zabala et al., 2016), aunque también ha sido

utilizado como método de control de la fatiga neuromuscular (Pradas et al., 2021), obteniéndose en ambos casos valores muy similares a los registrados en este estudio. Sin embargo, no se han encontrado en el deporte del pádel investigaciones en donde se relacione la fuerza explosiva y elástico-explosiva del tren inferior con el lado de juego.

Al comparar los resultados obtenidos en esta investigación con otros deportes de raqueta, se puede apreciar que son similares a los registrados en el tenis (CMJ: entre $24,05 \pm 3,31$ cm y $21,48 \pm 3,82$ cm) (Pardos-Mainer et al., 2017), pero inferiores a los del tenis de mesa (SJ: $23,67 \pm 5,00$ cm; CMJ: $27,17 \pm 6,13$ cm) (Pradas et al., 2022), squash (SJ: $32,6 \pm 3,7$ cm; CMJ: $36,7 \pm 5$ cm) y bádminton (Abián-Vicén et al., 2012). Estas diferencias se relacionan con el tipo de movimientos necesarios en el pádel, donde se demanda una menor intensidad y explosividad de los esfuerzos, una dinámica de juego predominantemente aeróbica, así como un escaso desarrollo de acciones que involucren saltos (Courel-Ibáñez y Llorca-Miralles, 2021; Pradas et al., 2021).

En este estudio se aprecia un ligero mejor rendimiento cuantitativo en los test de salto CMJ y SJ de las jugadoras situadas en la zona de juego izquierda de la pista. Estas diferencias en los valores de las manifestaciones explosivas y elástico-explosivas de la fuerza en función de la zona de juego, pueden estar relacionadas con la ejecución en el lado izquierdo de la pista de una mayor cantidad de golpes por partido (Ramón-Llin et al., 2020; Ramón-Llin et al., 2021), y por punto (Sánchez-Alcaraz, 2014). Este importante incremento en la exigencia de juego implica también un considerable aumento del número de desplazamientos, que además deben realizarse a una mayor aceleración y velocidad que en la zona de juego derecha de la pista, al ocupar las jugadoras situadas en el lado izquierdo más espacio de juego con su lado dominante (Ramón-Llin et al., 2021; Sánchez-Alcaraz et al., 2018).

Las diferencias en las manifestaciones de la fuerza apreciadas entre las jugadoras en función del lado de juego de la pista, pueden implicar una mayor exigencia y mejor rendimiento condicional de las jugadoras que desarrollan su juego en el lado izquierdo, ya que parece ser que este lado demanda una mayor velocidad, explosividad y potencia en sus acciones (Ramón-Llin et al., 2020; Carrasco et al., 2011). A pesar que las jugadoras muestran resultados superiores en las variables mencionadas anteriormente, no se pueden observar diferencias significativas en comparación con las jugadoras que juegan en el lado derecho. Estos resultados se encuentran en concordancia con otros estudios en donde se ha analizado la influencia del lado de juego en biomarcadores hematológicos y urinarios después de un partido de pádel

(García-Giménez et al., 2023), sin evidenciar diferencias significativas a pesar de obtener mejores resultados los jugadores situados en el lado izquierdo de la pista. La conexión entre biomarcadores y pruebas condicionales sugiere que las jugadoras situadas en la zona izquierda de la pista de juego deben contar con una capacidad de resistencia óptima que les permita afrontar un número mayor de esfuerzos repetidos, con las características de exigencia física que esto implica tanto a nivel neuromuscular como coordinativo.

En último lugar, las diferencias en las características de juego entre el lado izquierdo y derecho de la pista pueden tener una relación directa con el biotipo. Las jugadoras del lado izquierdo presentan un menor porcentaje de grasa (% grasa $20,5 \pm 3,8$) en comparación con las jugadoras que se sitúan en la zona de juego derecha (% grasa $21,2 \pm 1,6$). Estos resultados pueden ser consecuencia de una especialización derivada de las demandas propias de este lado de juego, lo que indica la existencia de características físicas diferentes para cada lado de juego. Estos datos concuerdan con estudios previos que sugieren que el exceso de grasa corporal en jugadores de alto nivel puede aumentar el gasto de energía durante una competición, generando un impacto negativo en el rendimiento físico (Chin et al., 1995), por lo que la exigencia física sería superior en aquellas jugadoras que desarrollan su juego en el lado izquierdo de la pista de pádel.

La investigación presentada no está exenta de limitaciones que deben ser consideradas en futuros estudios. En primer lugar, la falta de representatividad de la muestra analizada al ser muy reducido el número de jugadoras participantes, resulta determinante para que los resultados hallados tengan que ser considerados con cierta reserva y contrastados con nuevos estudios. En segundo lugar, sería interesante analizar las diferencias entre jugadoras en distintos vectores de fuerza del salto, tanto horizontales como verticales, atendiendo al lado de juego. Por otro lado, se sugiere profundizar más en futuras investigaciones en los aspectos físicos analizados, ampliando considerablemente la muestra objeto de estudio y en especial analizando si las manifestaciones de la fuerza analizadas siguen la misma tendencia en ambos sexos. Por último, sería de gran interés comprobar si existen diferencias de la fuerza explosiva y elástico-explosiva en función del lado de juego en distintas categorías de edades, además de ampliar la muestra a grupos de jugadores que presenten una lateralidad zurda.

Conclusiones

No fueron evidentes las diferencias encontradas en las manifestaciones de fuerza de las extremidades inferiores por lado de juego. Sin embargo, las jugadoras que desarrollan su juego en la zona izquierda de la pista muestran mejores valores en todas las manifestaciones de la fuerza activa y reactiva analizadas. Las diferencias halladas en función del lado de juego podrían ser el resultado de adaptaciones musculares específicas de carácter crónico derivadas de un entrenamiento y competición altamente especializado. Los resultados obtenidos podrían sugerir la necesidad de planificar y desarrollar un entrenamiento diferenciado atendiendo al lado de juego en el que se compite en el deporte del pádel. Se hace necesario realizar nuevas investigaciones en donde se contrasten los resultados hallados en esta investigación.

Agradecimientos

A todas las jugadoras participantes en la investigación que han colaborado de manera voluntaria y desinteresada. Al equipo médico del Centro de Medicina del Deporte del Gobierno de Aragón por su inestimable ayuda.

Financiación

Esta investigación fue subvencionada mediante una ayuda a proyectos de investigación recibida por el Instituto de Estudios Altoaragoneses de la Diputación Provincial de Huesca (85/2012), y mediante fondos públicos recibidos de la Dirección General de Investigación e Innovación del Gobierno de Aragón al grupo de investigación de referencia S53_23R Entrenamiento, Actividad Física y Rendimiento Deportivo (ENFYRED).

Referencias Bibliográficas

- Abian-Vicen, J., Castanedo, A., Abian, P., Gonzalez-Millan, C., Salinero, J. J. y Coso, J. D. (2014). Influence of Successive Badminton Matches on Muscle Strength, Power, and Body-Fluid Balance in Elite Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 689-694. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0269>
- Abián-Vicén, J., Del Coso, J., González-Millán, C., Salinero, J.J. y Abián, P. (2012). Analysis of dehydration and strength in elite badminton players. *PLoS one*, 7(5), e37821. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037821>
- Almonacid, B. (2012). *Perfil de juego en pádel de alto nivel*. Universidad de Jaén, Servicio de Publicaciones.
- Amatori, S., Gobbi, E., Moriondo, G., Gervasi, M., Sisti, D., Rocchi, M.B.L. y

- Perroni, F. (2020). Effects of a Tennis Match on Perceived Fatigue, Jump and Sprint Performances on Recreational Players. *The Open Sports Sciences Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.2174/1875399X02013010054>
- Ampuero, R., Mellado-Arbelo, O., Fuentes-García, J.P. y Baiget, E. (2023). Game sides technical-tactical differences between professional male padel players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 0(0), <https://doi.org/10.1177/17479541231218379>
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: Aspectos metodológicos*. INDE Publicaciones.
- Cádiz, M.P., Pradas, F., Moreno-Azze, A. y Carrasco, L. (2023). Physiological demands of racket sports: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 30(14), 1149295 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1149295>
- Carrasco, L., Romero, S., Sañudo, B. y De Hoyo, M. (2011). Game analysis and energy requirements of paddle tennis competition. *Science & Sports*, 26(6), 338-344. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2010.12.016>
- Castellar, C., Pradas, F., Quintas, A., Arraco, S. y Blas, J. (2015). Perfil condicional de jugadoras de pádel de élite *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(4), 185. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.004>
- Castellar, C., Pradas, F., Quintas, A., Arraco, S. y Otín, D. (2017). Perfil condicional de jugadores jóvenes de pádel. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 10(3), 159-160. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.06.005>
- Chin, M.K., Steininger, K., So, R.C., Clark, C.R. y Wong, A.S. (1995). Physiological profiles and sport specific fitness of Asian elite squash players. *British Journal of Sports Medicine*, 29(3), 158-164. <https://doi.org/10.1136/bjism.29.3.158>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). *Routledge*. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Courel-Ibáñez, J. y Llorca-Miralles, J. (2021). Physical Fitness in Young Padel Players: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2658. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052658>
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B.J. y Muñoz, D. (2019). Exploring Game Dynamics in Padel: Implications for Assessment and Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 33(7), 1971-1977. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002126>
- Cunningham, J.B. y Gardner, E. (2007). Power, effect and sample size using GPower: practical issues for researchers and members of research ethics committees. *Evidence Based Midwifery*, 5, 132-136.
- Escudero-Tena, A., Fernández-Cortes, J., García-Rubio, J. y Ibáñez, S.J. (2020). Use and Efficacy of the Lob to Achieve the Offensive Position in Women's Professional Padel. Analysis of the 2018 WPT Finals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11):4061.

- <https://doi.org/10.3390/ijerph17114061>
- Fernández de Osso, A. I. (2019). Diseño de una herramienta de análisis de indicadores de rendimiento técnico-táctico en pádel: Análisis y comparación en diferentes niveles de juego y sexo [Tesis de Doctorado, Universidad Pablo de Olavide]. <http://hdl.handle.net/10433/7028>
- Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A. y Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: how valuable is it?. *British journal of sports medicine*, 48(Suppl 1), i22–i31. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093152>
- Fuchs, M., Faude, O., Wegmann, M. y Meyer, T. (2014). Critical Evaluation of a Badminton-Specific Endurance Test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 249-255. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2012-0387>
- García-Giménez, A., Pradas, F., Castellar, C. y Carrasco, L. (2022). Performance Outcome Measures in Padel: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4395. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074395>
- García-Giménez, A., Pradas, F., Toro-Román, V. y Castellar-Otín, C. (2023). Influence of game side court on haematological and urinary biomarkers in professional padel players. *Padel Scientific Journal*, 1(2), 173-190. <https://doi.org/10.17398/2952-2218.1.173>
- Hernández-Beltrán, Víctor, Gamonales, J. M., Espada, M. C. y Escudero-Tena, A. (2023). Análisis de la evolución del número de licencias federativas en España (2009-2021). *Cultura, Ciencia y Deporte*, 18(57), 173-196. <https://doi.org/10.12800/ccd.v18i57.2041>
- Hopkins, W.G., Marshall, S.W., Batterham, A.M. y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hughes, S., Warmenhoven, J., Haff, G.G., Chapman, D.W. y Nimphius, S. (2021). Countermovement Jump and Squat Jump Force-Time Curve Analysis in Control and Fatigue Conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(10), 2752-2761, <https://doi.org/10.1519%2FJSC.0000000000003955>
- Pardos-Mainer, E., Ustero-Perez, O. y Gonzalo-Skok, O. (2017). Effects of upper and lower body plyometric training on physical performance in young tennis players. *Ricyde-Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 13(49), 225-243. <https://doi.org/10.5232/ricyde2017.04903>
- Pradas, F., Cachón, J., Otín, D., Quintas, A., Arraco, S.I. y Castellar, C. (2015). Análisis antropométrico, fisiológico y temporal en jugadoras de pádel de elite. *Retos*, 25, 107-112. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i25.34491>
- Pradas, F., Castellar, C. y Ochiana, N. (2013). Analysis of explosive and elastic-explosive strength of lower limbs in spanish young top-level table tennis players. *Gymnasium*, 14(1).

- Pradas, F., Castellar, C., Quintas, A. y Arracó, S.I. (2016). Análisis de la condición física de jugadores de pádel de élite. En J. Courel, B.J. Sánchez-Alcaraz y J. Cañas (Eds.). *Innovación e investigación en Pádel* (pp. 79-95). Wanceulen.
- Pradas, F., García-Giménez, A., Toro-Román, V., Sánchez-Alcaraz, B. J., Ochiana, N. y Castellar, C. (2020). Effect of a Padel Match on Biochemical and Haematological Parameters in Professional Players with Regard to Gender-Related Differences. *Sustainability*, *12*(20), <https://doi.org/10.3390/su12208633>
- Pradas, F., Sánchez-Pay, A., Muñoz, D. y Sánchez-Alcaraz, B.J. (2021). Gender Differences in Physical Fitness Characteristics in Professional Padel Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(11), 5967. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115967>
- Pradas, F., Toro-Román, V., Ortega-Zayas, M.Á., Montoya-Suárez, D.M., Sánchez-Alcaraz, B.J. y Muñoz, D. (2022). Physical Fitness and Upper Limb Asymmetry in Young Padel Players: Differences between Genders and Categories. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(11), 6461. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116461>
- Pradas, F., Toro-Román, V., de la Torre, A., Moreno-Azze, A., Gutiérrez-Betancur, J. F. y Ortega-Zayas, M. Á. (2022). Analysis of Specific Physical Fitness in High-Level Table Tennis Players-Sex Differences. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(9), <https://doi.org/10.3390/ijerph19095119>
- Ramón-Llín, J., Guzmán, J., Martínez-Gallego, R., Muñoz, D., Sánchez-Pay, A. y Sánchez-Alcaraz, B.J. (2020). Stroke Analysis in Padel According to Match Outcome and Game Side on Court. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph17217838>
- Ramón-Llín, J., Sánchez-Alcaraz, B.J., Sánchez-Pay, A., Guzmán, J.F., Martínez-Gallego, R. y Muñoz, D. (2021). Influencia de la lateralidad y el lado de juego de los jugadores de pádel de alto nivel en parámetros técnico-tácticos. *Cultura, Ciencia y Deporte*, *16*(48). <https://doi.org/10.12800/ccd.v16i48.1751>
- Sánchez-Alcaraz, B. J. (2014). Análisis de la Exigencia Competitiva del Pádel en Jóvenes Jugadores. *Revista Kronos*, *13*(1), 1-6.
- Sánchez-Alcaraz, B.J., Courel-Ibáñez, J. y Cañas, J. (2018). Estructura temporal, movimientos en pista y acciones de juego en pádel: revisión sistemática (Temporal structure, court movements and game actions in padel: a systematic review). *Retos*, *33*, 308–312. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i33.55025>
- Sánchez-Alcaraz, B.J., Perez-Puche, D.T., Pradas, F., Ramón-Llín, J., Sánchez-Pay, A. y Muñoz, D. (2020). Analysis of Performance Parameters of the Smash in Male and Female Professional Padel. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(19), 7027.

- <https://doi.org/10.3390/ijerph17197027>
- Sánchez-Alcaraz, B.J., Ramón-Llin, J., Moreno, R.G., Martínez-Gallego, R. y Sánchez-Pay, A. (2023). Análisis de la acción del globo en pádel masculino y femenino profesional: estudio piloto. (2022). *Padel Scientific Journal*, 1(1), 39-54. <https://doi.org/10.17398/2952-2218.1.39>
- Sánchez-Muñoz, C., Muros, J.J., Cañas, J., Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B.J. y Zabala, M. (2020). Anthropometric and Physical Fitness Profiles of World-Class Male Padel Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), 508. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020508>
- International Society for Advancement of Kinanthropometry Stewart, A. Marfell-Jones M., Olds T. y De Ridder, H. (2011). International standards for anthropometric assessment (Third). International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Toro, V., Siquier, J., Bartolomé, I., Grijota, F.J., Muñoz D. y Maynar-Mariño, M. (2020). Valoración de la composición corporal, práctica físico-deportiva y alimentación en estudiantes de secundaria. *Ágora Para La Educación Física y El Deporte*, 22, 43-63. <https://doi.org/10.24197/aeafd.0.2020.43-63>
- Torres-Luque, G., Ramirez, A., Cabello-Manrique, D., Nikolaidis, T.P. y Alvero-Cruz, J.R. (2015) Match analysis of elite players during paddle tennis competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 1135-1144, <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868857>
- Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *RED: Revista de entrenamiento deportivo*, 4(3), 2-8.
- Withers, R.T., Craig, N.P., Bourdon, P.C. y Norton, K.I. (1987). Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(2), 191–200. <https://doi.org/10.1007/BF00640643>
- Zabala-Lili, J., Gil, S., Badiola, A., Bidaurrazaga-Letona, I., Vargas, A. y Granados, C. (2016). Características físicas y antropométricas, y análisis de juego en jugadores de pádel de elite. *Búsqueda*, 3(16), 33-40. <https://doi.org/10.21892/01239813.164>



UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO NEUROMUSCULAR MEJORÓ HABILIDADES ESPECÍFICAS EN JÓVENES TENISTAS DE COMPETICIÓN

A 10-WEEK NEUROMUSCULAR PROGRAM IMPROVED SPECIFIC SKILLS IN YOUNG COMPETITIVE TENNIS PLAYERS

NAGORE MORENO-APELLÁNIZ
Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad San Jorge.
Orcid: 0009-0007-7208-9461

OSCAR VILLANUEVA-GUERRERO
Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad San Jorge.
Orcid: 0000-0001-7952-5798

MARINA MEJÍAS-MARTÍNEZ
Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad San Jorge.
Orcid: 0000-0002-7015-8343

ALEJANDRA GUTIÉRREZ-LOGROÑO
Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad San Jorge.
Orcid: 0009-0005-4111-0569

HÉCTOR GADEA-URIBARRI
Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad San Jorge.
Orcid: 0000-0002-3808-185X

ELENA MAINER-PARDOS
Facultad de Ciencias de la Salud.
Universidad San Jorge.
Orcid: 0000-0003-2947-9564

Autor de correspondencia: Nagore Moreno-Apellániz. Universidad San Jorge, Autov A23 km 299, Villanueva de Gállego, 50830 Zaragoza, España. namoreno125@gmail.com

Recibido: 06/09/2023

Aceptado: 16/12/2023

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comprobar la eficacia de un entrenamiento neuromuscular en el rendimiento de jóvenes tenistas. Once jóvenes tenistas (4 chicas, 7 chicos, edad; $13.36 \pm .5$; peso 46.54 ± 7.97 ; altura 160.45 ± 8.38 ; pico de velocidad de crecimiento (PHV) $12.90 \pm .51$) participaron y fueron distribuidos aleatoriamente en grupo experimental (GE), donde realizaron un entrenamiento neuromuscular durante 10 semanas, con dos sesiones semanales, y grupo control (GC), el cual siguió solo su entrenamiento habitual de tenis sin preparación física. El rendimiento se midió por medio de las variables de: salto con contramovimiento bilateral y unilateral, salto con caída de 30cm bilateral y unilateral, salto horizontal bilateral y unilateral, el test 505 modificado (CD) realizando el CD con la pierna dominante y no dominante, sprint de 20m, lanzamiento de balón medicinal de 3kg (BM) por encima de la cabeza y la prueba "Course- Navette". Se determinó el impacto del entrenamiento por medio del tamaño del efecto (TE). Los resultados mostraron que el GE mejoró sustancialmente en todas las variables mientras que el GC no (TE: $.38-2.32$), por lo que la implantación de un programa de entrenamiento neuromuscular parece ser un método eficaz para la mejora del rendimiento en jóvenes tenistas de competición, mejorando sus atributos físicos tanto en tren inferior como superior.

