



De la Torre, A.; González-Jurado, J. A.; Vicente-Rodríguez, G.; Castellar, C.; Pradas, F. (2022). Análisis del perfil fisiológico, metabólico y estructural del tenis de mesa desde una perspectiva de género. *Journal of Sport and Health Research*. 14(2): 235-246.

Original

ANÁLISIS DEL PERFIL FISIOLÓGICO, METABÓLICO Y ESTRUCTURAL DEL TENIS DE MESA DESDE UNA PERSPECTIVA DE GÉNERO

ANALYSIS OF THE PHYSIOLOGICAL, METABOLIC AND STRUCTURAL PROFILE OF TABLE TENNIS FROM A GENDER PERSPECTIVE

De la Torre, A.¹; González-Jurado, J. A.²; Vicente-Rodríguez, G.³; Castellar, C.³; Pradas, F.³

¹*Clinica CEMTRO*

²*University of Pablo de Olavide (Sevilla)*

³*University of Zaragoza*

Correspondence to:
Francisco Pradas de la Fuente
University of Zaragoza
Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte.
Plaza Universidad s/n
974238426
franprad@unizar.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 10/08/2020
Accepted: 17/09/2020



RESUMEN

En las últimas dos décadas el tenis de mesa ha experimentado importantes transformaciones en su reglamento y en los materiales de juego. Estas modificaciones han supuesto una evolución hacia un tenis de mesa más moderno y dinámico. Diversas investigaciones describen el esfuerzo y la dinámica de juego del tenis de mesa masculino. Sin embargo, existe un gran desconocimiento de la estructura de juego y del impacto que supone la práctica de este deporte en las mujeres. El objetivo de este estudio ha sido analizar la respuesta fisiológica y metabólica y la estructura de juego del tenis de mesa actual considerando a ambos géneros. Una muestra de 48 jugadores de elite (24 jugadores y 24 jugadoras), participaron en una competición simulada para evaluar la respuesta cardiaca, los niveles de lactato y diferentes parámetros estructurales de juego. Se han encontrado diferencias entre el juego masculino y femenino en los registros cardíacos mínimos ($p<0,004$) y máximos ($p<0,001$), en los niveles de lactato ($p<0,001$), en los tiempos de juego ($p<0,01$) y en el número de golpes efectuado por jugada ($p<0,01$). El tenis de mesa se caracteriza en ambos géneros por la realización de esfuerzos submáximos, una gran variabilidad cardiaca y un metabolismo de predominio anaeróbico aláctico. El juego desarrollado en la competición masculina es más rápido y explosivo que el de la femenina caracterizado por efectuarse un mayor número de golpes por jugada. Se hace necesario la realización de nuevos estudios en donde se considere el estilo de juego y los materiales de juego utilizado por los deportistas analizados. Esta investigación resulta de gran interés y relevancia en la actualidad por ser pionera en el tenis de mesa femenino describiendo el esfuerzo y la dinámica de juego que lo caracteriza.

Palabras clave: deportes de raqueta, ergometría, competición simulada, frecuencia cardíaca, lactato, análisis temporal, técnica y táctica.

ABSTRACT

Table tennis has undergone an important transformation over the last two decades. These changes have represented an evolution towards a more dynamic and modern table tennis. Extensive sport science research describe the men's table tennis sportive effort and game dynamic. However, there is often a huge lack of knowledge about the game structure and the impact of practicing this sport on women. The purpose of this study was the both genders' physiological and metabolic response analysis as well as the current table tennis playing structure analysis. A sample of 48 elite players (24 men players and 24 female players) participated in a simulated competition with the aim to assess cardiac response, lactate levels, and different structural parameters of play. There were differences between male and female play in the minimum ($p<0.004$) and maximum ($p<0.001$) cardiac records, in lactate levels ($p<0.001$), in the game times ($p<0,01$) and in the number of hits made per move ($p<0.01$). Table tennis is characterized by performing submaximal efforts, great cardiac variability, and a predominantly anaerobic-lactic metabolism in both genders. The development of men's game is faster and more intense than the women game competition which is characterized by a greater number of strokes per play. Further research of playing styles and playing materials used by the analyzed athletes is needed. This study is a pioneering research in women's table tennis and hence of current significant relevance and greatest interest by describing the sportive effort and the game dynamics that characterize it.