Palabras clave: Entrenamiento neuromuscular; rendimiento deportivo; adolescente; tenis.

ABSTRACT

The aim of this study was to test the efficacy of neuromuscular training on the performance of young tennis players. Eleven young tennis players (4 girls, 7 boys; age: $13.36 \pm .5$; weight: 46.54 ± 7.97 ; height: 160.45 ± 8.38 ; APHV $12.90 \pm .51$) participated and were randomly assigned to an experimental group (EG), which underwent neuromuscular training twice a week for 10 weeks, or a control group (CG), which followed only their regular tennis training without physical preparation. Performance was measured by variables such as bilateral and unilateral countermovement jump (CMJ), 30cm drop jump (DJ) bilateral and unilateral, bilateral and unilateral horizontal jump (SH), modified 505 agility test (CD) performed with both right and left legs, 20-meter sprint (20m), 3kg medicine ball throw (BM) overhead, and the Course- Navette test (CN). The impact of the training was determined by effect size. The results showed that the EG significantly improved in all variables while the CG did not, indicating that implementing a neuromuscular training program may be an effective method for improving the performance of young competitive tennis players, enhancing their physical attributes in both lower and upper body.

Keywords: Neuromuscular training; sport performance; young; tennis.

Introducción

El tenis ha evolucionado a uno de los deportes más exigentes en cuanto a condición física. No solo es requerido un gran nivel técnico, sino que además se demandan otros componentes físicos como la fuerza, potencia, resistencia, velocidad, agilidad y capacidad de sprint repetido (Fernandez-Fernandez et al., 2015) además de las vías metabólicas aeróbicas y anaeróbicas (Genevois, 2019).

La duración media de los puntos oscila entre los 4-10s, con 10-20s de recuperación y 60-90s en determinados momentos del partido (Genevois, 2019). A esto se le suma una media de 3-4 cambios de dirección y sprints de entre 8-15m (Fernandez-Fernandez et al., 2009). Estos datos se deberán tener en consideración previamente al diseño de programas de entrenamiento para los tenistas, los requerimientos físicos y fisiológicos de los jugadores, pudiendo variar con relación al nivel, estilo de juego, sexo o la superficie donde se juega (Fernandez-Fernandez et al., 2009)

Según la literatura científica, el entrenamiento de fuerza podrá mejorar la fuerza máxima, así como reducir el porcentaje de lesiones y acelerar el proceso de recuperación (Fernandez-Fernandez et al., 2014). La capacidad para desarrollar la máxima fuerza muscular en el menor tiempo posible se denomina fuerza explosiva, la cual está condicionada por la edad, el nivel de entrenamiento deportivo, el volumen e intensidad del entrenamiento, y la naturaleza del estímulo del entrenamiento (Song & Hori, 2020).

El entrenamiento pliométrico parece dar resultados positivos en cuanto a las habilidades físicas de los jóvenes tenistas (fuerza explosiva y potencia muscular) (Mainer Pardos et al., 2017). Este entrenamiento consiste en el estiramiento a la máxima velocidad de un músculo (contracción excéntrica) seguida de un acortamiento de este (contracción concéntrica) (Chu, 1998; Novak et al., 2023). En un estudio llevado a cabo en 21 jóvenes tenistas (11 chicos y 10 chicas), los deportistas, mejoraron las variables de sprint 20m, sprint + cambio de dirección (CD), countermovement jump (CMJ), test de lanzamiento de balón medicinal y test de salto horizontal tras un programa de intervención (Mainer Pardos et al., 2017). En este otro artículo, que también propone la pliometría como método de entrenamiento, los deportistas (60 chicos de entre 12 y 13 años) mejoraron después de 8 semanas en test de saltos, velocidad de saque y lanzamiento entre otras variables (Fernandez-Fernandez et al., 2016). Parece ser, que el entrenamiento pliométrico es una herramienta totalmente válida para incrementar el rendimiento físico en tenistas.

Por otra parte, el entrenamiento de las capacidades aeróbicas también será determinante para retrasar la aparición de fatiga durante los partidos y

disminuir el tiempo de recuperación entre partidos y torneos (2). En esta revisión se analizó que los valores de VO₂max estarían en >50ml/kg/min en hombres y >42ml/kg/min en mujeres (Genevois, 2019).

El entrenamiento neuromuscular ha sido estudiado recientemente por sus grandes beneficios en cuanto a rendimiento, prevención de lesiones y la ayuda que proporciona a la hora de desarrollar las deficiencias en las habilidades básicas (Quemba-Joya, 2023). En este estudio, donde participaron 31 chicas y 11 chicos jóvenes, se concluyó que esta metodología de entrenamiento tuvo mejoras significativas en la velocidad, agilidad y resistencia abdominal (Barber-Westin et al., 2015).

Uno de los factores de rendimiento en el tenis será la capacidad de resistencia que tenga el deportista para repetir acciones técnicas a lo largo del partido sin causar fatiga extrema, que pueda provocar mayor índice de errores no forzados o disminuir la capacidad de ejecutar golpes ganadores (Baiget et al., 2008; Losada et al., 2015). A su vez, se debe tener consciencia de que se trata de un deporte donde las lesiones crónicas por uso repetitivo y excesivo abarcan el 59.15% del total (Amer & Campos-Rius, 2020), por lo que fortalecer las estructuras de los deportistas será determinante para lograr el máximo tiempo libre de lesión. El tobillo, el hombro, la espalda y la rodilla son las regiones donde más índice de lesión presentan (Amer & Campos-Rius, 2020).

Tanto el entrenamiento bilateral como unilateral son opciones que se plantean a la hora de prescribir programas de entrenamiento de fuerza, aunque las acciones más importantes se realicen de manera unilateral (saltos, CD, sprint, etc.) (Gonzalo-Skok et al., 2017). Esto se ha tenido en cuenta para hacer la selección de ejercicios puesto que se ha optado por utilizar sobre todo movimientos unilaterales.

La práctica del tenis de competición demanda un alto nivel de rendimiento físico, técnico, táctico y psicológico. Por ello, es de gran importancia una formación adecuada para los jóvenes tenistas.

Aunque el tenis es uno de los deportes más practicados en el mundo, la investigación de distintos programas de entrenamientos en tenistas de competición es escasa, siendo un aspecto esencial para identificar y desarrollar los métodos más efectivos y seguros. Al tratarse de un deporte individual, cada entrenamiento debe adaptarse a las características de cada deportista, puesto que cada uno tendrá unas habilidades, fortalezas y limitaciones diferentes. El estudio de metodologías de entrenamiento permitirá a los preparadores físicos y entrenadores ampliar las posibilidades de elección a la hora de crear planificaciones.

Por ello, se ha pretendido realizar un análisis del entrenamiento neuromuscular debido a sus grandes beneficios, en los que se destaca el aumento del rendimiento deportivo y la posible prevención de lesiones (Quemba-Joya, 2023).

La programación ha sido diseñada con ejercicios específicos de fuerza, CD, sprint y pliometría, habilidades necesarias en el tenis, según la bibliografía científica estudiada, la hipótesis que se plantea en este estudio es que posteriormente a la realización del programa de entrenamiento, los deportistas mejoren significativamente la condición física y el rendimiento, en términos de fuerza y potencia muscular, velocidad de desplazamientos y agilidad.

El objetivo principal del estudio fue comprobar los efectos y la eficacia de un programa de entrenamiento neuromuscular en el rendimiento de jóvenes tenistas de competición. Para ello, se realizarán pruebas de valoración pre y post intervención y compararan para ver si existen cambios significativos.

Material y métodos

Participantes

Participaron voluntariamente 11 tenistas de categoría infantil (4 chicas y 7 chicos) con edades comprendidas entre 13 y 14 años (Tabla 1) (edad $13.36 \pm .5$; peso 46.54 ± 7.97 ; altura 160.45 ± 8.38 ; APHV $12.90 \pm .51$). Se diferenciaron dos grupos aleatoriamente: grupo control (GC = 6) y experimental (GE = 5) (Tabla 1). El grupo control solo realizó su entrenamiento de tenis de manera habitual, mientras que el experimental realizó durante diez semanas un programa de entrenamiento neuromuscular, con dos sesiones por semana de 30' de duración.

Para poder participar en el estudio, todos los participantes cumplieron los criterios de inclusión: Ser jugador de tenis y pertenecer a un grupo de competición; tener entre 13 y 14 años (categoría Infantil).

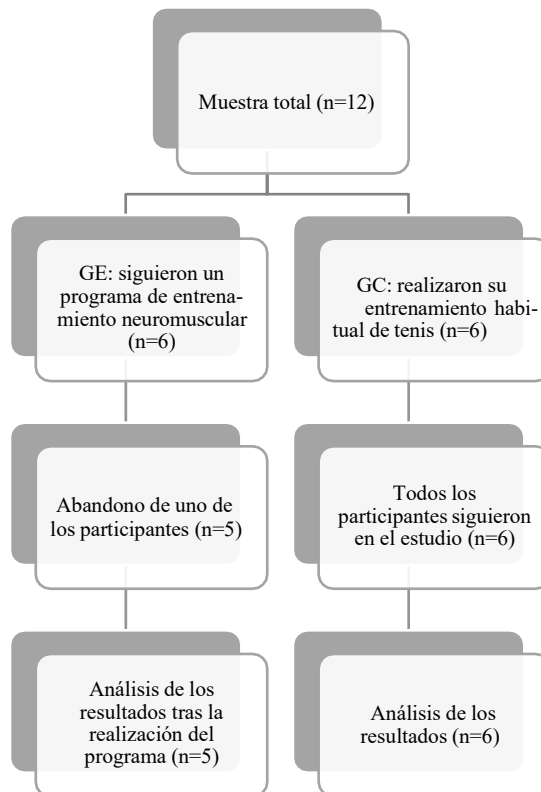
Por motivos de lesión, uno de los participantes que conformaba el grupo experimental tuvo que abandonar el estudio en la semana 8 (Figura 1).

Tanto los sujetos como sus padres/tutores legales fueron informados de los requisitos del estudio y sus objetivos, firmando el consentimiento para participar. Se hizo hincapié en que la realización de este programa conllevaba un esfuerzo y riesgos de posibles lesiones como su entrenamiento estándar. El estudio se desarrolló siguiendo los acuerdos éticos de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad San Jorge de Zaragoza Nº 46/2/22-23 (España).

Tabla 1. Datos descriptivos de los participantes. Media \pm DE

Variable	Sujetos (n)	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)
		Media \pm DE	Media \pm DE	Media \pm DE
Grupo experimental	5	13.2 \pm .45	159.6 \pm 9.24	46.78 \pm 9.00
Grupo control	6	13.5 \pm .55	161.17 \pm 8.42	46.33 \pm 7.89

DE: desviación estándar



GE: grupo experimental; GC: grupo control

Figura 1. Reclutamiento de la muestra, la asignación, el seguimiento y el análisis de los participantes por medio de un diagrama

Técnicas instrumentales

Las mediciones pre-intervención se llevaron a cabo tres días antes de comenzar con el entrenamiento. Previamente a la realización de los tests (3 días antes), hicieron una batería de todas las pruebas para familiarizarse con ellas. Cada deportista fue asignado con un orden específico y registrado por la investigadora principal. Los entrenamientos tuvieron lugar los martes y jueves de cada semana, en su horario habitual, con una duración de 30´ minutos cada uno. Las pruebas post-intervención se realizaron de la misma manera que las primeras: (a) CMJ bilateral/unilateral, (b) Dropjump bilateral/unilateral, (c) Salto horizontal bilateral/unilateral, (d) 505 modificado, (e) 20m sprint (f) lanzamiento de balón medicinal y (g) Course-Navette, con el mismo orden de cada sujeto. Todas las pruebas se realizaron dentro de una pista de tenis rápida (superficie de cemento). Los participantes utilizaron el calzado específico de tenis para este tipo de pistas.

Además, previamente a la realización tanto de las pruebas como de los entrenamientos se siguió un calentamiento de una duración de 8´, que incluía ejercicio aeróbico, movilización general y ejercicios balísticos.

Para la medición de las pruebas de salto, CD y sprint se utilizó la aplicación móvil "MyJumpLab" que cuenta con estudios que avalan su fiabilidad (Balsalobre-Fernández et al., 2015) (Balsalobre-Fernández et al., 2018).

Para llevar a cabo las mediciones de altura de pie y sentado se utilizó una cinta métrica estándar. Se siguió la metodología para tomar medidas antropométricas de este artículo científico (*Mediciones antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizada según parámetros internacionales*, s. f.). Para medir el peso de los participantes se utilizó la misma báscula (Xiaomi Mi Body Composition Scale), en las mismas condiciones (antes del entrenamiento).

Las pruebas y sus variables de estudio fueron las siguientes:

Test de salto horizontal bilateral (SH): esta prueba se realizó para observar la fuerza explosiva de las extremidades inferiores. Para medirlo, se utilizó una cinta métrica estándar (30m). Los sujetos partían de una posición vertical, con los pies situados justo detrás de la línea que marcaba el inicio de la cinta. Cuando la investigadora daba la señal, debían impulsarse y saltar la máxima distancia posible hacia delante. La caída debía ser controlada y se debía mantener el equilibrio durante 2/3s para registrar el valor. Cada deportista tuvo dos intentos con 60 segundos entre ellos. El valor más alto fue el utilizado para el análisis estadístico. Se realizó tanto bilateral como unilateral, primero con la pierna dominante (SHUD) y luego con la pierna no dominante (SHUI), permitiendo el balance de la pierna flexionada. En ambas pruebas

se permitió tanto el uso de brazos como el balanceo de una de las piernas.

Test de salto con contramovimiento bilateral (CMJ)/unilateral: esta prueba se utilizó para medir la fuerza explosiva en el tren inferior de los tenistas. Para obtener los valores, se utilizó la aplicación móvil “MyJumpLab”, donde a través de una grabación de vídeo, se sacó la altura de vuelo. Los deportistas debían partir de una posición de pie, con los brazos en la cadera. Cuando la investigadora daba la orden, debían realizar un movimiento descendente para colocarse en posición de sentadilla y seguidamente hacer un salto vertical. Durante el movimiento, las piernas debían permanecer estiradas. Se realizaron dos intentos con un descanso de 45s entre sí (Fernandez-Fernandez et al., 2016). Esta prueba se ejecutó tanto bilateral como unilateral, primero con la pierna dominante y después con la no dominante (CMJUD y CMJUI).

Test de salto con caída bilateral (DJ)/unilateral: esta prueba se utilizó para evaluar la fuerza explosiva en el tren inferior por su característica de la manifestación del “reflejo-elástico-explosiva” (*Valores del Test de Bosco en Función del Deporte*, s. f.). Para su medición se usó la aplicación móvil “MyJumpLab”. Los deportistas partían de un cajón con una altura de 30cm. Debían dejarse caer y al contactar con el suelo realizar un salto vertical máximo. Durante todo momento, los brazos debían permanecer en la cintura. Se realizaron dos intentos de salto con 45s de descanso. Esta prueba se hizo tanto bilateral como unilateralmente. En la variante unilateral, no se permitió el uso del balanceo de la otra pierna. El orden para ejecutarlo fue primero con la pierna derecha (DJUD) y luego con la izquierda (DJUI).

Test 505 modificado: esta prueba se hizo para analizar la capacidad de cambio de dirección y sprint de los deportistas. Para su medición, se utilizó la aplicación móvil “MyJumpLab”. El deportista debía situarse justo detrás de la línea que delimitaba la salida, recorrer 5m, cambiar de dirección (tanto con la pierna derecha (CDD) primero como con la izquierda (CDI) posteriormente) y volver a recorrer 5m hasta la línea final (Gonzalo-Skok et al., 2015). Se realizaron dos intentos con 3 minutos de descanso pasivo.

Al tratarse de la prueba modificada, no se recorrerán 10m de sprint antes de contabilizar el tiempo del cambio de dirección de 5m. Este test se eligió tras revisar un estudio donde se afirma su fiabilidad (Pardos-Mainer et al., 2019).

Test 20m sprint (20m): los deportistas realizaron un sprint de 20m a la máxima velocidad posible. Para la medición del test, se utilizó la aplicación móvil “MyJumpLab”, que mediante una grabación de vídeo registró el tiempo. Los tenistas se tuvieron que situar justo detrás de la línea de inicio y esperar a que la investigadora diera la orden. Se realizaron dos intentos con 3 minutos

de descanso pasivo.

Test de lanzamiento de balón medicinal (BM): se realizó siguiente el protocolo descrito por Ublicht y col. Los jugadores se colocaron detrás de una línea, con los pies ligeramente separados, mirando hacia adelante. El balón (de 3kg de peso) debía ser lanzado vigorosamente desde detrás de la cabeza hacia delante. Para la medición de la prueba, se utilizó una superficie donde la marca del balón quedaba impregnada en el terreno, para posteriormente con una cinta métrica determinar la distancia. Se realizaron dos intentos, con 60s de descanso (Ulbricht et al., 2013).

Test Course-Navette (CN): prueba que determina el consumo máximo de oxígeno de los participantes. Se eligió por su validez (Baiget et al., 2008) y facilidad para realizarla debido a que los deportistas estaban acostumbrados por años anteriores. Consiste en correr durante el máximo tiempo posible una distancia de 20m ida y 20m vuelta. Para ello, se utilizó un audio donde se emitieron unos sonidos, dando la señal para salir de nuevo. Los participantes tenían tres intentos para llegar a la línea marcada, si no, la investigadora eliminaba a los sujetos. Para la medición de la prueba, se tuvo en cuenta el último periodo que el tenista superó.

Por último, también se analizó la variable del pico de velocidad de crecimiento o pico máximo de crecimiento, que es un indicador que proporciona el momento cronológico del crecimiento máximo de un individuo durante su adolescencia (Mirwald et al., 2002). Esta variable puede afectar al rendimiento de las pruebas motoras puesto que los jugadores jóvenes pueden tener mayores ventajas sobre sus compañeros de la misma edad cronológica al tener mayor madurez (Sinkovic et al., 2023). Los niños en la prepubertad desarrollarán en mayor nivel capacidades como la velocidad, coordinación o potencia a excepción de la flexibilidad (Lloyd & Oliver, 2012). Para poder realizar las mediciones se siguió la fórmula de (Mirwald et al., 2002) la cual utiliza la edad cronológica, masa corporal, talla, talla sentado y longitud del miembro inferior. Se distingue entre chicos y chicas para calcularla.

Procedimiento e intervención

El programa de entrenamiento (Tabla 2) consistió en dos sesiones de 30' de duración por semana. Una de ellas fue orientada al desarrollo de la fuerza y otra hacia la agilidad (CD, sprint, saltos...). Se realizó una sobrecarga progresiva en cada uno de los ejercicios, por medio del incremento del peso, la intensidad o la duración de cada ejercicio dentro de la metodología de trabajo

(circuito). Las primeras semanas del estudio, el tiempo que se utilizó de trabajo y descanso fue de 30s/15s. A partir de la semana 3, el tiempo aumentó a 40s/20s. Durante la duración del proyecto el descanso entre series fue de 3' con 3 series totales. El número de ejercicios por sesión fue variable en función de la fatiga que generaba. Para la selección de ejercicios se hizo una revisión entre los siguientes artículos (Barber-Westin et al., 2010; Beato et al., 2022; Fernandez-Fernandez et al., 2015, 2016; Mainer Pardos et al., 2017; Roso-Moliner et al., 2022; Z.-H. Wang et al., 2022). Se intentó incluir aquellos que, o bien se repitieran de uno a otro, o hubieran tenido resultados positivos en cuanto a la mejora de la cualidad que trabajaran.

Tabla 2. Descripción del programa de entrenamiento neuromuscular

Semana	Series	Trabajo/ descanso (s)	Descanso (min)	Fuerza	Agilidad
1	3	30/15	3	Lanzamiento balón medicinal, zancadas, flexions, sentadilla, curl de bíceps, puente de glúteo, plancha en BOSU	Multisaltos, escalera de agilidad (distintas variantes), comba, Drop Jump, Countermovement Jump, salto horizontal unilateral, saltos con obstáculos
2	3	30/15	3	Press militar, elevaciones laterales, sentadilla búlgara, aperturas en TRX, sentadilla con salto, remo con goma elástica, peso muerto rumano, abdominales	5m sprint, lateral shuffle, lateral steps + 10m sprint, sprint resistido
3	4	40/20	3	Lanzamiento balón medicinal, thruster, around the body, remo unilateral con goma + zancada, press de pecho, giros rusos	Multijumps, unilateral Drop Jump, jump + 3m sprint, cone coordination, CD
4	4	40/20	3	Dumbbell row, triceps, dumbbell lateral raises, push-ups, abdominal exercises	Sprints resistidos, sprints
5	4	40/20	3	Lanzamiento balón medicinal, zancadas, flexions, sentadilla, curl de bíceps, puente de glúteo, plancha en BOSU	Multisaltos, escalera de agilidad, comba, Drop Jump, Countermovement Jump, saltos a una pierna, saltos de altura
6	4	40/20	3	Press militar, elevaciones laterales, sentadilla búlgara, aperturas en TRX, sentadilla con salto, remo	5m sprint, lateral shuffle, lateral steps + 10m sprint, resisted sprint

7	4	40/20	3	con goma elástica, peso muerto rumano, abdominales Lanzamiento balón medicinal, thruster, around the body, remo unilateral con goma + zancada, press de pecho, giros rusos	Multisaltos, Drop Jump unilateral, salto + 3m sprint, circuito coordinación, CD
8	4	40/20	3	Remo con mancuernas, triceps en polea, elevaciones laterales, flexiones, abdominales Sentadilla con salto, flexiones en BOSU, salto unilateral al cajón, abdominales, peso muerto con mancuernas, planchas, remo con mancuernas	Sprints resistidos, sprints
9	4	40/20	3	Lanzamientos, zancadas, flexiones, sentadillas, puente de glúteo, plancha en BOSU	Juegos coordinativos
10	4	40/20	3		20m sprint, 5, CD, circuito de agilidad (competición)

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar (DE) y fueron analizados por medio de la aplicación “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS Inc., USA). Se realizó una prueba estadística para comprobar la normalidad de todas las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($n < 50$). Las variables se analizaron mediante ANOVA de medidas repetidas 2 x 2. Posteriormente, todas las variables fueron analizadas con la prueba post hoc Bonferroni. El tamaño de efecto fue calculado mediante la g de Hedges con un 95% de intervalo de confianza, interpretándose de acuerdo con el siguiente criterio (Rhea, s. f.) trivial $< .35$, pequeño = $.35-.80$, moderado $> .80-1.50$, alto > 1.5 . El nivel de significación que se usó fue $p < .05$.

Resultados

Los cambios entre las medias (\pm DE) las pruebas pre-intervención y post-intervención se muestran en la tabla 3. En cuanto al GE, se puede observar que sus valores de cambio en todas las variables son significativamente mayores después de haber realizado el entrenamiento.

En cuanto al tamaño del efecto estudiado, se puede observar que las pruebas donde mayor cambio ha habido ($TE > 1.5$) son: CMJUD y CMJUI lo que significa que el entrenamiento llevado a cabo logra cambios sustanciales en ellas. Por otro lado,

existen variables con un tamaño de efecto pequeño ($>.35-.80<$) como son: CMJ, DJ, DJUD, DJUI, SH, SHUD, SHUI, CDI, 20m sprint, BM y CN.

En la cuarta columna se detalla el porcentaje de cambio que existe entre las pruebas de un mismo grupo entre las valoraciones pre y post.

Tabla 3. Cambios en las variables del grupo experimental y grupo control

Variable	Pre-test	Post-test	% Cambio	Significación	TE Intra-grupo	TE Inter-grupo
Test salto con contmovimiento CMJ (cm)						
Bilateral						
GE	26.24 ± 6.09	28.64 ± 5.41	9.15	.002*	.38	-.57
GC	26.62 ± 1.64	26.71 ± 1.61	.33	.003*	.05	
Unilateral derecha						
GE	9.22 ± .64	11.41 ± 1.41	23.75	.000*	1.8	-1.32
GC	11.33 ± 1.36	11.5 ± 1.24	1.545	.001*	.12	
Unilateral izquierda						
GE	9.96 ± .83	11.88 ± 0.66	19.28	.000*	2.32	-1.28
GC	10.93 ± 1.25	11.01 ± 1.38	.78	.000*	.06	
Test salto con caída DJ (cm)						
Bilateral						
GE	22.36 ± 3.18	24.59 ± 3.59	10	.002*	.59	-.60
GC	23.74 ± 3.11	24.11 ± 2.76	1.54	.013	.11	
Unilateral derecha						
GE	11.7 ± 2.09	13.26 ± 2.19	13.29	.002*	.65	-.55
GC	9.8 ± 2.2	9.96 ± 2.14	1.63	.007	.07	
Unilateral izquierda						
GE	11.69 ± 1.5	13.28 ± 2.16	13.60	.004*	.77	-.56
GC	9.53 ± 2.16	9.69 ± 2.07	1.66	.013	.07	
Test salto horizontal (cm)						

Bilateral						
GE	185.2 ± 19.4	199 ± 25.7	7.45	.003*	.54	-.40
GC	145.5 ± 14.6	148.5 ± 15	2.06	.027	.23	
Unilateral derecha						
GE	159.4 ± 14.1	170 ± 21.2	10.60	.007	.53	-.34
GC	118.8 ± 8.9	121.2 ± 8.1	2.333	.052	.26	
Unilateral izquierda						
GE	152.2 ± 10.1	167.8 ± 24	10.25	.064	.77	-.66
GC	124.7 ± 14.7	125.7 ± 14.1	.80	.096	.06	
505 modificado (s)						
Derecha						
GE	2.456 ± .104	2.384 ± .117	2.93	.001*	.60	-.03
GC	2.853 ± .328	2.768 ± .297	2.98	.676	.24	
Izquierda						
GE	2.598 ± .178	2.484 ± .184	4.39	.004*	.57	.22
GC	2.895 ± .324	2.833 ± .297	2.13	.280	.18	
Sprint 20m (s)						
GE	4.024 ± .074	3.882 ± .105	3.53	.009	1.41	.90
GC	3.903 ± .124	3.862 ± .091	1.07	.102	.34	
Test de lanzamiento balón medicinal (m)						
GE	5,99 ± 0,86	6.78 ± 1.47	13.4	.024	.60	-.48
GC	4,57 ± 1,09	4.67 ± 1.08	2.12	.063	.08	
Course-Navette (periodos)						
GE	10 ± 2.15	10.7± 1.79	7	.007	.39	-.07
GC	8.42 ± 2.13	8.75 ± 1.89	3.96	.245	.17	

GE: grupo experimental; GC: grupo control; * p < 0,05; TE: tamaño de efecto.

Discusión

Este estudio tuvo como objetivo principal observar los efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular de 10 semanas de duración en jóvenes tenistas de competición. Se esperaba que, tras la realización del entrenamiento, los sujetos del GE mejoraran su condición física específica con ejercicios muy similares al deporte. Los resultados de la investigación muestran que esta metodología de entrenamiento parece ser un estímulo óptimo para la mejora de los atributos físicos requeridos para los jugadores de tenis. El GE aumentó su rendimiento (en mayor o menor medida) en todas las variables de estudio. Por otro lado, el GC, a pesar de que no empeoró, tampoco mejoró significativamente, por lo que la implantación de sesiones específicas, a parte del habitual entrenamiento de tenis, estaría muy recomendado para aumentar el nivel físico de cada deportista.

Como se ha expuesto anteriormente, el tenis es un deporte que demanda de unas capacidades físicas muy concretas tales como la velocidad, agilidad, entendida como la habilidad de responder a un estímulo externo mientras se generan cambios de velocidad, CD o de patrón de movimiento (Escobar et al., 2020), potencia y capacidad aeróbica entre otras (Fernandez-Fernandez et al., 2009).

En investigaciones previas, se ha mostrado que el entrenamiento tanto de la fuerza (Barber-Westin et al., 2010; J. Wang & Li, 2023; Xiao et al., 2023), como de programa específicos de pliometría y agilidad (Calero Morales et al., 2016; Fernandez-Fernandez et al., 2015, 2016; Mainer Pardos et al., 2017; Pardos-Mainer et al., 2017) mejoraron los indicadores de rendimiento en tenistas (CMJ, lanzamiento de balón medicinal, CD o sprint entre otros) (Fernandez-Fernandez et al., 2014).

En cuanto a los cambios en el CMJ, GE (TE: -.57), la magnitud fue muy similar al observado con otros estudios anteriores donde también participaron jóvenes tenistas de 13 años (Fernandez-Fernandez et al., 2016; Mainer Pardos et al., 2017) (TE: .46) y (TE: .43) respectivamente. En las variantes unilaterales de CMJUD $p < .05$ (TE: -1.32) y CMJUI (TE: -1.28) es donde se observa que el entrenamiento ha tenido un efecto significativo en cuanto al rendimiento. En términos de porcentajes, se ha aumentado en un 23.75% y 19.28% respectivamente, lo que supone un gran éxito. No concuerda con los datos de otros estudios como por ejemplo el de Pardos-Mainer et al. (Mainer Pardos et al., 2017) donde su mejora fue de tamaño pequeño/medio (TE: .57 y .31). Esto puede deberse a la gran capacidad de adaptación de los deportistas con el movimiento, la óptima ejecución y a la adherencia a los entrenamientos. No

se observaron diferencias significativas en cuanto a posibles descompensaciones.

Por otro lado, el GC no aumentó significativamente sus resultados.

En estos dos estudios con intervención (Markovic & Mikulic, 2010) y (Novak et al., 2023), los autores concluyeron que el entrenamiento pliométrico produce mejoras en la potencia del tren inferior tanto en saltos verticales como en horizontales. Nuestro estudio, examinó la prueba de SH $p < .05$ (TE: -.40), SHD (TE: -.34) y SHI (TE: -.66) donde se puede observar una pequeña mejora de los participantes que realizaron el entrenamiento. ¡El GC, no consiguió aumentar su rendimiento. Se puede observar que existe una gran diferencia entre la mejora del CMJ y la del SH. Esto podría deberse al número de saltos verticales con respecto a los horizontales realizados en el entrenamiento.

En cuanto al DJ $p < .05$ (TE: -.60), DJD (TE: -.55) y DJI (TE: -.56), se ha observado como el GE ha mejorado en un 10%, 13.29% y 13.60% respectivamente. Por otro lado, el GC apenas mejoró sus valores. Según esta revisión sistemática y metaanálisis de Stojanovic et al. (Stojanović et al., 2017) el entrenamiento pliométrico es una forma efectiva de entrenamiento de los saltos (CMJ y DJ) en atletas femeninas. Además, señala que estos efectos son mayores en intervenciones de mayor duración (>10 semanas). En este estudio de Bishop et al. (Bishop et al., 2019) se concluyó que el DJ es un posible predictor de asimetrías en los miembros inferiores de los deportistas. Como se ha expuesto anteriormente, en nuestro programa de entrenamiento se ha apostado por ejercicios unilaterales, por lo que las mejoras en ambas piernas han sido muy similares, evitando así las posibles descompensaciones que pudiera generar un entrenamiento basado en ejercicios bilaterales. Según este artículo de He et al. (He et al., 2022) el entrenamiento del DJ puede repercutir positivamente en otros saltos como el CMJ, por lo que se explicaría la enorme mejora que tuvieron nuestros deportistas en esta prueba.

En este estudio de Zhi-Hai Wang et al. (Z.-H. Wang et al., 2022) se expone que el entrenamiento regular de tenis sumado al entrenamiento neuromuscular podría aumentar en gran medida la capacidad de CD y la velocidad de sprint. En una revisión sistemática Quemba-Joya (Quemba-Joya, 2023), detalla que esta metodología de entrenamiento mejoró los resultados post-intervención en variables como el salto, velocidad de desplazamiento, CD y fuerza. Las variables de CD y sprint han sido estudiadas y se observó que, en el 505D apenas se mejoró en la velocidad de ejecución, GE $p < .05$ (TE: -.03), pero, por el contrario, en la variante con la pierna izquierda sí 505I (TE: .22). Analizando

los resultados del TE junto a los valores de las pruebas pre y post, se podría explicar por qué ha habido una diferencia entre la pierna dominante y no dominante. La media de tiempo en el pre-test de la pierna derecha (dominante) fue de 2.46s, mientras que el tiempo de la pierna izquierda (no dominante) fue de 2.85s. La diferencia entre extremidades era muy grande antes del entrenamiento, por lo que este, lo único que provocó fue una similitud entre extremidades inferiores, reduciendo las asimetrías en la prueba de CD y adaptando a los tenistas al CD con la pierna no dominante.

El entrenamiento pliométrico se ha observado que aporta mejoras para la velocidad en jóvenes deportistas de entre 11 y 15 años en chicas y de 12 a 16 años en chicos (Rumpf et al., 2015). En este estudio donde se realizó un entrenamiento pliométrico y se trabajó el CD durante 6 semanas (Beato et al., 2018), los deportistas mejoraron su rendimiento en los sprints de 10, 30 y 40m. Este estudio de Fernández-Fernández (Fernandez-Fernandez et al., 2018) manifiesta que el entrenamiento neuromuscular antes del entrenamiento regular de tenis resulta eficaz para la mejora de la velocidad (TE: 1.08). Nuestros deportistas mejoraron notablemente en la prueba de 20m sprint GE (TE: .90) obteniendo un valor moderado del tamaño del efecto.

Terraza-Rebollo et al. sugiere que el entrenamiento de fuerza mediante el uso del balón medicinal obtuvo resultados positivos sobre la velocidad de golpeo (Terraza-Rebollo et al., 2017). En nuestra prueba de BM se hallaron mejoras en cuanto a distancia de lanzamiento del GE (TE: -.48). Esto podría repercutir en una mayor velocidad de saque, al tener un gesto bastante similar con la ejecución del lanzamiento.

Por último, en la prueba de CN apenas se obtuvo una pequeña mejora en el GE (TE: -.07). El entrenamiento que se siguió durante las diez semanas no fue enfocado al trabajo de la capacidad aeróbica, por lo que la pequeña mejora del GE se podría deber al propio entrenamiento de tenis.

La variable estudiada del pico máximo de crecimiento indica que, aunque los participantes del GE eran ligeramente mayores con respecto a los del grupo control, ambos experimentaron su madurez durante el proyecto, lo que podría haber ayudado a la mejora de las pruebas.

En muchos de los resultados post-intervención se puede observar cómo se ha producido la mejora de fuerza en la pierna izquierda. Esto puede deberse a la gran cantidad de ejercicios unilaterales que conformaban el programa de entrenamiento. El tenis es un deporte con un gran componente unilateral, por lo que trabajar de esta misma forma fuera de pista será de ayuda para poder asemejar los niveles de fuerza entre extremidades.

Finalmente, las limitaciones del estudio son las siguientes: en primer lugar, el tamaño de la muestra ($n=11$) fue escaso por las dificultades de encontrar sujetos con los requerimientos que se pedían (entrenar a tenis a nivel competitivo y tener entre 13 y 14 años). Además, la imposibilidad de realizar una prueba para medir la velocidad del saque no desveló si este entrenamiento mejoró también los propios golpes de tenis. Por último, hay que destacar que la mejora del GE con respecto al GC era de esperar, puesto que el programa realizado era muy específico a las pruebas y el GC tan solo continuó entrenando tenis.