Keywords: racquet sports, ergometry, simulated competition, heart rate, lactate, temporal analysis, technique and tactic.



INTRODUCCIÓN

El tenis de mesa está considerado como uno de los deportes más populares del mundo con millones de practicantes especialmente en Asia y en determinadas zonas de Europa (Allen, 1991). Su dinámica de juego es de tipo intermitente con continuos periodos de trabajo y descanso (Watanabe et al., 1992), realizándose de manera coordinada diferentes acciones técnicas a máxima velocidad, con desplazamientos rápidos y cortos que implican continuos cambios de dirección (Pradas, et al., 2013). Las situaciones tácticas que se producen durante el juego son muy complejas con una pelota en movimiento a gran velocidad ante la cual el deportista debe reaccionar y actuar del modo más oportuno en el menor tiempo posible (Melero et al., 2005).

En los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992 el tenis de mesa se incorpora oficialmente como disciplina olímpica. A partir de este momento, el tenis de mesa experimenta un rápido y progresivo avance tecnológico, orientado fundamentalmente hacia el desarrollo de nuevos compuestos que optimicen y potencien las prestaciones de los materiales utilizados en este deporte (palas, revestimientos de caucho, pelotas, pegamentos, etc.).

Como consecuencia de la rápida incorporación de estos avances en competiciones oficiales, en el año 2000 la Federación Internacional de Tenis de Mesa (ITTF) decide abordar una profunda transformación del reglamento técnico de juego. Se reduce el número de tantos por juego de 21 a 11 puntos, se aumenta el tamaño y peso de la pelota de 38 a 40 mm y de 2,49 a 2,67 g respectivamente, y se incorpora la posibilidad de solicitar un tiempo muerto como cambios más relevantes. La introducción de todas estas modificaciones ha supuesto una evolución importante de este deporte hacia un tenis de mesa más moderno y actual, haciendo más atractivo su juego para los espectadores de televisión y público en general (Schneider et al., 2018).

La incorporación de estas nuevas reglas ha afectado de manera importante la dinámica interna del tenis de mesa, marcando un antes y un después en este deporte. Diversas investigaciones han examinado las consecuencias que han tenido las modificaciones del reglamento, considerando su impacto sobre los materiales de juego utilizados (Harrison, 2002; Imoto, Yoshida & Yuza, 2002; Takeuchi et al.,

2002; Tang et al., 2002; Wei et al., 2002), las técnicas efectuadas (Djokic, 2002; Dong, 2005; Liu, 2005) o el comportamiento táctico desarrollado (Djokic, 2006; Dong, 2005; Zhang & Hohmann, 2004).

En los últimos años, las investigaciones se han orientado hacia conocer la respuesta fisiológica y metabólica que caracteriza a este nuevo escenario deportivo. En este sentido, son amplias las investigaciones realizadas en las que se ha analizado a muestras muy heterogéneas como jóvenes jugadores (Sperlich et al., 2011), palistas de mayor experiencia deportiva y jugadores de nivel internacional (Kondrič et al., 2007; Zagatto et al., 2010).

Por otro lado, como consecuencia de la dificultad que conlleva desarrollar este tipo de estudios durante una competición oficial, los investigadores han diseñado, en ambientes controlados de laboratorio, partidos en donde se simulen unas condiciones de competición análogas a las reales, o desarrollando test específicos en donde se reproduzcan determinadas situaciones de juego (Kasai et al., 2010; Melero et al., 2005; Morel & Zagatto, 2008; Shieh et al., 2010; Zagatto & Gobatto, 2012). En estos estudios los parámetros más utilizados para analizar las demandas fisiológicas y metabólicas del tenis de mesa se han centrado en determinar el umbral ventilatorio y el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) (Kondrič et al., 2007; Zagatto et al., 2008), la concentración de lactato (LA) en sangre (Melero et al., 2005; Morel & Zagatto, 2008) y la frecuencia cardíaca (FC).