Sería interesante realizar un seguimiento a largo plazo a los deportistas para evaluar la persistencia de los efectos de este programa de entrenamiento y comprobar que puede ser utilizado anualmente. Además, determinar cuáles han sido los factores de éxito en la mejora de los resultados (si algún ejercicio ha repercutido de manera extraordinaria, la frecuencia de entrenamiento o la intensidad) y conseguir la realización del mismo número de saltos laterales, verticales y horizontales, para que todas las pruebas tengan la misma carga de entrenamiento. Por último, se podría evaluar si este programa de entrenamiento tiene efectos similares en otros deportes que requieran habilidades motoras como el tenis (pádel, bádminton, frontón...).

Dado que el estudio se ha llevado a cabo con recursos materiales de muy bajo coste y se ha visto que cumple los objetivos de mejora del rendimiento, es sencillo de aplicar en cualquier contexto, por lo que se anima a la réplica del programa para mejorar la condición física de los deportistas desde los clubs deportivos y los profesionales del ejercicio (entrenadores y preparadores físicos).

Conclusiones

El presente estudio sugiere que este entrenamiento neuromuscular de 10 semanas de duración, con dos sesiones de 30' semanal llevado a cabo tiene resultados positivos en la mejora de la condición física en cuanto a la capacidad de salto vertical y horizontal, CD, velocidad y agilidad de jóvenes tenistas de competición. Los participantes del GE han desarrollado una mayor fuerza y potencia tanto en el tren inferior como en el tren superior. Además, los niveles de rendimiento en cuanto a las extremidades dominantes y no dominantes se han equilibrado, por lo que la implantación y réplica estaría recomendado.

Estos resultados otorgan información a los entrenadores para poder desarrollar nuevas planificaciones sabiendo de dónde partir para que sus jugadores incrementen su nivel de juego.

Se requieren de futuras investigaciones con muestras más grandes para confirmar los resultados preliminares hallados.

Referencias Bibliográficas

- Amer, O., & Campos-Rius, J. (2020). *Lesiones en el tenis júnior y universitario. Revisión bibliográfica y propuesta práctica de prevención*. 22, 267-295. <https://doi.org/10.24197/aefd.0.2020.267-295>
- Baiget, E., Iglesias, X., & Rodríguez, F. A. (2008). Prova de camp específica de valoració de la resistència en tennis: Resposta cardíaca i efectivitat tècnica en jugadors de competició. *Apunts. Educació física i esports*, 3(93), 19-28.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockett, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 64-70. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1280610>
- Barber-Westin, S., Hermeto, A., & Noyes, M. D., Frank. (2010). A Six-Week Neuromuscular Training Program for Competitive Junior Tennis Players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24, 2372-2382. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e8a47f>
- Barber-Westin, S., Hermeto, A., & Noyes, M. D., Frank. (2015). A six-week neuromuscular and performance training program improves speed, agility, dynamic balance, and core endurance in junior tennis players. *J Athl Enhancement*, 4.
- Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B. (2018). Effects of Plyometric and Directional Training on Speed and Jump Performance in Elite Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 289-296. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002371>
- Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B. (2022). A Single Session of Straight Line and Change-of-Direction Sprinting per Week Does Not Lead to Different Fitness Improvements in Elite Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(2), 518-524. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003369>
- Bishop, C., Turner, A., Maloney, S., Lake, J., Loturco, I., Bromley, T., & Read, P. (2019). Drop Jump Asymmetry is Associated with Reduced Sprint and Change-of-Direction Speed Performance in Adult Female Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(1), 29. <https://doi.org/10.3390/sports7010029>

- Calero Morales, S., Cevallos, E., & Benítez, E. (2016). Increase in the effectiveness of technical displacement in tennis players through specific coordination exercises. *Lecturas Educación Física y Deportes*, 21, 1-10.
- Chu, D. A. (1998). *Jumping Into Plyometrics*. Human Kinetics.
- Escobar, P., & González Emiliano A. (2020). *Agilidad y Deporte*. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE).
<https://g-se.com/agilidad-y-deporte-bp-05e4c0f89d91ac>
- Fernandez-Fernandez, J., Granacher, U., Sanz-Rivas, D., Sarabia Marín, J. M., Hernandez-Davo, J. L., & Moya, M. (2018). Sequencing Effects of Neuromuscular Training on Physical Fitness in Youth Elite Tennis Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(3), 849-856.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002319>
- Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., Kovacs, M. S., & Moya, M. (2015). In-Season Effect of a Combined Repeated Sprint and Explosive Strength Training Program on Elite Junior Tennis Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 351-357.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000759>
- Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., & Mendez-Villanueva, A. (2009). A Review of the Activity Profile and Physiological Demands of Tennis Match Play. *Strength & Conditioning Journal*, 31(4), 15.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181ada1cb>
- Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: How valuable is it? *British journal of sports medicine*, 48 Suppl 1, i22-i31. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093152>
- Fernandez-Fernandez, J., Villarreal, E. S. D., Sanz-Rivas, D., & Moya, M. (2016). The Effects of 8-Week Plyometric Training on Physical Performance in Young Tennis Players. *Pediatric Exercise Science*, 28(1), 77-86.
<https://doi.org/10.1123/pes.2015-0019>
- Genevois, C. (2019). The importance of aerobic fitness for tennis: A review (part 1). *ITF Coaching & Sport Science Review*, 27(79), 20-22.
<https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v27i79.79>
- Gonzalo-Skok, O., Serna, J., Rhea, M. R., & Marín, P. J. (2015). Relationships between functional movement tests and performance tests in young elite male basketball players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(5), 628-638.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Single-Leg Power Output and Between-Limbs Imbalances in Team-Sport Players: Unilateral Versus Bilateral Combined Resistance Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 106-114.
<https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0743>
- He, L., Li, Y.-G., Wu, C., Yao, S., Su, Y., Ma, G.-D., & Wang, I.-L. (2022). The Influence of Repeated Drop Jump Training on Countermovement Jump

- Performance. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2022, 9609588.
<https://doi.org/10.1155/2022/9609588>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The Youth Physical Development Model: A New Approach to Long-Term Athletic Development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- Losada, J. L., Casal, C. A., & Ardá, A. (2015). Cómo mejorar la efectividad en un jugador de tenis: Modelos de regresión log-lineales. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 63-70. <https://doi.org/10.4321/S1578-84232015000100006>
- Mainer Pardos, E., Ustero-Pérez, O., & Gonzalo-Skok, O. (2017). Efectos de un entrenamiento pliométrico en extremidades superiores e inferiores en el rendimiento físico en jóvenes tenistas. [Effects of upper and lower body plyometric training on physical performance in young tennis players]. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 13, 225-243.
<https://doi.org/10.5232/ricyde2017.04903>
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower-Extremity Plyometric Training. *Sports Medicine*, 40(10), 859-895. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>
- Mediciones antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizada según parámetros internacionales.* (s. f.). Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). Recuperado 28 de abril de 2023, de <https://g-se.com/mediciones-antropometricas-estandarizacion-de-las-tecnicas-de-medicion-actualizada-segun-parametros-internacionales-197-sa-n57cfb2711576d>
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Novak, D., Loncar, I., Sinkovic, F., Barbaros, P., & Milanovic, L. (2023). Effects of Plyometric Training with Resistance Bands on Neuromuscular Characteristics in Junior Tennis Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1085.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20021085>
- Pardos- Mainer, E., Casajús, J. A., & Gonzalo-Skok, O. (2019). Reliability and sensitivity of jumping, linear sprinting and change of direction ability tests in adolescent female football players. *Science and Medicine in Football*, 3(3), 183-190. <https://doi.org/10.1080/24733938.2018.1554257>
- Pardos-Mainer, E., Sagarra, L., Valarezo Mendoza, E. V., Sandoval Jaramillo, M. L., & Contreras Calle, T. (2017). Programas de entrenamiento para mejorar el rendimiento en jóvenes tenistas: Revisión sistemática. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(3), 0-0.
- Quemba-Joya, D. K. (2023). Entrenamiento neuromuscular integrativo como herramienta para optimizar el rendimiento deportivo en diferentes

- grupos etarios y niveles competitivos. Revisión de literatura. *Revista digital: Actividad Física y Deporte*, 9(1), Article 1.
<https://doi.org/10.31910/rdafd.v9.n1.2023.2261>
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Roso-Moliner, A., Mainer-Pardos, E., Arjol-Serrano, J. L., Cartón-Llorente, A., Nobari, H., & Lozano, D. (2022). Evaluation of 10-Week Neuromuscular Training Program on Body Composition of Elite Female Soccer Players. *Biology*, 11(7), 1062. <https://doi.org/10.3390/biology11071062>
- Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Mohamad, I. N., Mohamad, S., Oliver, J. L., & Hughes, M. G. (2015). The effect of resisted sprint training on maximum sprint kinetics and kinematics in youth. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 374-381. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.955125>
- Sinkovic, F., Novak, D., Foretic, N., & Zemková, E. (2023). The Effects of Biological Age on Speed-Explosive Properties in Young Tennis Players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(2), 48.
<https://doi.org/10.3390/jfmk8020048>
- Song, H., & Hori, Y. (2020). Evaluation of Lower Limb Neuromuscular System Observability and Estimability of Muscle Activity. *Journal of Motor Behavior*, 52(4), 427-443. <https://doi.org/10.1080/00222895.2019.1645086>
- Stojanović, E., Ristić, V., McMaster, D. T., & Milanović, Z. (2017). Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(5), 975-986. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0634-6>
- Terraza-Rebollo, M., Baiget, E., Corbi, F., & Planas Anzano, A. (2017). Efectos del entrenamiento de fuerza en la velocidad de golpeo en tenistas jóvenes / Effects of Strength Training on Hitting Speed in Young Tennis Players. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 66(2017).
<https://doi.org/10.15366/rimcafd2017.66.009>
- Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., & Ferrauti, A. (2013). Conception for Fitness Testing and individualized training programs in the German Tennis Federation. *Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie - Sports Orthopaedics and Traumatology*, 29(3), 180-192. <https://doi.org/10.1016/j.or-thtr.2013.07.005>
- Valores del Test de Bosco en Función del Deporte. (s. f.). Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). Recuperado 5 de mayo de 2023, de <https://g-se.com/valores-del-test-de-bosco-en-funcion-del-deporte-500-sa-T57cfb2715112d>
- Wang, J., & Li, Y. (2023). STRENGTH TRAINING METHOD FOR TENNIS PLAYERS. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 29.
https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0632

- Wang, Z.-H., Pan, R.-C., Huang, M.-R., & Wang, D. (2022). Effects of Integrative Neuromuscular Training Combined With Regular Tennis Training Program on Sprint and Change of Direction of Children. *Frontiers in Physiology, 13*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2022.831248>
- Xiao, W., Bai, X., Geok, S. K., Yu, D., & Zhang, Y. (2023). Effects of a 12-Week Functional Training Program on the Strength and Power of Chinese Adolescent Tennis Players. *Children, 10*(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/children10040635>



DESARROLLO DE UN MODELO DE UTILIDAD PARA OPTIMIZAR EL ENTRENAMIENTO DE PRECISIÓN DEL GOLPEO EN PÁDEL

DEVELOPMENT OF A UTILITY MODEL TO OPTIMIZE PRECISION TRAINING IN PADEL

IVÁN RAMÍREZ-BRAVO

Grupo de Investigación ACAFYDE.

Facultad de Ciencias del Deporte

Universidad de Extremadura,

Cáceres, España.

Orcid: 0000-0002-1319-5287

MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ-GAJARDO

Grupo de Investigación ACAFYDE.

Facultad de Ciencias del Deporte

Universidad de Extremadura,

Cáceres, España.

Orcid: 0000-0001-8364-7632

DAVID LOBO TRIVIÑO

Grupo de Investigación ACAFYDE.

Facultad de Ciencias del Deporte

Universidad de Extremadura,

Cáceres, España.

Orcid: 0000-0001-6559-2375

ADRIÁN ESCUDERO-TENA

Grupo de Investigación GOERD.

Facultad de Ciencias del Deporte

Universidad de Extremadura,

Cáceres, España.

Orcid: 0000-0002-7196-5606

Autor de correspondencia: Iván Ramírez Bravo, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura. Avenida de la Universidad s/n, 10003, Cáceres, España.
Email: ivramirez@alumnos.unex.es

Recibido: 31/10/2023

Aceptado: 14/12/2023

RESUMEN

Las investigaciones recientes destacan que uno de los principales criterios de éxito en pádel es la capacidad de los jugadores para orientar los golpes hacia una zona deseada y óptima de la pista. Por ello, el objetivo es diseñar una invención que permita contribuir al entrenamiento de estas variables de una forma innovadora y eficaz. Para el desarrollo de la invención, se siguió el protocolo marcado por el Servicio de Gestión de Transferencia de los Resultados de Investigación de la unidad de valoración interna la Universidad de Extremadura y la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). La invención resultante es un dispositivo para optimizar el entrenamiento en pádel, la cual fue concedida y publicada como Modelo de Utilidad con número de referencia ES1269754U. La concesión otorga una protección oficial a los autores de 10 años desde la fecha de concesión el 24/09/2021, tras la fecha, dicha autoría pasará a dominio público. Tras el proceso de desarrollo y aceptación de la invención, se puede afirmar que esta invención es una alternativa innovadora para optimizar el entrenamiento en pádel.

Palabras clave: Innovación, deportes de raqueta, rendimiento, aprendizaje, técnica.

ABSTRACT

Recent research highlights that one of the main criteria for success in padel is the ability of players to direct the hits towards a desired and optimal area of the court, therefore, the objective is to design an invention that allows contributing to the training of these variables in an innovative and effective way. For the development of the invention, the protocol established by the Research Results Transfer Management Service of the internal valuation unit of the University of Extremadura and the Spanish office of the patents and brand (OEPM) was followed. The resulting invention is a device to optimize padel training, which was granted and published as a Utility Model with reference number ES1269754U. The concession grants authors official protection for 10 years from the date of concession on 09/24/2021, after that date, said authorship will pass into the public domain. After the process of development and acceptance of the invention, it can be affirmed that this invention is an innovative alternative to optimize training in padel.

Keywords: Innovation, racket sport, performance, learning, technique.

Introducción

El pádel es uno de los deportes más populares del mundo, pues tiene presencia en más de 65 países (Federación Internacional de Pádel, 2023). Concretamente, en España, es el deporte de raqueta más practicado con 96.543 licencias federativas, 1.286 clubes registrados y un gran número de acuerdos comerciales (patrocinios, contratos laborales, etc.; Consejo Superior de Deportes, 2021; Muñoz et al., 2016). Paralelamente, el número de investigaciones científicas que se han realizado en los últimos años con el pádel como objeto de estudio, ha aumentado notablemente (Martín-Miguel et al., 2023; Sánchez-Alcaraz, Cánovas-Martínez et al., 2022), siendo uno de los temas más estudiados el análisis del rendimiento (García-Benítez et al., 2022). Se han desarrollado investigaciones que determinan las diferencias que existen entre los jugadores en función de su nivel de juego (Muñoz, Courel-Ibáñez et al., 2017; Muñoz, Sánchez-Alcaraz et al., 2017), en función del sexo (Escudero-Tena, Courel-Ibáñez et al., 2021; Escudero-Tena, Almonacid et al., 2022) o en función del resultado (Escudero-Tena, Sánchez-Alcaraz et al., 2021), proporcionando información objetiva de situaciones reales de juego que resulta de gran interés para el desarrollo de tareas de entrenamiento.

Uno de los principales criterios de éxito en pádel es la capacidad de los jugadores para orientar los golpes con precisión hacia una zona deseada y óptima de la pista (Escudero-Tena et al., 2023; Sánchez-Alcaraz, Muñoz et al., 2022). En la mayoría de las situaciones que surgen durante un entrenamiento o competición en pádel, diferentes momentos del partido, las características de los elementos del juego (diferencias entre pistas de cristal, cemento o las características de las pelotas) o aspectos medioambientales. En este sentido, es la disposición de los adversarios lo que va a determinar la zona más apropiada a la que se debe orientar el golpeo para conseguir el éxito (Courel-Ibáñez, 2021; Sánchez-Alcaraz, Muñoz et al., 2022). Igualmente, la estructura de la pista cuenta con zonas dónde los jugadores buscan orientar sus golpes, que son la malla metálica y la pared o cristal. Pues la interacción de la pelota con estas superficies produce un rebote de alta dificultad de devolución para los adversarios (Escudero-Tena, Muñoz et al., 2022; Sánchez-Alcaraz, Martínez-Gallego et al., 2022).

En base a las anteriores premisas, una parte fundamental en el entrenamiento del pádel se basa en plantear diferentes situaciones dónde se trabajen los golpes dirigidos, orientados y ajustables hacia la malla metálica y la pared o cristal, es decir, buscando lateralidades, profundidades y alturas de los mismos (Escudero-Tena et al., 2023; Ramón-Llin et al., 2021). Concretamente, el

inicio de la progresión de aprendizaje en pádel consiste en aprender a dirigir los golpes, siendo tan importante esta acción que su aprendizaje se desarrolla de manera paralela a la técnica de los golpes. En muchos casos puede llegar a aprender antes que la propia técnica. Sin embargo, existen pocos dispositivos patentados que favorezcan y ayuden a la adquisición y evaluación de este aprendizaje en pádel. Pues únicamente, se focalizan en la mejora del implemento (MU ES1081956U, ES1114206U, EP3225288A1, US8371968B2 o MU ES1158035U), en la pelota (MU ES1077256U o PCT WO2014147276A1), en la sustitución del cordón de sujeción (PCT WO2016203087A1) o en lanzar y recoger pelotas (MU ES1066164U).

Por todo ello, se puede afirmar que existe una necesidad considerable de innovación en instrumentos o invenciones que se destinen específicamente a mejorar cualidades intrínsecas del pádel, como la precisión y/o la orientación de los golpes, para así favorecer la optimización y diversidad de sus entrenamientos y aumentar con ello la motivación de sus practicantes, además de cuantificar el proceso de aprendizaje. Así, el objetivo fue diseñar un dispositivo para optimizar el entrenamiento de precisión y orientación de los golpes hacia diferentes zonas de la pista. Para ello, se crea una estructura sencilla y autoajutable que permita modificar manualmente la estructura y colocarla en diferentes zonas de la pista para alternar la dificultad de las tareas.

Método

Para el diseño y desarrollo de la presente invención, se ha seguido el protocolo establecido por el Servicio de Gestión de Transferencia de los Resultados de Investigación de la unidad de valorización interna la Universidad de Extremadura. Este protocolo recoge los requisitos necesarios para la protección de los resultados de investigación, en base a los criterios de patentabilidad que marca la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Acorde a estos criterios, el diseño y desarrollo de la invención se dividió en cuatro fases.

Fase 1: Procedimiento de búsqueda

Consistió en una revisión estructurada en las principales bases de datos y motores de búsquedas de patentes nacionales e internacionales, entre las que se incluyeron Patentscope de la “*Word Intellectual Propiety Organization (WIPO)*”, Espacenet y Google Patents a nivel internacional, y Latintpat-Espacenet e Invenes para las patentes publicadas en castellano en España y América latina.

Para realizar la búsqueda internacional se utilizaron las siguientes palabras clave en inglés:

I) "Paddle tennis" II) "Paddle tennis precisión training" III) "Devices for Paddle tennis precisión training" IV) "Devices for training hits in paddle tennis and tennis" V) "Devices for tennis precisión training".

Para realizar la búsqueda en castellano se utilizaron las siguientes palabras clave: I) "Pádel" II) "Dispositivos de precisión pádel y tenis" III) "Dispositivos para el entrenamiento de los golpes" IV) "Dispositivos para el entrenamiento la precisión en pádel y tenis" V) "Entrenamiento de la precisión en tenis".

Por último, se realizó una búsqueda en diferentes empresas de material deportivo para ver si el dispositivo ideado se encontraba en existencia y/o proceso de comercialización no patentado o comercializado a través de alguna licencia de explotación. En ninguna de las búsquedas se encontraron resultados similares que pudieran interferir en el proceso de idealización, diseño y desarrollo de la invención que se muestra en el presente trabajo.

Fase 2: Procedimiento de idealización y diseño

Se estableció un comité de seis expertos investigadores-inventores que contribuyeron al desarrollo de la invención. En esta fase, se realizaron tres reuniones dónde se establecieron los protocolos de diseño y los materiales que se iban a utilizar y los objetivos principales de la invención.

Tras las reuniones se acordó diseñar un marco flexible y autorregulable que su colocación se ajustara a cualquier parte de la pista de pádel (malla, muro o cristal) para facilitar el trabajo de precisión y orientación de los golpes. La intención de la invención, por un lado destaca su sencillez que permite que sea un dispositivo de fácil utilización y económica fabricación económico para cualquier club de pádel, y por otro lado, se destaca su posibilidad de adaptación a diferentes tamaños, eliminando la necesidad de disponer de elementos diferentes y/o juegos de elementos de diferentes dimensiones como aros o conos.

La propuesta de invención destaca su mejor fabricación utilizando materiales ligeros y resistentes que permitan flexibilidad en su manipulación, como por ejemplo PVC o Polivinilo de fibra de vidrio. No obstante, pese a que son altamente recomendables, estos materiales podrán variar si el diseño industrial o el fabricante lo requiere.

Durante esta fase se utilizaron los softwares Gimp© y Adobe Illustrator© que permitieron a los inventores visualizar el diseño de las figuras que ilustran la presente invención. Las figuras del documento se desarrollaron siguiendo los criterios que marca la Ley 24/2015 junto a la OEPM sobre las especificaciones técnicas que debe cumplir un dibujo oficial para su protección intelectual.

Fase 3: Procedimiento de solicitud.

Una vez detalladas las especificaciones técnicas y el diseño de la invención, se elaboró el documento de solicitud siguiendo las recomendaciones del manual de la OMPI de redacción de solicitudes de patentes. Ante la importancia que recalca la Ley 24/2015 sobre mostrar en detalle las figuras y las reivindicaciones que permiten la replicabilidad de la invención para cualquier experto medio en la materia, se contabilizaron un total de cinco figuras y dieciséis reivindicaciones de la presente invención.

Una vez finalizado todo el documento, se presentó ante el registro oficial de la sección de gestión de transferencia de los resultados de investigación del Vicerrectorado de Investigación y Tránsito de la Universidad de Extremadura” a modo de Modelo de Utilidad con el título “Dispositivo para el entreno en pádel”.

Fase 4: Procedimiento de registro.

Una vez finalizado el proceso de registro, la invención superó un primer filtro establecido por los técnicos especialistas en Patentes y Marcas de la Universidad de Extremadura y recibió la aceptación oficial para presentar el documento ante el registro oficial de la OEPM.

La invención ha sido sometida a todos los procedimientos, protocolos, análisis y exámenes marcados por la OEPM y finalmente fue concedida como modelo de utilidad.

Resultados

En las Figuras 1 y 2 se muestra de manera visual el resultante de la invención “Dispositivo para el entrenamiento en pádel” con y sin la apertura de los marcos que detalla la estructura. La invención resultante es un dispositivo para optimizar el entrenamiento en pádel, concretamente la orientación y disposición de los golpes, esencial en el entrenamiento de iniciación y

perfeccionamiento del pádel. La invención fue concedida y publicada como Modelo de Utilidad con número de referencia ES1269754U. La concesión otorga una protección oficial a los autores de 10 años desde la fecha de concesión el 24/09/2021, tras la fecha, dicha autoría pasará a dominio público.

Como se puede observar, la presente invención es una estructura de marcos móviles (2, 2', 2'') que cuenta con una sujeción para su colocación en cualquier parte de una pista de pádel (4).

Como se observa en la Figura 3, la posibilidad de apertura de la estructura en varios niveles (2, 2', 2'') posibilita el diseño de tareas en progresión y regresión para el trabajo de precisión y orientación de los golpes en deportes de raqueta en general y pádel en concreto.

La flexibilidad de sus materiales, recomendado la óptima fabricación en PVC o Polivinilo de fibra de vidrio (Fase 2) aseguran la óptima manipulación de la estructura para su entrenamiento.

Por último, se han ubicado dos anclajes (4) para su ajuste en cualquier parte de una pista de pádel (cristal, malla o muro), dejando la parte frontal sin enganches para su ajuste al suelo si el entrenamiento así lo requiere (3). Además, como se observa en la Figura 5, junto a esos anclajes se ha añadido un sistema de ventosas (5, 7 y 8) para facilitar su ajuste al cristal de la pista si así se desea.

Figuras 1 y 2: Dispositivo de entrenamiento en pádel ES1269754U.

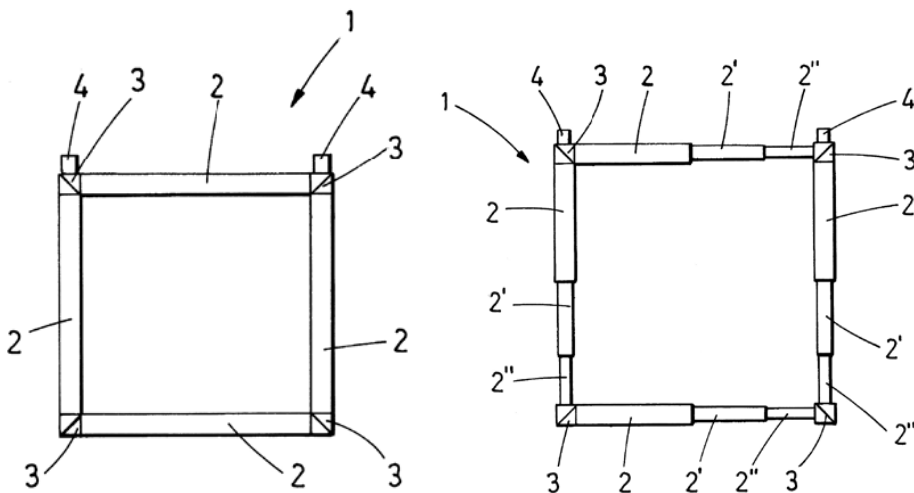


Figura 3: Marco extensible de la invención.

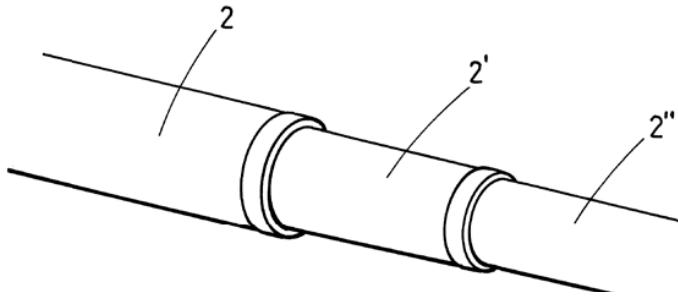
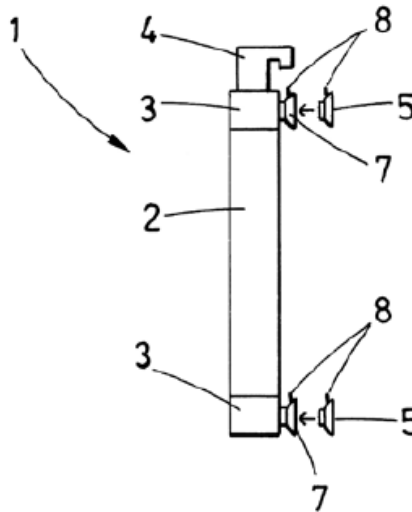


Figura 4: Dispositivo de entrenamiento desde una vista lateral.



Discusión

El propósito principal del presente trabajo fue mostrar el proceso de invención, desarrollo, registro y publicación de un modelo de utilidad para la optimización del entrenamiento de la precisión de los golpes en pádel. Para ello, se ha desarrollado la invención de un sistema de marcos móviles autoajustables que permiten establecer progresiones y regresiones en el diseño de tareas destinada al perfeccionamiento de esta cualidad.

Las invenciones destinadas a la mejora del entrenamiento en deportes de raqueta, se orientan principalmente al tenis. No obstante, el auge del pádel es notable lo que induce al desarrollo de nuevos materiales y productos orientados puramente a estos deportes y no adaptaciones del tenis. En este sentido, las principales innovaciones registradas como patentes o modelos de utilidad en pádel se destinan principalmente a la recogida de pelotas, véase el modelo de utilidad “Dispositivo regulable para recoger y lanzar pelotas” con referencia ES1066164U o la patente “Dispositivo recolector de pelotas de tenis” con referencia ES2738881A1.

Con respecto a las patentes destinadas a mejorar el entrenamiento en general de los deportes de raqueta, las principales invenciones se destinan a modificar elementos estructurales del campo, como ajustar la altura de la red en diferentes situaciones, véase el “Sistema regulador de la altura de la red para deportes de raqueta” con referencia ES1246024U o la “Malla ajustable para el entrenamiento en deportes de raqueta” con referencia ES1269769U.

Con respecto al entrenamiento de la precisión y orientación de los golpes, existen pocas invenciones y materiales disponibles para implementar en el entrenamiento. A pesar de que la capacidad de los jugadores para orientar los golpes es uno de los principales criterios de éxito en pádel (Escudero-Tena et al., 2023; Sánchez-Alcaraz, Muñoz et al., 2022). Una invención que se aproxima a este trabajo es la “Tabla de entrenamiento para pádel y tenis” con referencia ES1076851U. Sin embargo, esta invención se asemeja a una diana y limita la posibilidad de colocarla en diferentes partes del campo, especialmente en pádel dónde, a diferencia del tenis, se juega utilizando las paredes. Por su parte, otras invenciones se destinan al análisis del golpeo utilizando dispositivos de base tecnológica como se muestra en la patente “Dispositivo para el análisis del golpeo en pádel, procedimiento de operación de dicho dispositivo y procedimiento de operación de un teléfono inteligente en comunicación con dicho dispositivo” con número de referencia ES2939020A1.

Debido al sistema de marcos móviles y el uso recomendado de materiales como el PVC o el Polivinilo de fibra de vidrio el sistema de marcos móviles permite al entrenador jugar con las dimensiones de la estructura para establecer progresiones y regresiones en el entrenamiento de los golpes. Debido a su facilidad de transporte, sujeción y movimiento rompe con las limitaciones de cualquier diana convencional y con el planteamiento de la invención “Tabla de entrenamiento para pádel y tenis” con referencia ES1076851U, que no cuenta con dichas facilidades. Siguiendo a Dávila (2021), el uso de materiales como el PVC reduce el peso de la estructura y garantiza su durabilidad debido

a su gran capacidad aislante y su posibilidad de resistencia al aire y al agua. Por su parte, el polivinilo de fibra de vidrio puede ser ideal para recubrirlo y aumentar su protección y durabilidad de la estructura.

Ante estas consideraciones, esta invención se postula como una herramienta innovadora, sencilla y adaptable a cualquier entrenamiento de pádel cuyo objetivo sea mejorar la disposición de los golpes. Principalmente, se podría considerar como una innovación de invenciones anteriores con mayor número de limitantes para el trabajo de estas cualidades, como la “Tabla de entrenamiento para pádel y tenis”. Se deja a criterio de los fabricantes el uso recomendado de materiales y a los entrenadores de pádel la creatividad para su uso en el diseño de tareas de entrenamiento.

Limitaciones y prospectivas de futuro

Aunque el pádel es un campo de conocimiento relativamente joven en materia de investigación, están apareciendo numerosas invenciones destinadas a esta modalidad deportiva, ya sean específicas para la modalidad o adaptaciones de otros deportes de raquetas como el tenis. Pese a esto, existe una carencia considerable de investigación científica que avale los beneficios del uso de este tipo de dispositivos en el entrenamiento. Por ello, la principal limitación de la invención es la carencia temporal de análisis científico-técnicos aplicados que respalden sus características. Dicha carencia se debe, en parte, a su reciente concesión por la OEPM y a la falta de investigadores nacionales e internacionales con el pádel como objeto principal de estudio. Por tanto, las futuras investigaciones que quieran respaldar la utilidad de esta invención deberán centrarse en analizar sus propiedades en contextos reales.

Otra limitación reside en la selección de materiales, se han seleccionado el PVC y el polivinilo de fibra de vidrio como materiales altamente recomendados para que un experto medio en la materia pueda replicar la invención. No obstante, la selección abierta de materiales se ha hecho con la intencionalidad de dar libertad al fabricante en el momento de la fabricación del producto, sin entrar en intereses económicos y administrativos de las empresas interesadas.

Respecto a las aplicaciones prácticas, esta invención se postula como una herramienta innovadora e interesante para cualquier entrenamiento de pádel que lleve como objetivo mejorar los golpes o perfeccionar la orientación y precisión de estos. Asimismo, su diseño sencillo y adaptable permite su uso sin necesidad de ser un experto en entrenamiento, dejando a los expertos la

creatividad para el planteamiento de actividades y ejercicios que lo utilicen para mejorar dichas cualidades. Por su parte, este diseño sencillo pretende ahorrar costes y posicionarse como una herramienta simple, útil y necesaria en cualquier club de pádel.

Conclusiones

Tras el proceso de desarrollo y aceptación de la invención “Dispositivo para el entrenamiento en pádel” con referencia ES1269754U, se puede afirmar que esta invención es una alternativa innovadora para optimizar el entrenamiento de la precisión y golpes en los deportes de raqueta en general y pádel en específico.

Referencias Bibliográficas

- Consejo Superior de Deportes (2021). Asociaciones y federaciones deportivas españolas, licencias y clubes federados. <https://www.csd.gob.es/es/federaciones-y-asociaciones/federaciones-deportivas-espanolas/licencias>.
- Courel-Ibáñez, J. (2021). Game patterns in padel: A sequential analysis of elite men players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 21(4), 579-588. <https://doi.org/10.1080/24748668.2021.1927630>
- Dávila, A. E. (2021). Análisis comparativo de resistencia a compresión adicionando residuos de PVC y concreto convencional en losa de pavimento rígido, El Dorado.
- Escudero-Tena, A., Almonacid, B., Martínez, J., Martínez-Gallego, R., Sánchez-Alcaraz, B. J., & Muñoz, D. (2022). Analysis of finishing actions in men's and women's professional padel. *International Journal of Sports Science & Coaching*, in press. <https://doi.org/10.1177/17479541221139970>
- Escudero-Tena, A., Courel-Ibáñez, J., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2021). Sex differences in professional padel players: analysis across four seasons. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/24748668.2021.1930363>
- Escudero-Tena, A., Ibáñez, S. J., Parraca, J. A., Sánchez-Alcaraz, B. J., & Muñoz, D. (2023). Influence of the importance of the point and service tactical position in the shot following the return in men's and women's professional padel. *International Journal of Sports Science & Coaching*, in press. <https://doi.org/10.1177/17479541231163535>.
- Escudero-Tena, A., Muñoz, D., Sánchez-Alcaraz, B. J., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2022). Analysis of errors and winners in men's and women's professional padel. *Applied Sciences*, 12(16), 8125. <https://doi.org/10.3390/app12168125>