Sin embargo, en la actualidad siguen existiendo muchas incógnitas e interrogantes sobre el impacto provocado por este nuevo contexto deportivo, en particular en jugadoras, existiendo un número muy reducido de investigaciones en donde se describa la respuesta metabólica y fisiológica en el tenis de mesa femenino, así como las posibles diferencias que pueden existir en cuanto a la estructura y dinámica de juego del tenis de mesa entre hombres y mujeres. En este sentido, tras más de dos décadas compitiendo con nuevas reglas y materiales de juego, en esta investigación se plantea como objetivo describir la respuesta fisiológica, metabólica y la estructura de juego que caracteriza al tenis de mesa actual analizándolo desde una perspectiva de género.



MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

Un total de 48 jugadores de tenis de mesa de elite y categoría absoluta, 24 mujeres y 24 varones, participaron de manera voluntaria en este estudio. Las características generales de la muestra se presentan en la Tabla 1. Los deportistas seleccionados para participar en esta investigación competían de manera regular durante los últimos cinco años en la liga oficial de la máxima categoría española, organizada y regulada por la Real Federación Española de Tenis de Mesa (RFETM). Todos los jugadores analizados se encontraban entre los 30 primeros puestos del ranking nacional español absoluto publicado por la RFETM, encontrándose algunos de ellos clasificados entre los 100 mejores jugadores del mundo según el ranking oficial de la ITTF.

Tabla 1. Características generales de la muestra (M ± DT).

	Hombres (n=24)	Mujeres (n=24)
Edad (años)	25,3 (±4,07)	22,3 (±3,8)
Masa corporal (kg)	69,9 (±9,2)	57,6 (±6,1)
Altura (cm)	176 (±0,06)	166 (±0,06)
IMC (kg/m ²)	22,6 (±2,3)	20,9 (±1,6)
Masa grasa (%)	12 (±2,2)	19,9 (±2,08)
Masa muscular (%)	47,07 (±1,7)	44,9 (±2,01)
Experiencia (años)	16,04 (±4,1)	13,2 (±3,8)

Nota: M = Media; DT = Desviación típica.

Antes de su participación en el estudio todos los deportistas fueron informados de manera verbal del procedimiento a seguir en esta investigación, tras lo cual dieron su consentimiento por escrito. La investigación se llevó a cabo bajo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki, actualizadas en la Asamblea Médica Mundial en Fortaleza (Brasil) en 2013 para la investigación con sujetos humanos.

Esta investigación fue aprobada por el Comité Ético de Investigación Clínica del Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud del Gobierno de Aragón.

Procedimiento

Para determinar la respuesta máxima de los deportistas se realizó en laboratorio una prueba continua e incremental monitorizada sobre un tapiz

rodante Pulsar HP (Cosmos, Nussdorf, Alemania). El protocolo de la prueba consistió en un calentamiento preliminar sobre el ergómetro de cinco minutos a una velocidad de 6 km·h⁻¹, iniciándose la prueba de esfuerzo a una velocidad de 8 km·h⁻¹ con incrementos de 1 km·h⁻¹ cada minuto y con una pendiente constante del 1%. La prueba de esfuerzo tenía un carácter máximo realizándola los deportistas hasta el agotamiento. Durante la ergometría se registraron valores de FC, VO₂máx y LA. Los datos correspondientes a la respuesta cardiaca y a la recogida de gases espirados se obtuvieron mediante determinación directa utilizándose un cardiófrecuenciómetro Cosmos (Nussdorf, Alemania) y un analizador Oxycon Pro (Jaegger, Alemania) respectivamente. Se utilizó un método fotoenzimático portátil para analizar la concentración de LA (Dr. Lange LP-20, Berlín, Alemania).