- Escudero-Tena, A., Sánchez-Alcaraz, J., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2021). Analysis of game performance indicators during 2015-2019 World Padel Tour seasons and their influence on match out-come. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(9),4904. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094904>
- Federación Internacional de Pádel. (2023). Lista de países asociados a la Federación Internacional de Pádel (FIP). <https://www.padelfip.com/es/>.
- García-Giménez, A., Pradas, F., Castellar-Otín, C., & Carrasco-Páez, L. (2022). Performance outcome measures in padel: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(7), 4395. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074395>
- Martín-Miguel, I., Escudero-Tena, A., Muñoz, D., & Sánchez-Alcaraz, B. J. (2023). Performance Analysis in padel: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, *89*. <https://doi.org/10.5114/jhk/168640>
- Muñoz, D., Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B. J., Díaz, J., Grijota, F. J., y Muñoz, J. (2017). Análisis del uso y eficacia del globo para recuperar la red en función del contexto de juego en pádel. *Retos*. (31), 19-22.
- Muñoz, D., Sánchez-Alcaraz, B. J., Courel-Ibáñez, J., Díaz, J., Julián, A., y Muñoz, J. (2017). Diferencias en las acciones de subida a la red en pádel entre jugadores profesionales y avanzados. *Journal of Sport & Health Research*, *9*(2), 223-232.
- Muñoz, D., Sánchez-Alcaraz, B. J., Courel-Ibáñez, J., Pastelero, E. R., Pérez, F. J. G., & Díaz, J., (2016). Estudio sobre el perfil y distribución de las pistas de pádel en la comunidad autónoma de Extremadura. *e-Balonmano*, *12*(3), 223-230.
- Ramón-Llin, J., Sánchez-Alcaraz, B. J., Sánchez-Pay, A., Guzmán, J. F., Martínez-Gallego, R., & Muñoz, D. (2021). Influencia de la lateralidad y el lado de juego de los jugadores de pádel de alto nivel en parámetros técnico-tácticos. *Cultura, Ciencia y Deporte*, *16*(48), 285-291. <https://doi.org/10.12800/ccd.v16i48.1751>
- Sánchez-Alcaraz, B. J., Cánovas-Martínez, J., Sánchez-Pay, A., & Muñoz, D. (2022). Investigación en pádel. Revisión sistemática. *Padel Scientific Journal*, *1*(1), 71-105. <https://doi.org/10.17398/2952-2218.1.71>
- Sánchez-Alcaraz, B. J., Martínez-Gallego, R., Ramón-Llin Mas, J., Crespo, M., Muñoz, D., López Martínez, J. M., & Sánchez-Pay, A. (2022). Professional padel tennis: Characteristics and effectiveness of the shots played to the fence. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *in press*. <https://doi.org/10.1177/174795412210933765>
- Sánchez-Alcaraz, B. J., Muñoz, D., Escudero-Tena, A., Martín-Miguel, I., & García, J. M. (2022). Análisis de las zonas de golpeo en pádel profesional. *Revista Kronos*, *21*(2), 1-9. <https://doi.org/10.17398/2952-2218.1.157>



PADELVIC: MULTICAMERA VIDEOS AND MOTION CAPTURE DATA IN PADEL MATCHES

PADELVIC: VIDEOS MULTICÁMARA Y DATOS DE CAPTURA DE MOVIMIENTO EN PARTIDOS DE PÁDEL

MOHAMMADREZA JAVADIHA
Universitat Politècnica de Catalunya.
Orcid: 0000-0002-4867-1132

CARLOS ANDUJAR GRAN
Universitat Politècnica de Catalunya.
Orcid: 0000-0002-8480-4713

MICHELE CALVANESE
Università di Bologna.
Orcid: 0009-0005-4103-0147

ENRIQUE LACASA
Universitat Politècnica de Catalunya.
Orcid: 0000-0002-4171-9113

JORDI MOYÉS
Universitat Politècnica de Catalunya.
Orcid: 0009-0002-4076-5676

JOSÉ LUIS PONTÓN
Universitat Politècnica de Catalunya.
Orcid: 0000-0001-6576-4528

ANTONIO SUSÍN
Universitat Politècnica de Catalunya.
Orcid: 0000-0002-0874-2784

JIABO WANG
Universitat Politècnica de Catalunya.
Orcid: 0009-0002-3243-3110

Autor de correspondencia: Carlos Andujar Gran, Universidad Politècnica de Catalunya.
Campus Nord UPC, Omega 239, Jordi Girona, 1-3, 08034, Barcelona. España.
andujar@cs.upc.edu

Recibido: 04/11/2023

Aceptado: 15/01/2024

ABSTRACT

Recent advances in computer vision and deep learning techniques have opened new possibilities regarding the automatic labeling of sport videos. However, an essential requirement for supervised techniques is the availability of accurately labeled training datasets. In this paper we present PadelVic, an annotated dataset of an amateur padel match which consists of multi-view video streams, estimated positional data for all four players within the court (and for one of the players, accurate motion capture data of his body pose), as well as synthetic videos specifically designed to serve as training sets for neural networks estimating positional data from videos. For the recorded data, player positions were estimated by applying a state-of-the-art pose estimation technique to one of the videos, which yields a relatively small positional error ($M=16$ cm, $SD=13$ cm). For one of the players, we used a motion capture system providing the orientation of the body parts with an accuracy of 1.5° RMS. The highest accuracy though comes from our synthetic dataset, which provides ground-truth positional and pose data of virtual players animated with the motion capture data. As an example application of the synthetic dataset, we present a system for a more accurate prediction of the center-of-mass of the players projected onto the court plane, from a single-view video of the match. We also discuss how to exploit per-frame positional data of the players for tasks such as synergy analysis, collective tactical analysis, and player profile generation.

Keywords: Computer vision, pose estimation, player tracking, sport analytics.

RESUMEN

Los avances en visión por computador y el aprendizaje profundo han abierto nuevas posibilidades en cuanto a la etiquetación automática de videos deportivos. Sin embargo, un requisito esencial para las técnicas de aprendizaje supervisado es la disponibilidad de datos de entrenamiento con anotaciones precisas. En este artículo presentamos PadelVic, un conjunto de datos anotado de un partido amateur de pádel que incluye múltiples secuencias de video desde diferentes ángulos, estimaciones de la posición en pista de los cuatro jugadores (y datos de captura de movimiento de uno de los jugadores), así como videos sintéticos diseñados específicamente para ser utilizados como entrenamiento para redes neuronales que estimen la posición a partir de videos. La posición de los jugadores se obtuvo aplicando un método de estimación de pose a uno de los videos, el cual proporciona un error posicional ($M=16$ cm, $SD=13$ cm) razonable en comparación con el tamaño de la pista. Para uno de los jugadores, utilizamos un sistema de captura de movimiento que proporciona la orientación de las partes del cuerpo con una precisión de 1.5° RMS. Sin embargo, el mayor grado de exactitud proviene de nuestros datos sintéticos, que proporcionan la posición y

orientación exacta de jugadores virtuales que imitan los datos del sistema de captura de movimiento. Como ejemplo de aplicación de los datos sintéticos, presentamos un sistema para predecir con mayor precisión el centro de masa de los jugadores proyectado sobre el plano de la pista, a partir de un solo video del partido. También discutimos cómo aprovechar los datos posicionales de los jugadores para tareas como análisis de sinergia, análisis táctico colectivo, y generación de perfiles de jugadores.

Palabras clave: visión por computador, estimación de la pose, seguimiento de jugadores, análisis deportivo.

Introduction

In the last few years, the increased demand of padel from both players and spectators has also stimulated an increase of the scientific production about this interceptive sport. In particular, many recent papers deal with the analysis of aspects influencing performance (Courel-Ibáñez et al., 2015; Sánchez-Alcaraz, Cánovas et al., 2022; Martín-Miguel et al., 2023). The analysis of technical actions (Escudero-Tena et al., 2022; Conde-Ripoll, et al., 2021), tactical situations (Ramon-Llín et al., 2021), or external load parameters (Sánchez-Alcaraz et al., 2021) has also facilitated the understanding of the game. Consequently, coaches and trainers are increasingly interested in incorporating these elements into their training plans.

Most of these analyses require, or could benefit from, positional data about the players and the ball. Indeed, the ball-flight information and the upper body of the opponents (head, shoulders, trunk, and the region of arm–hand–racket) were the two most relevant visual locations for experienced padel players because they made larger number of fixations and longer fixation times at these sources of information when returned three representative situations performed by their counterparts (trays/smashes, serves, and volleys) on a padel court (Espino et al., 2023). Although other types of information (e.g., the contextual information as opponents' tendencies, weakness of the counterparts, etc.) is certainly needed for an appropriate analysis of the game, getting per-frame positional data from a video is much more involved task than other important but less frequent events such as the type of stroke of the player returning the ball.

Since annotating manually the players' positions and poses in every single frame of a video is a very involved task, requiring a substantial amount of effort, the automatic annotation of sport matches opens new opportunities regarding the amount of padel matches that can be subject to analysis.

A variety of sensors, cameras, and advanced algorithms allow us to track and measure different performance metrics such as player speed, acceleration, traversed distances, movement patterns, heart rate, calorie consumption, stress tolerance, and pressure, at different accuracy levels (Galeano et al. 2022).

The semi-automatic analysis of sport videos often involves three main steps. The first step involves player detection, identification and tracking, which often requires postprocessing filters to remove false positives. The second step is to identify and classify meaningful events of the match (such as shots, ball bounces, and scoring units such as points, games, and sets). Finally, after tracking data has been structured into meaningful units (e.g., rallies, games, sets) it can be visualized and analyzed. This analysis can be facilitated by padel-specific query languages to retrieve and analyze specific in-game situations from a match (Javadiha et al., 2022).

Computer vision techniques are already used in some racquet sport for position detection (Su et al., 2018), ball detection (Voeikov et al., 2020), shot detection (Horie et al., 2019), as well as spatio-temporal and visual analysis for tactics (Chu et al., 2021; Wu et al., 2021).

Although traditional object-detection techniques require little or no training data, current state-of-the-art supervised methods rely on deep learning and convolutional neural networks. An essential requirement for these techniques is the availability of accurately labeled training sets. Although many training sets have been released for general sports (Andriluka et al., 2014; 2018), to the best of our knowledge no training dataset specific to padel has been published.

In this paper we present an annotated dataset of an amateur padel match. The dataset includes videos from different camera angles, estimated court-space positions for the four players, accurate motion capture data of one of the players (acquired with a professional MoCap system), as well as synthetic videos with ground-truth positions and poses, specifically designed to serve as training sets for deep networks predicting positional data.

The automatic acquisition of such positional data opens up vast horizons for data analysis. Poses allow us to analyze the frequency of certain technical

actions, the potential diversity of players in competition (or in specific training situations), their evolution, as well as how their differences are influenced by the season, indoor/outdoor tournaments, and other factors. Exploratory behavior in different temporal sequences can be analyzed through methods like Dynamic Overlap and Principal Components Analysis (Hristovski et al., 2011). Furthermore, the acquisition of positional data would allow further understanding for synergy analysis (Passos et al., 2020), collective tactical principle analysis (Canton, 2022), player profile generation (Buldú et al., 2021), attractor identification (Galeano et al., 2022), and external load estimation in terms of distances covered and speeds. Depending on the researcher's interest, correlating some of these variables with rally outcomes and effectiveness metrics can provide valuable information for analysts, coaches and players. In any case, since the technique supports tactics while also being subordinate to tactics (Bonnet, 1986), positional data alone is not enough and it must be used together with other information such as the tactical intention of the players.

Method

Objectives

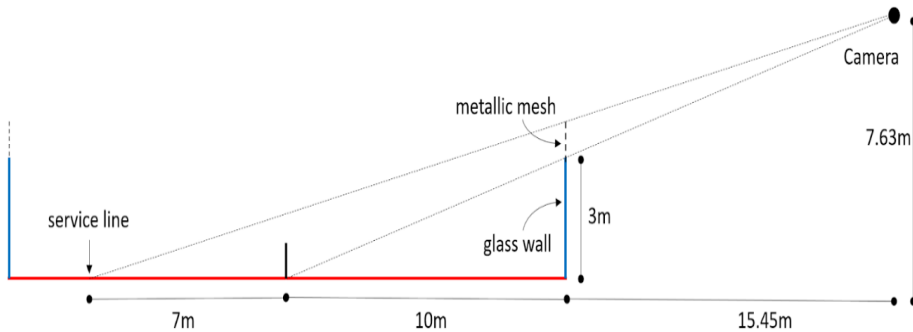
The overall goal of this project is to provide a public dataset for padel that can be used for different computer vision tasks in the specific context of padel matches. In particular, we aim to use the dataset as a technical solution for (a) testing the performance of computer vision algorithms in tasks such as video-based player tracking, pose estimation, ball tracking and shot recognition, and (b) training supervised algorithms that estimate diverse positional and/or pose-related data, such as the position and orientation of the padel racket with respect to the player, or the court-space position of the players.

The performance of player detection and pose estimation techniques largely depends on the number of cameras (e.g., in general, the larger, the better), their orientation (e.g., zenithal views allow for accurate court-space positioning of the players; court-level views improve pose estimation accuracy) and other factors such as video frame rate and image resolution. Since we strive to use the dataset in inexpensive setups affordable for most padel clubs, we focus on single-view applications (although the dataset includes multiple views to serve as test data).

On the other hand, we aim to provide camera views close to the de-facto standard in professional video streaming, which minimizes the impact of the occlusion of the mesh panel and structural elements. In this setting (Figure 1),

the camera angle causes the mesh panel to span the region from the bottom part of the net to near the opposite service line. Ideally, the camera should be placed at about 7.6 m above the floor, and 15.5 m far behind from the glass panels, but cameras above 5 m high already provide a reasonably similar view.

Figure 1. *De-facto standard for camera placement in padel broadcasting*



The above goals require that the dataset is enriched with annotations that accurately represent the motion of at least one player. For this reason, we used a professional, suit-based motion capture system to track the pose and position of one of the players (Figure 3-left). Finally, we used an open-source 3D modeling application (Blender) to animate synthetic characters with the captured motion data, which allows us to generate highly-accurate, annotated synthetic videos from arbitrary views.

After visiting several padel clubs with the aim of recording the padel match, Aerial Padel Vic was chosen since it allowed us to record the match from a position close to the de-facto standard. More precisely, Aerial Padel Vic has a two-story structure with an extendable ceiling panel at the top, which allowed us to place one of the cameras above it and thus reach the desired camera height and angle. Furthermore, the chosen court has a considerable free space around which largely facilitated recording the video without encountering significant hindrances, and even recording the match from other points of view with the help of secondary cameras. Another noteworthy aspect is that the court carpet is blue, which enhances the color contrast with the yellow ball. The match was recorded in winter (March 1st, 2023) to prevent player's sweat from affecting the sensors of the motion capture suit.

Captured datasets

We recorded four amateur players, all of them with more than 10 years of experience playing padel regularly.

For the *main camera view*, we used a Panasonic AG-UX180 4K professional camcorder. The camera was placed at about 6 m high from the court plane, and 10 m far away from the back wall, thus getting a camera angle close to the de-facto standard (Figure 2). The camera zoom was adjusted to enclose the complete court and part of its surroundings. The match was recorded at 4K UHD TV (3840x2160), 50 fps. The output video was about 86 GB in MP4 format.

Figure 2. Sample frames from the captured videos



Note. The figure shows the main camera view (*top left*), the second camera view (*top right*) and the court-level smartphone views (*bottom*).

In order to get a video with a more vertical angle, the *second camera* was placed at a slightly higher position. We used a GoPro Hero9 Black on a tripod above a ceiling panel structure with a stepped ceiling. The video was recorded at 4K UHD TV, 60 fps. The output video was about 32 GB in MP4 format. This video shows a lamp hanging from the ceiling which occludes a part of the top-left court.

For *court-level recordings*, we used two tripod-mounted smartphone cameras at about 1.45 m high, 3.88 m away from the court, with 82 cm lateral

separation which emulates a stereo camera. Both were oriented in landscape mode. We used a Samsung Galaxy S22+ to record FHD (1920x1080), 60 fps video (H.264, MP4, 17GB) and an iPhone 13 Pro Max was also set to record FHD (1920x1080) video (MOV format, 8GB).

Additionally, we tracked one of the participants playing the game, using a professional MoCap system. He was an experienced but amateur player, 51 years old, 1.70 cm, playing for more than 10 years and about 4 days/week, not federated, and not involved in any official competitions. In particular, we used an XSens MVN Awinda suit with 18 inertial measurement units (17 body-worn + 1 prop), Figure 3. We accurately captured the player's body poses and tracked the orientation and location of the padel racket with respect to the player. The resulting motion was captured at a frame rate of 60 fps and represented using a 24-joints skeleton. Our dataset provides the captured motion data in BVH format (~183MB, ~74MB compressed).

Table 1 summarizes the captured datasets.

Figure 3. *Player wearing XSens suit and sample captured frames*



Table 1. Summary of captured datasets

Dataset	Height	Device	Resolution	FPS	Format
Main camera	6 m	Panasonic AG-UX180 4K	3840x2160	50	MP4
Second camera	7.5 m	GoPro Hero9 Black	3840x2160	60	MP4
Court level 1	1.45 m	Samsung Galaxy S22+	1920x1080	60	MP4
Court level 2	1.45 m	iPhone 13 Pro Max	1920x1080	60	MOV
Motion Capture	N/A	Xsens MVN Awinda	N/A	60	FBX/BVH

Generated datasets

We used a collection of scripts to generate new, annotated datasets from the captured data: synthetic videos showing an avatar that reproduces the motion and gestures of the tracked player, labeled with accurate positional and pose data, and a spreadsheet file describing the position and pose of the detected players, for each frame of active gameplay in the video.

Regarding positional data, object detection algorithms provide the object type indicated as a class number and its 2D location within the image (usually a bounding box enclosing the object). There are some pre-designed deep neural networks for detecting custom objects such as humans, rackets and balls. Such backbone architectures might be trained using different datasets such as COCO or PASCAL VOC. Apart from object identification and detection, pose estimation deals with the detection of major key joints in a human body, such as knees, ankles, hip, and shoulders, and then connecting these joints to reconstruct a body skeleton representing the pose. When presented a collection of frames or a video, one can tag every detected player based on their name or initial location in the scene, and associate the same labels to the same player on the following frames. This process is known as *player tracking*.

In our case study, we focus on the players, the ball and the racket. For human detection, we used HTC (Chen et al., 2019) to detect all players inside the court. More precisely, we used the `htc_r101_fpn_20e` backbone pre-trained with the COCO2020 dataset (available in OpenMMLab). Then, we used the top-down HRNet approach (Chen et al., 2020) to obtain the pose of every single person inside the rectangles estimated by the HTC detector. Specifically,

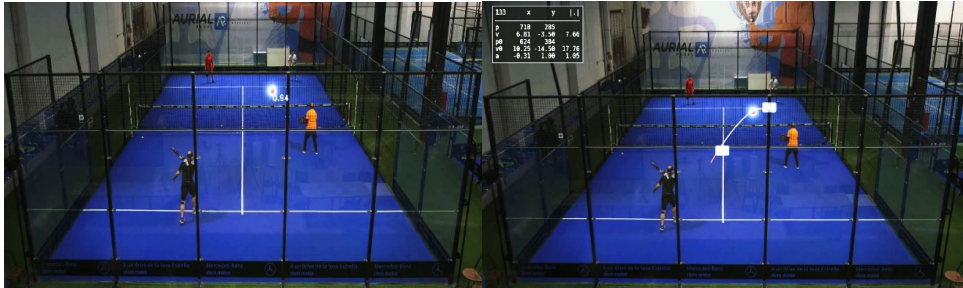
we used the hrnet_w48_coco_256192 model (again available in OpenMMLab).

The hip and feet keypoints were used to estimate the player position in camera-space. Finally, we reversed the perspective deformation to obtain court-space coordinates of the players. For player tracking, we used a custom algorithm that matches detected persons with players based on the overlap of such detections across the video frames, using as overlap metric the IoU (Intersection Over Union). Figure 4 shows detected players and keypoints for a sample frame of our dataset.

For testing, we also applied a custom ball tracking method based on the TracknetV2 architecture (Huang et al., 2019) to detect the ball, followed by a RANSAC algorithm to extract the parabolic paths (Yan et al., 2006). The result for a sample frame is shown in Figure 5. Notice though that PadelVic dataset does not include explicitly ball tracking data.

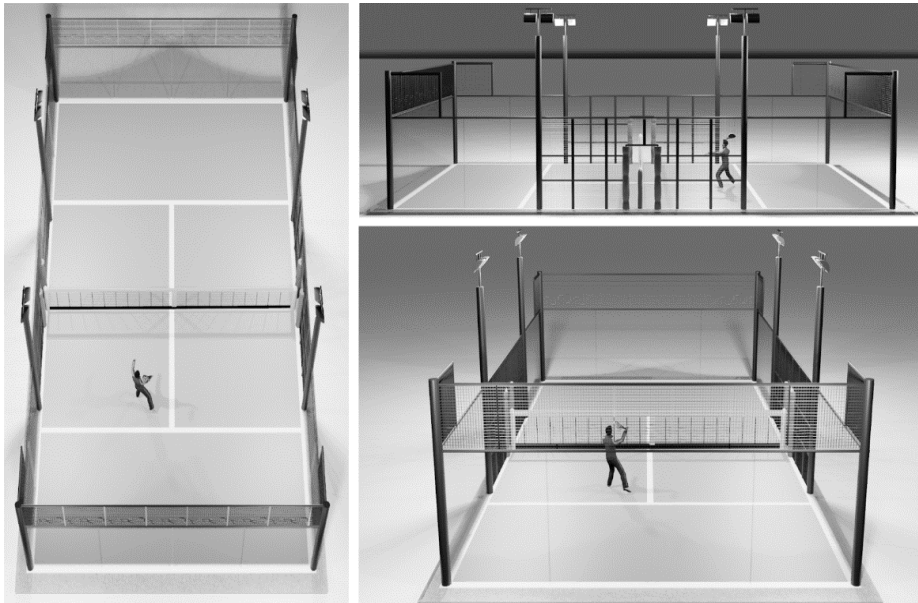
Figure 4. Detected poses on a sample frame of the recorded video



Figure 5. Ball tracking on a sample frame of the recorded video

Note. The figure shows the detected ball (*left*) and the estimated trajectory in neighboring frames (*right*).

As for the synthetic videos, we created a Python script for the open source 3D modeling software *Blender* to automate the process of transferring the MoCap data to arbitrary avatars placed on a virtual padel court. The user can then select the desired camera angle, and render the animation to create synthetic annotated videos. The script also dumps labels to a CSV file whose columns include the frame number, the 3D position of the joints, as well as user-defined derived data such as the orthogonal projection of the feet and hip onto the court plane. The major benefit of this approach is that labels can refer to any measure that can be computed from the 3D MoCap data, and it can be represented either in 3D space coordinates (e.g. height of the dominant hand) or in image-space coordinates (by just projecting the 3D position onto the camera space). Furthermore, labels are pixel-accurate even when predicting keypoints hidden by clothes or other elements (in contrast to human-made annotations). As shown in Figure 6, the resulting Blender model can be rendered from arbitrary view points, enabling the training and testing of both single-camera and multi-camera approaches.

Figure 6. *Sample frames from a synthetic video included in the dataset*

Synchronization issues

Achieving synchronicity between motion capture poses and video streams is nontrivial. Despite both types of data potentially being recorded at comparable frequencies, the absence of a unified timekeeper results in temporal drift (about 1 second per hour) and discrepancies in recording times.

The Xsens IMU-based MoCap suit enabled player motion capture without external sensors, thus avoiding occlusions and allowing capturing in an unrestricted space. Nonetheless, IMU sensors exhibit positional drift over extended periods due to the integration method employed for position computation. Therefore, positional information may not be robust enough for the synchronization task. To address this, we plan in future work to extract key postural features from the video data and employ a similarity algorithm to align this information with the motion-captured sequences. This approach could necessitate frame interpolation due to different capture frequencies, and its effectiveness could be affected by intermittent gaps in accurate pose data from the videos.

Sample application

We used the synthetic video and the labeled data (extracted automatically from the skeleton joints of the virtual player) to train a neural network that predicts the position of the players, as the projection of its hip onto the court. The projected position is more suitable for 2D spatial analysis of players' displacements. A convolutional neural network first estimates key points of the player in one or more neighboring frames, using the mentioned HTC method for detecting all players inside the court (Chen et al., 2019), and HRNet for obtaining the pose of these detected players (Chen et al., 2020). Then a simple fully-connected network takes as input the estimated poses and learns to predict the floor projection of the hip (Figure 7). This addresses the common problem of estimating the 2D position of the players in non-zenithal cameras: the camera angle combined with the inherent perspective deformation causes some players (e.g. when jumping) to be estimated in wrong positions (Figure 8).

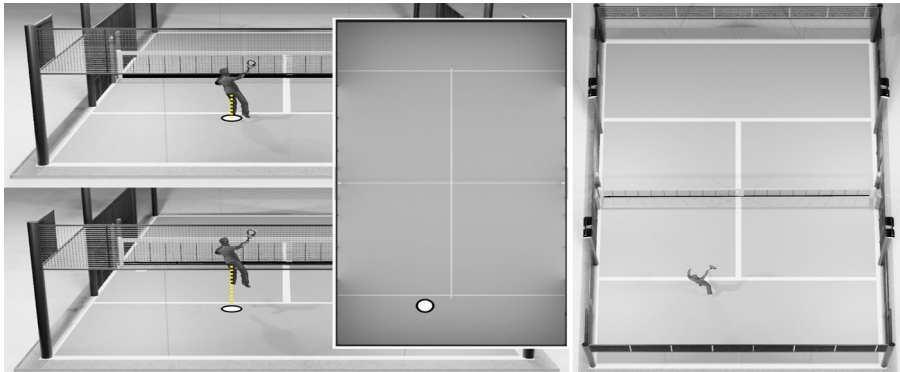
The resulting neural network is able to predict the player position (projection of the player's hip onto the floor) with an average deviation of 10 pixels (on a FullHD video frame) in each direction. This error is reduced down to only 5 pixels if the network uses multiple frames before and after the current frame.

Figure 7. Estimated poses and predicted court-space position of the player



Note. The poses estimated from the synthetic video (*left*) allowed us to train a network to predict accurately the position of the player. Using one frame provides a good estimate of the court-projected position (*middle*), which becomes even more robust when using multiple frames (*right*). The red circle is the predicted position, whereas the green circle is the ground truth.

Figure 8. Potential positional errors due to vertical displacements of the players



Note. Vertical displacements of the players (while running and jumping) severely influence the accuracy of the estimated player positions in court-space. The image on the left shows two players with different image-space positions, but identical court-space positions (middle and right images). Without proper handling, the position of jumping players could be estimated meters away from the correct one.

Strengths and limitations of padelvic

A first limitation is that the participants' behaviors, including movements, technical actions and tactical decisions, were somewhat influenced by the capture conditions. Players were instructed to play as in usual amateur matches, although multiple factors may have affected their behavior and accuracy: the presence of multiple cameras, the frequent breaks due to calibration/tracking issues, and the cumbersomeness of the motion capture suit, especially the sensors in the wrist and in the racket. Although all players were recorded in the videos, only one was wearing the MoCap suit. This might have introduced some bias in the opponents, to favor the active participation of the tracked player. The inertial sensor mounted on the padel racket (16 g), together with the material to fix it, changed significantly the weight and balance of the racket. Finally, the tracker sensor for the hand in the XSens Awinda is attached to a glove which largely interferes with the natural motion of the hand, and its thickness prevents a proper grip of the racket. These aspects certainly influenced the choice, execution and accuracy of the technical actions of all players, especially of the tracked player.

The videos were recorded using commodity cameras which did not support external sync sources. After manual adjustment of the starting frame, the video streams we release only show an approximate synchronization, but not

per-frame sync. This would be a limitation if the multiple streams were to be used for multi-camera reconstruction. However, each video is still valid for testing single-camera techniques under different camera angles. The MoCap data included as part of PadelVic allows for the generation of synthetic videos which can be rendered from arbitrary camera angles, with perfect synchronization and ground-truth data. These videos can be used to train and test both single-camera and multi-camera approaches for the estimation of positional data from videos.

Conclusions and practical applications

We have presented a padel-specific collection of datasets targeted to train and test computer vision applications on padel videos. The dataset (*to be released upon acceptance, early preview version available at <https://github.com/UPC-ViRVIG/PadelVic>*) includes videos of an amateur match recorded from different camera angles, as well as MoCap data and synthetic videos that show player avatars mimicking the motion of the amateur player.

Example applications of the dataset include testing and training deep learning methods to predict derived positional data (e.g. tip of the racket, center of the racket, height of the ball with respect to the floor) from a single or multiple videos, requiring no external sensors (Lacasa et al., 2021).

Although PadelVic can be used to train and test ball detection and ball tracking algorithms, robust ball tracking is still a challenging problem due to occlusion and the presence of short path segments when the ball bounces off the walls. Accurate ball trajectories would allow trainers to analyze player activity patterns based on the trajectory of the ball and the position of players on the court. The work that Fernando Rivas has conducted with Carolina Marín in badminton in this regard (Gómez et al., 2020) should inspire the padel research community to generate knowledge along similar lines in padel.

As future work, we plan to explore how positional data about the ball and the players can be used for enhancing notational analysis. While so far we have compared some initial basic report proposals, the availability of accurate per-frame data opens new horizons for this field. We also plan to acquire, manually annotate and release additional datasets, with highly skilled professional padel players which perform movements more quickly and hit the ball harder than amateur players. A major challenge though is how to minimize the impact of the trackers (especially those mounted on the gloves and the

racket) on the players' motor actions.

Acknowledgments and funding

This work has received funding from project PID2021-122136OB-C21 funded by MCIN/AEI and FEDER "A way to make Europe". Mohammadreza Javadiha and Jose Luis Ponton were also funded by the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities, grants PRE2018-086835 and FPU21/01927.

References

- Andriluka, M., Pishchulin, L., Gehler, P., & Schiele, B. (2014). 2d human pose estimation: New benchmark and state of the art analysis. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 3686-3693). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.471>
- Andriluka, M., Iqbal, U., Insafutdinov, E., Pishchulin, L., Milan, A., Gall, J., & Schiele, B. (2018). Posetrack: A benchmark for human pose estimation and tracking. In *Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 5167-5176). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00542>
- Cheng, B., Xiao, B., Wang, J., Shi, H., Huang, T. S., & Zhang, L. (2020). Higherhrnet: Scale-aware representation learning for bottom-up human pose estimation. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 5386-5395).
- Chen, K., Pang, J., Wang, J., Xiong, Y., Li, X., Sun, S., ... & Lin, D. (2019). Hybrid task cascade for instance segmentation. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4974-4983).
- Chu, X., Xie, X., Ye, S., Lu, H., Xiao, H., Yuan, Z., ... & Wu, Y. (2021). TIVEE: Visual exploration and explanation of badminton tactics in immersive visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(1), 118-128. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3114861>
- Conde-Ripoll, R., Llanos, M.B., García, J.M., & Sánchez-Alcaraz, B.J. (2021). Análisis de los golpes de pared en pádel profesional. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 35(2), 3-11.
- Courel-Ibáñez, J., Sánchez-Alcaraz, B.J., & Cañas, J. (2015). Effectiveness at the net as a predictor of final match outcome in professional padel players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 632-640. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868820>
- Escudero-Tena, A., Almonacid, B., Martínez, J., Martínez-Gallego, R., Sánchez-Alcaraz, B.J., & Muñoz, D. (2022). Analysis of finishing actions in men's and women's professional padel. *International Journal of Sports*

- Science&Coaching. <https://doi.org/10.1177/17479541221139970>
- Espino Palma, C.; Luis del Campo, V.; Muñoz Marín, D. (2023). Visual Behaviours of Expert Padel Athletes When Playing on Court: An In Situ Approach with a Portable Eye Tracker. *Sensors* 2023, 23, 1438. <https://doi.org/10.3390/s23031438>
- Galeano, J., Gómez, M. Á., Rivas, F., & Buldú, J. M. (2022). Using Markov chains to identify players' performance in badminton. *Chaos, Solitons & Fractals*, 165, 112828. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112828>
- Horie, S., Sato, Y., Furuyama, J., Tanabiki, M., & Aoki, Y. (2019, November). Shot Detection in Racket Sport Video at the Frame Level Using a Recurrent Neural Network. In *2019 15th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)* (pp. 447-453). <https://doi.org/10.1109/SITIS.2019.00078>
- Huang, Y. C., Liao, I. N., Chen, C. H., İk, T. U., & Peng, W. C. (2019, September). TrackNet: A deep learning network for tracking high-speed and tiny objects in sports applications. In *2019 16th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AVSS.2019.8909871>
- Javadiha, M., Andujar, C., Lacasa, E., Ric, A., & Susin, A. (2021). Estimating player positions from padel high-angle videos: Accuracy comparison of recent computer vision methods. *Sensors*, 21(10), 3368. <https://doi.org/10.3390/s21103368>
- Javadiha, M., Andujar, C., & Lacasa, E. (2022). A Query Language for Exploratory Analysis of Video-Based Tracking Data in Padel Matches. *Sensors*, 23(1), 441. <https://doi.org/10.3390/s23010441>
- Lacasa, E., Salas, C., & Torrents, C. (2021). Pádel: una mirada compleja, dinámica y no lineal en la iniciación deportiva y el entrenamiento. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (41), 354-361. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.81320>
- Martín-Miguel, I., Escudero-Tena, A., Muñoz, D., & Sánchez-Alcaraz, B. J. (2023). Performance analysis in padel: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*. <https://doi.org/10.5114/jhk/168640>
- Ramón-Llín, J., Guzmán, J., Martínez-Gallego, R., Vučković, G., Muñoz, D., & Sánchez-Alcaraz, B. J. (2021). Comparison of service tactic formation on players' movements and point outcome between national and beginner level padel. *PLOS ONE*, 16(10), e0250225. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250225>
- Sánchez-Alcaraz, B.J., Cánovas, J., Sánchez-Pay, A., & Muñoz, D. (2022). Research in paddle tennis. Systematic review. *Padel Scientific Journal*, 1(1), 71–105. <https://doi.org/10.17398/2952-2218.1.7>
- Sánchez-Alcaraz, B., Jiménez, V., Muñoz, D., & Ramón-Llín, J. (2021). Diferencias en los parámetros de carga externa entre el pádel masculino y femenino profesional. *Journal of Sport & Health Research*, 13(3).

- Su, Y., & Liu, Z. (2018). Position detection for badminton tactical analysis based on multi-person pose estimation. In 2018 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD) (pp. 379-383). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2018.8686917>
- Voeikov, R., Falaleev, N., & Baikulov, R. (2020). TNet: Real-time temporal and spatial video analysis of table tennis. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (pp. 884-885). <https://doi.org/10.1109/CVPRW50498.2020.00450>
- Wu, J., Liu, D., Guo, Z., Xu, Q., & Wu, Y. (2021). TacticFlow: Visual analytics of ever-changing tactics in racket sports. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(1), 835-845. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3114832>
- Yan, F., Kostin, A., Christmas, W., & Kittler, J. (2006, June). A novel data association algorithm for object tracking in clutter with application to tennis video analysis. In 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06) (Vol. 1, pp. 634-641). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2006.36>



MENTAL FATIGUE AND PADEL: STATE-OF-THE-ART AND BEYOND

FATIGA MENTAL Y PÁDEL: ESTADO DE LA CUESTIÓN

JESÚS DÍAZ-GARCÍA
Faculty of Sport Sciences,
University of Extremadura.
Orcid: 0000-0002-9430-750X

CHRISTOPHER RING
School of Sport,
Exercise and Rehabilitation Sciences,
University of Birmingham.
Orcid: 0000-0001-9921-0435

DAVID MANZANO-RODRÍGUEZ
Faculty of Sport Sciences,
University of Extremadura.
Orcid: 0000-0001-8524-4570

TOMÁS GARCÍA-CALVO
Faculty of Sport Sciences,
University of Extremadura.
Orcid: 0000-0002-2550-418X

Autor de correspondencia: Jesús Díaz García. Faculty of Sport Sciences, Avda de la Universidad, s/n, 10003, Cáceres, Spain. jdiaz@unex.es

Recibido: 02/11/2023

Aceptado: 27/12/2023

ABSTRACT

Padel is attracting increased research interest. Although the focus has been on the physical and technical-tactical demands of the game, recently more attention is being paid to its mental demands and, more specifically, the importance of mental fatigue. This literature review provides an overview of mental fatigue in padel. First, we consider the mentally fatiguing nature of padel. Padel players must make complex decisions under high-time pressure, maintain self-confidence, and communicate with their partners in an emotionally charged context. With these cognitive demands, it is not surprising that padel matches and tournaments are mentally fatiguing. Second, we review evidence confirming that mental fatigue is detrimental for padel players' performance, in agreement with findings observed in other sports. Third, we evaluate strategies to tackle mental fatigue and its effects on padel performance. Until now, the only proven long-term countermeasure is Brain Endurance Training. Finally, we make a series of recommendations for coaches and players to deal with mental fatigue, that focus on the quantification and modulation of mental fatigue among padel players. We strongly recommend i. to include subjective ratings of mental fatigue (i.e., VAS scale) before and after training and competitive matches, ii. to reduce the cognitive load of training before competitions by, for example, use positive feedback or habitual training exercises, and iii. to use Brain Endurance Training during non-competitive moments of the season.

Keywords: Cognitive fatigue, Brain Endurance Training, performance, racket sports.