Una semana después de la realización de la prueba máxima los jugadores efectuaron una competición simulada. Esta prueba consistía en disputar un partido de tenis de mesa en donde se reproducía una situación competitiva similar a una de carácter oficial. La competición simulada se diseñó al mejor de siete juegos. Durante los partidos se registraron parámetros fisiológicos (FC), metabólicos (LA) y aspectos temporales y estructurales (variables técnico-tácticas). Antes de disputarse los partidos los deportistas realizaron un calentamiento estandarizado de 15 minutos (min) de duración. Los 3 primeros min correspondían a actividad física genérica y los 12 min restantes a la realización de un calentamiento específico en mesa, que consistía en la ejecución de golpes sin efecto y con efecto liftado en la diagonal natural durante 4 min para cada técnica (2 min de derecha y 2 de revés), 2 min de juego corto próximo a la red y 2 min de juego libre con servicio.

Previo al calentamiento se tomó una muestra de sangre capilar de 10 µl del lóbulo de la oreja para establecer los niveles de LA basales (LA_b). Durante los partidos se determinaron nuevos valores de LA tomándose muestras de sangre a la finalización de cada juego (LA₁, LA₂, LA₃, LA₄, LA₅, LA₆ y LA₇) y en los minutos 1, 3 y 5 del periodo de recuperación (LA_{rec}), siguiendo el mismo protocolo y los materiales utilizados en laboratorio. Los registros cardíacos de frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}) y mínima (FC_{mín}) de todo el partido se obtuvieron



mediante telemetría utilizando pulsómetros Polar S-610 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia).

Para que la competición tuviera las mismas características en cuanto a intensidad y nivel de juego los encuentros se organizaron siguiendo el método establecido en otras investigaciones para este deporte (Pradas et al., 2015). Un total de 24 partidos, 12 masculinos y 12 femeninos, fueron analizados. El registro de los datos estructurales se realizó utilizando la herramienta y el protocolo de observación desarrollado por Pradas et al. (2012), para el deporte del tenis de mesa. Dos observadores expertos en tenis de mesa analizaron todos los partidos. El análisis de la concordancia de los datos presentó un índice Kappa en todas las variables estructurales analizadas por encima de .80, considerándose el grado de acuerdo como muy alto (Altman, 1991).

La competición simulada se desarrolló en unas condiciones de humedad y temperatura de $48\pm 2,6\%$ y $22\pm 0,8$ grados centígrados respectivamente. Todos los partidos se jugaron en mesas oficiales y con materiales homologados por la ITTF.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa IBM® SPSS® Statistics versión 22.0 para Windows (Inc, Chicago, Illinois). Se realizó una estadística descriptiva para obtener las medidas de tendencia central: media (M), desviación típica (DT), mínimo y máximo. La normalidad se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. En el caso de las variables con distribución normal se utilizó la prueba t de Student para comparar las medias entre varones y mujeres, mientras que para las variables sin distribución normal, se empleó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para comparar las distribuciones entre ambos sexos. Todas las comparaciones fueron bilaterales y se consideró estadísticamente significativo un valor de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Las variables fisiológicas analizadas durante la ergometría pusieron de manifiesto, al comparar ambos géneros, una $FC_{\text{máx}}$ ligeramente superior en las jugadoras ($194,6\pm 6,3$ vs $195,5\pm 4,6$ l·min⁻¹), mientras que los jugadores obtuvieron mayores valores de

$VO_{2\text{máx}}$ ($53\pm 6,03$ vs $44,2\pm 5,6$ ml·kg·min⁻¹). La respuesta metabólica obtenida a través del análisis de LA fue superior en varones ($13\pm 2,2$ vs $11,7\pm 1,6$ mmol·l⁻¹). Asimismo, la carga máxima movilizada durante la prueba de esfuerzo, expresada en velocidad (V), fue también superior en los deportistas de género masculino ($17,8\pm 1,4$ vs $14\pm 0,6$ km·h⁻¹). En la Tabla 2 se presentan los valores obtenidos en todas las variables analizadas.

Tabla 2. Valores obtenidos en la prueba de esfuerzo (M±DT)

	Hombres (n=24)	Mujeres (n=24)
$FC_{\text{máx}}$ (l·min ⁻¹)	194,6 (±6,3)	195,5 (±4,6)
$VO_{2\text{máx}}$ (ml·kg·min ⁻¹)	53 (±6,03)	44,2 (±5,6)
$V_{\text{máx}}$ (km·h ⁻¹)	17,8 (±1,4)	14 (±0,6)
LA (mmol·l ⁻¹)	13 (±2,2)	11,7 (±1,6)

Nota: M = Media; DT = Desviación típica.