RESUMEN

El pádel suscita cada vez más interés en la investigación. Aunque la atención se ha centrado en las exigencias físicas y técnico-tácticas del juego, recientemente se está prestando más atención a sus exigencias mentales y, más concretamente, a la importancia de la fatiga mental. Esta revisión bibliográfica ofrece una visión general de la fatiga mental en el pádel. En primer lugar, consideramos la naturaleza de fatiga mental del pádel. Los jugadores de pádel deben tomar decisiones complejas bajo una gran presión de tiempo, mantener la confianza en sí mismos y comunicarse con sus compañeros en un contexto cargado de emociones. Con estas demandas cognitivas, no es sorprendente que los partidos y torneos de pádel sean mentalmente fatigantes. En segundo lugar, revisamos las pruebas que confirman que la fatiga mental es perjudicial para el rendimiento de los jugadores de pádel, de acuerdo con los hallazgos observados en otros deportes. En tercer lugar, evaluamos las estrategias para hacer frente a la fatiga mental y sus efectos sobre el rendimiento en el pádel. Hasta ahora, la única contramedida probada a largo plazo es el entrenamiento de la resistencia

cerebral. Por último, hacemos una serie de recomendaciones para entrenadores y jugadores para hacer frente a la fatiga mental, que se centran en la cuantificación y modulación de la fatiga mental entre los jugadores de pádel. Recomendamos especialmente i. incluir medidas subjetivas de fatiga mental (i.e., VAS scale) antes y después de los partidos y partidos de competición, ii. Reducir la carga cognitiva de los entrenamientos cercanos a la competición mediante, por ejemplo, el uso de feedback positivo o ejercicios de entrenamiento habituales, y iii. Utilizar Brain Endurance Training durante fases de la temporada en las que no haya torneos.

Palabras clave: Fatiga cognitiva, entrenamiento de la resistencia cerebral, rendimiento, deportes de raqueta.

Introduction

Padel, a racket sport played in doubles in a 20 x 10 m. court enclosed by glass and fences, has attracted the interest of researchers (Denche-Zamorano et al., 2023). Most of these publications have focused on the physiological (Cádiz-Gallardo et al., 2023) and technical-tactical (Martin-Miguel et al., 2023) demands of the game. More recently, it was reported that padel is both mentally and physically effortful; padel induces a state of mental fatigue among players (Díaz-García, González-Ponce, López-Gajardo, et al., 2021) that can impair performance (Díaz-García et al., 2023). The main purpose of this article is to summarize and bring out the existing findings about mental fatigue in padel. Specifically, this review considers i. the mentally fatiguing nature of padel, ii. the detrimental effects of mental fatigue on padel performance, iii. the possible countermeasures for players to tackle these detrimental effects, and, iv. a series of practical recommendations about measures of mental fatigue and its modulation.

The mentally fatiguing nature of padel

Mental fatigue, a psychobiological state evoked by prolonged and demanding cognitive activities, is characterized by subjective (e.g., Borg ratings, enhanced feelings of exertion), behavioral (e.g., impaired reaction time), or/and physiological (e.g., changes in heart rate variability or electroencephalographic activity) symptoms in athletes (Van Cutsem et al., 2017). During a professional tournament, Díaz-García, González-Ponce, López-Gajardo et al.

(2021) collected subjective ratings of mental fatigue and measured cognitive performance during a 45 s incongruent Stroop task and reaction time during a Psychomotor Vigilance Task, before and after padel matches. Three main conclusions were drawn. First, padel matches increased subjective feelings of mental fatigue and impaired performance on the Stroop task and Psychomotor Vigilance Task. These findings reveal that padel games evoke a state of mental fatigue with subjective (i.e., feelings of tiredness) and behavioral symptoms (i.e., impaired response inhibition and attention). Similarly, authors have reported the mentally fatiguing nature of soccer (Thompson et al., 2019) and netball (Russell et al., 2022) games. Second, when players played more than one game per day, a very common situation in the early rounds of professional tournaments, the mental fatigue at the start of the second game of the day was higher than at the start of the first game of the day. This finding shows incomplete recovery in mental fatigue between games when players play more than one game per day. Third, the finding that mental fatigue was highest after the last game of a tournament day and lowest before the first game of the next tournament day showed that a good night's sleep enables players to recover to their baseline state of mental fatigue.

Why is padel mentally fatiguing? Van Cutsem et al. (2017) proposed that mental fatigue in sport may be caused by prolonged sport-specific cognitive or emotional demands. Díaz-García, González-Ponce, López-Gajardo et al. (2021) reasoned that padel is a cognitive demanding activity because players make decisions in a complex environment under time pressure. During a match padel players must repeatedly choose the correct response option while remembering the tips of their coach, self-analyzing their own and their partner's situation (e.g., the result), while considering the match characteristics (e.g., opponent's ranking) and their opponents' tendencies. Players need to perform these information processing cognitive demands at the same time as they prepare and execute complex technical actions, all in a very short timeframe. Moreover, playing padel elicits emotions (e.g., anxiety, anger) and creates pressure to perform. It is in this context that padel players need to maintain self-confidence and good communication with their partner. Finally, padel tournaments impose additional demands, such as interviews, travel, and sleep deprivation, that can evoke mental fatigue in professional athletes (Thompson et al., 2020).

Taken together, the abovementioned evidence shows that padel matches and tournaments are associated with a series of padel-specific cognitive and emotional experiences that create a state of mental fatigue among padel players with subjective and behavioral consequences. Clearly, the study findings

(Díaz-García, González-Ponce, López-Gajardo, et al., 2021) should be replicated and extended by studies that include physiological measures to corroborate the degree of mental fatigue. In sum, this information about the demands of padel is of importance for players and coaches because mental fatigue can impair padel performance.

The detrimental effects of mental fatigue on padel performance

A systematic review of past studies has summarized their findings and concluded that mental fatigue is detrimental for psychomotor performance in a range of different sports (Habay et al., 2021), including table tennis (Le Manssec et al., 2018) and tennis (Filipas et al., 2018). A recent study has confirmed that a state of mental fatigue, induced by a 30-min Stroop task and confirmed by increased subjective feelings and cognitive task performance, impaired the subsequent psychomotor performance of padel players (Díaz-García et al., 2023). More specifically, padel shot speed and accuracy was worse after the Stroop task (when feeling fatigued) compared to before the Stroop task (when feeling fresh). A limitation of this study was the lack of psychobiological measures to corroborate the state of mental fatigue and identify plausible underlying mechanisms for the detrimental effects on performance. It is worth noting that this limitation is common with most studies in this field of research (Habay et al., 2021). Psychobiological measures can be used to evaluate theoretical accounts of the fatigue-performance relationship.

Several theories purport to explain this phenomenon. These include a mental fatigue associated-cognitive performance impairment that impairs subsequent motor commands (Ishii et al., 2014), a response of inhibition in the central nervous system (Van Cutsem et al., 2022), and increased perceived effort (Smith et al., 2015). The latter theory, which is the most popular explanation to date, was developed to explain endurance exercise termination, arguing that mental fatigue increases the cost of continuing to perform a task so that the subjective limit of endurance is reached sooner. The theory has been extended to other tasks, with mental fatigue increasing effort and impairing decision-making and technical performance (Van Cutsem et al., 2017). Mechanistic studies are needed to deepen our understanding of the reasons that mental fatigue impairs performance in padel.

In sum, it has been demonstrated that mental fatigue is detrimental for padel performance. Both accuracy and speed of padel shots, namely drive, drive volley, bandeja and drive-attack after glass, were impaired by mental fatigue induced by a prior cognitive task. Future studies should consider

including psychobiological measures, such as electroencephalographic and neuroimaging responses, to further understand the role played by psychological processes, such as mental fatigue, effort, and motivation, in determining padel performance. This rich information may help identify effective ways to deal with the detrimental effects of mental fatigue on the performance of padel players. It is evident that such countermeasures would help padel players perform optimally during individual matches and tournaments.

How to tackle the detrimental effects of mental fatigue on padel performance?

A systematic review summarized the strategies that athletes can use to mitigate the detrimental effects of mental fatigue on performance (Proost et al., 2022). The review identified a number of promising short-term countermeasures, including smelling odors, consuming caffeine, and adopting behavioral strategies (e.g., listening to music, motivational self-talk). Although these options are helpful for athletes and coaches, they are only likely to be effective in the short-term, and, may already be used by athletes. The only evidence-based long-term effective countermeasure against mental fatigue and its deleterious effects on performance is Brain Endurance Training. This novel training method, that adds demanding cognitive activities to standard physical training activities, has been proven effective for endurance exercise, such as running, cycling and handgrip (e.g., Dallaway et al., 2021, 2023; Staiano et al., 2022, 2023). The most popular explanation why mental fatigue is detrimental for sport performance is that, in presence of high levels of mental fatigue, athletes feel that they need to exert more effort than normal for the same actual physical demands (Van Cutsem et al., 2017). Consequently, mentally fatigued athletes report higher Ratings of Perceived Exertion. Brain Endurance Training repeatedly exposes athletes to such induced mental fatigue-associated increase in perceived effort. Consequently, after completing a multi-week Brain Endurance Training program athletes have recalibrated the relation between perceived effort and actual effort exerted during exercise (Staiano et al., 2023). They feel less mental fatigue during cognitive and physical tasks. In sum, BET allows athletes to perform at a higher level for the same Rating of Perceived Exertion or perform at the same level for lower Rating of Perceived Exertion when compared with athletes who only complete the standard physical training.

The benefits of Brain Endurance Training for grassroots padel players has been demonstrated recently (Díaz-García et al., 2023). Players were randomly

allocated to Brain Endurance Training or control groups and completed a Padel Performance Test pre-, mid- and post-training. Speed and accuracy of volley, drive volley, bandeja, and after-glass attack shots were better when fatigued for the Brain Endurance Training group compared with standard padel training. The players were less mental fatigued by a demanding cognitive task following BET than control. Although this evidence highlights the effectiveness of BET as a countermeasure to mitigate the deleterious effects of mental fatigue on the performance of core racquet skills, future studies are needed to replicate and extend the findings in professional padel players. Such studies could also include psychobiological measures to provide further insights and help us to better understand the mechanism(s) underlying the benefits caused by Brain Endurance Training.

Practical recommendations for padel players and coaches: measurement and management of mental fatigue

Based on the mentally fatiguing nature of padel and the detrimental effects that mental fatigue may have on padel performance, we encourage coaches and padel players (i) to quantify the levels of mental fatigue and, (ii) to modulate the levels of mental fatigue

Our first recommendation is to quantify the levels of mental fatigue. The inclusion of subjective ratings and technology, such as Global Position Systems or video-cameras, are now commonplace in most sports, including padel. In contrast, mental fatigue is rarely measured in athletes. In large part, this is because coaches have yet to see the importance of this construct or they lack knowledge about it and its potential to undermine players' performance. A systematic review by Díaz-García, González-Ponce, Ponce-Bordón, et al. (2021) recommended to include at least one subjective rating, one behavioral measure of performance, and one physiological measure. Our recommendation is to include a rating of mental fatigue, such as the Visual Analogue Scale, a one-item scale with high effectiveness to detect small changes in the state of mental fatigue (Smith et al., 2019). This could be supplemented by measures of speed, accuracy and consistency on short simple tasks, such as the 3-min Brief Psychomotor Vigilance Task and 1-min Psychomotor Fatigue Threshold Task (Díaz-García et al., 2023). The inclusion of psychobiological measures is more complicated, but we strongly recommend, when possible, the use of heart rate variability, eye-tracker, pupillometry, or electroencephalography (Habay et al., 2022).

Our second recommendation is to try to correctly manage the levels of

mental load and fatigue evoked by training. More specifically, we recommend coaches avoid creating high-levels of mental load in the training sessions leading up to competitions. Although there is not a lot of information about the extent of mental fatigue evoked by padel training activities, our practical coaching and playing experience strongly suggests that players should avoid novel, complex and time pressured scenarios just before competitions. In contrast, short and usual training activities, low-physically demanding training, or short-bouts of cognitive training presented in an engaging way may be of interest to prepare players for competitions. With regard the trainings performed in non-competitive periods, we encourage coaches to create training activities that overload the mental demands of competitions in order to prepare players for those crucial must-win scenarios. There is not a lot of information about the mentally fatiguing nature of padel training. Otherwise, there is a strong body of evidence about this topic in soccer. The authors have suggested that the mental fatigue of training tasks may be increased by: i) increase the time pressure (I.e., the time that players have to achieve the tasks' purposes) of the task (Ponce-Bordón et al., 2022); ii. increase the participation and use of coaches verbal behavior during trainings (Díaz-García, Pulido, et al., 2021), or iii. the use of short-modifications of normal training tasks (García-Calvo et al., 2021). Based on this information, it seems that increase the entropy and the emotional demands of training may increase the mental fatigue of the players subsequently. Then, to increase the mental fatigue of padel trainings, coaches should use non-regular training tasks, increase the verbal instructions to players, or increase the complexity of the task's rules. For example, include certain rules such as "service and first shots must be to the same player" or "lob must bounce after the service line", or increase the negative feedback may be effective strategies to increase the mental fatigue of the during trainings players.

Acknowledgement

The present study has received the award "II Premios DUEX – INVESTIGA" of the "Fundación Jóvenes y Deportes de la Junta de Extremadura".

References

Dallaway, N., Lucas, S., Marks, J., & Ring, C. (2023). Prior brain endurance training improves endurance exercise performance. *European Journal of Sport Science*, 23(7), 1269–1278.

- <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2153231>
Dallaway, N., Lucas, S. J. E., & Ring, C. (2021). Concurrent brain endurance training improves endurance exercise performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(4), 405–411.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.10.008>
- Denche-Zamorano, A., Escudero-Tena, A., Pereira-Payo, D., Adsuar, J. C., & Muñoz, D. (2023). Scientific mapping of the state-of-the-art in padel. A bibliometric analysis. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/17479541231161993>
- Díaz-García, J., González-Ponce, I., López-Gajardo, M. Á., Van Cutsem, J., Roelands, B., & García-Calvo, T. (2021). How mentally fatiguing are consecutive World Padel Tour matches?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9059. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179059>
- Díaz-García, J., González-Ponce, I., Ponce-Bordón, J. C., López-Gajardo, M. Á., Ramírez-Bravo, I., Rubio-Morales, A., & García-Calvo, T. (2021). Mental load and fatigue assessment instruments: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 419. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010419>
- Díaz-García, J., Habay, J., Rubio-Morales, A., de Watcher, J., García-Calvo, T., Roelands, B., & Van Cutsem, J. (2023). Mental fatigue impairs padel-specific psychomotor performance in youth-elite male players. *European Journal of Sport Sciences*, In press.
- Díaz-García, J., García-Calvo, T., Manzano-Rodríguez, D., López-Gajardo, M. Á., Parraca, J. A., & Ring, C. (2023). Brain endurance training improves shot speed and accuracy in grassroots padel players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 26(7), 386–393.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2023.06.002>
- Díaz-García, J., Pulido, J. J., Ponce-Bordón, J. C., Cano-Prado, C., López-Gajardo, M. Á., & García-Calvo, T. (2021). Coach encouragement during soccer practices can influence players' mental and physical loads. *Journal of Human Kinetics*, 79, 277–288. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0079>
- Filipas, L., Rossi, C., Codella, R., & Bonato, M. (2023). Mental fatigue ompairs second serve accuracy in tennis players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1–7. Advance online publication.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2023.2174488>
- García-Calvo, T., Pulido, J. J., Ponce-Bordón, J. C., López-Gajardo, M. Á., Teoldo Costa, I., & Díaz-García, J. (2021). Can rules in technical-tactical decisions influence on physical and mental load during soccer training? A pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4313.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18084313>
- Habay, J., Van Cutsem, J., Verschueren, J., De Bock, S., Proost, M., De Wachter,

- J., Tassignon, B., Meeusen, R., & Roelands, B. (2021). Mental fatigue and sport-specific psychomotor performance: A systematic review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(7), 1527–1548. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01429-6>
- Ishii, A., Tanaka, M., & Watanabe, Y. (2014). Neural mechanisms of mental fatigue. *Reviews in the Neurosciences*, 25(4), 469–479. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2014-0028>
- Le Mansec, Y., Pageaux, B., Nordez, A., Dorel, S., & Jubeau, M. (2018). Mental fatigue alters the speed and the accuracy of the ball in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2751–2759. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1418647>
- Martín-Miguel, I., Escudero-Tena, A., Muñoz, D., Sánchez-Alcaraz, B. J. (2023). Performance analysis in padel: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 89, In press. <https://doi.org/10.5114/jhk/168640>
- Ponce-Bordón, J.C., García-Calvo, T., López-Gajardo, M.A., Díaz-García, J., & González-Ponce, I. (2022). How does the manipulation of time pressure during soccer tasks influence physical load and mental fatigue? *Psychology of Sport and Exercise*, 63, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102253>
- Proost, M., Habay, J., De Wachter, J., De Pauw, K., Rattray, B., Meeusen, R., Roelands, B., & Van Cutsem, J. (2022). How to tackle mental fatigue: A systematic review of potential countermeasures and their underlying mechanisms. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(9), 2129–2158. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01678-z>
- Russell, S., Jenkins, D. G., Halson, S. L., Juliff, L. E., Connick, M. J., & Kelly, V. G. (2022). Mental fatigue over 2 elite netball seasons: A case for mental fatigue to be included in athlete self-report measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(2), 160–169. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0028>
- Smith, M. R., Chai, R., Nguyen, H. T., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Comparing the effects of three cognitive tasks on indicators of mental fatigue. *The Journal of Psychology*, 153(8), 759–783. <https://doi.org/10.1080/00223980.2019.1611530>
- Smith, M. R., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2015). Mental fatigue impairs intermittent running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(8), 1682–1690. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000592>
- Thompson, C. J., Fransen, J., Skorski, S., Smith, M. R., Meyer, T., Barrett, S., & Coutts, A. J. (2019). Mental fatigue in football: Is it time to shift the goalposts? An evaluation of the current methodology. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(2), 177–183. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1016-z>
- Thompson, C. J., Noon, M., Towilson, C., Perry, J., Coutts, A. J., Harper, L. D., Skorski, S., Smith, M. R., Barrett, S., & Meyer, T. (2020). Understanding

the presence of mental fatigue in English academy soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 38(13), 1524–1530.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1746597>

Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(8), 1569–1588.

<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>

Van Cutsem, J., Van Schuerbeek, P., Pattyn, N., Raeymaekers, H., De Mey, J., Meeusen, R., & Roelands, B. (2022). A drop in cognitive performance, whodunit? Subjective mental fatigue, brain deactivation or increased parasympathetic activity? It's complicated!. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 155, 30–45.

<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.06.006>