Los resultados correspondientes a las variables fisiológicas analizadas durante la competición simulada se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Variables fisiológicas (M±DT).

	Hombres (n=24)	Mujeres (n=24)
$FC_{\text{máx}}$ (l·min ⁻¹)	163,9 (±1,8)	155,4 (±1,6)
FC_{med} (l·min ⁻¹)	138,7 (±3,6)	137,2 (±4,7)
FC_{min} (l·min ⁻¹)	111,3 (±2,6)	104,5 (±1,5)
FC_1 (l·min ⁻¹)	132,4 (±17,9)	137,2 (±10,4)
FC_2 (l·min ⁻¹)	143,2 (±14,2)	142 (±13,7)
FC_3 (l·min ⁻¹)	140 (±11,2)	138,8 (±12,2)
FC_4 (l·min ⁻¹)	141,8 (±12,7)	138,5 (±13,4)
FC_5 (l·min ⁻¹)	139,7 (±12,8)	139,2 (±18,7)
FC_6 (l·min ⁻¹)	137,4 (±10,1)	137,8 (±14,8)
FC_7 (l·min ⁻¹)	136,5 (±20,9)	127 (±10,9)

Nota: M = Media; DT = Desviación típica.

Los registros cardiacos alcanzados durante los diferentes juegos disputados sitúan el esfuerzo máximo en un rango de 147-177 l·min⁻¹ en hombres y de 139-167 l·min⁻¹ en mujeres. Los jugadores obtienen valores significativamente superiores a las jugadoras en las variables FC_{min} ($111,3\pm 2,6$ vs $104,5\pm 1,5$ l·min⁻¹; $p < 0,004$) y $FC_{\text{máx}}$ ($163,9\pm 1,8$ vs $155,4\pm 1,6$ l·min⁻¹; $p < 0,001$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la FC_{med} .



Los valores de $FC_{m\acute{a}x}$ y FC_{med} representan, respecto a la máxima frecuencia cardíaca obtenida en laboratorio, porcentajes del 84,6% vs 79,9% y del 71,5% vs 70,3% respectivamente en hombres y mujeres. Los esfuerzos realizados en la competición simulada se situaron en una franja del 60% al 70% respecto al $VO_{2m\acute{a}x}$ en ambos géneros (Burke, 1998).

En la Figura 1 se presenta la respuesta cardíaca registrada por un jugador durante la competición simulada. Se puede apreciar la gran variabilidad cardíaca existente oscilando los registros de FC entre los 104 y 172 $l\cdot min^{-1}$.

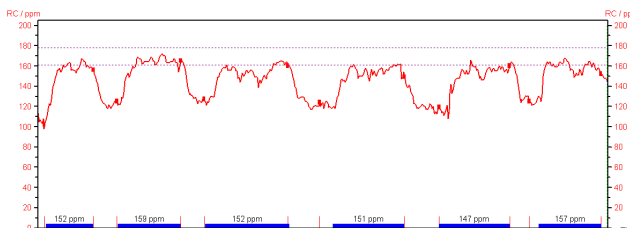


Figura 1. Registro de frecuencia cardíaca durante un partido.

Los resultados correspondientes a las variables metabólicas analizadas se presentan en la Tabla 4. Los jugadores obtuvieron durante la competición unos niveles de LA comprendidos entre los 1,48 y 2,91 $mmol\cdot l^{-1}$, mientras que en las jugadoras estos valores fueron algo inferiores oscilando entre los 1,1 y 1,9 $mmol\cdot l^{-1}$.

Tabla 4. Variables metabólicas (M±DT).

	Hombres (n=24)	Mujeres (n=24)
LA _b ($mmol\cdot l^{-1}$)	0,9 (±0,1)	1,01 (±0,05)
LA ₁ ($mmol\cdot l^{-1}$)	1,9 (±0,2)	1,5 (±0,2)
LA ₂ ($mmol\cdot l^{-1}$)	2,0 (±0,2)	1,5 (±0,2)
LA ₃ ($mmol\cdot l^{-1}$)	2,03 (±0,3)	1,4 (±0,3)
LA ₄ ($mmol\cdot l^{-1}$)	1,8 (±0,3)	1,5 (±0,3)
LA ₅ ($mmol\cdot l^{-1}$)	2,01 (±0,4)	1,7 (±0,2)
LA ₆ ($mmol\cdot l^{-1}$)	2,03 (±0,4)	1,5 (±0,2)
LA ₇ ($mmol\cdot l^{-1}$)	1,9 (±0,2)	1,7 (±0,1)
LA _{rec1} ($mmol\cdot l^{-1}$)	1,7 (±0,3)	1,4 (±0,1)
LA _{rec3} ($mmol\cdot l^{-1}$)	1,4 (±0,3)	1,2 (±0,1)
LA _{rec5} ($mmol\cdot l^{-1}$)	1,2 (±0,1)	1,1 (±0,1)

Nota: M = Media; DT = Desviación típica.

Los niveles de LA obtenidos durante la prueba de campo fueron significativamente superiores en los

jugadores respecto a las jugadoras ($1,82\pm 0,3$ vs $1,5\pm 0,2$ $mmol\cdot l^{-1}$; $p<0,001$). Tras la finalización de los partidos se analizó la cinética del LA_{rec} durante los minutos 1, 3 y 5 de la recuperación, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre géneros.

Las variables analizadas de la dinámica de juego se muestran en la Tabla 5. El análisis de la estructura temporal pone de manifiesto diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de juego de los partidos, siendo los masculinos de mayor duración que los femeninos ($37,6\pm 16,3$ vs $24,4\pm 9,07$ min; $p<0,01$).

Los tiempos de esfuerzo y pausa en las jugadas fueron de $3,6\pm 0,3$ y $13,6\pm 2,7$ s en hombres y de $4,3\pm 1,07$ y $11,2\pm 2,7$ s en mujeres, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre géneros en la duración de las pausas ($p<0,01$). Los datos obtenidos indican una ratio trabajo-descanso de 1:3 y 1:2 en el tenis de mesa masculino y femenino respectivamente.

El número de golpes realizados en cada jugada son significativamente superiores en las jugadoras al compararlos con los jugadores ($5,2\pm 1,1$ vs $4,3\pm 0,4$; $p<0,01$).

Tabla 5. Variables temporales, estructurales y técnico-tácticas (M±DT).

	Hombres (n=24)	Mujeres (n=24)
Duración partido (min)	37,6 (±16,3)	24,4 (±9,07)
Tiempo actividad (min)	6,5 (±2,4)	6,0 (±2,1)
Tiempo pausa (min)	31,02 (±13,9)	18,4 (±7,6)
Duración punto (s)	3,6 (±0,3)	4,3 (±1,07)
Pausa entre puntos (s)	13,6 (±2,7)	11,2 (±2,7)
Golpes por punto	4,3 (±0,4)	5,2 (±1,1)
Técnicas de derecha	290,08 (±106,2)	227,9 (±117,02)
Técnicas de revés	153 (±57,6)	196,8 (±72,5)
Acciones en diagonal	141,1 (±60,7)	156,1 (±83,9)
Acciones en paralelo	122,8 (±43,6)	124,8 (±57,2)

Nota: M = Media; DT = Desviación típica.

Las técnicas de juego que predominan en ambos géneros son las efectuadas de derecha ($290,08\pm 106,2$ vs $227,9\pm 117,02$), mientras que las acciones tácticas más utilizadas son las realizadas en diagonal (jugadores: $141,1\pm 60,7$; jugadoras: $156,1\pm 83,9$). No se han encontrado diferencias estadísticamente



significativas en ninguna de las variables técnico-tácticas analizadas.

DISCUSIÓN

Uno de los parámetros más importantes para conocer la demanda fisiológica del tenis de mesa es el $VO_{2\text{máx}}$ (Kondrič et al., 2013). El $VO_{2\text{máx}}$ es la máxima capacidad individual para transportar y utilizar el oxígeno siendo considerado el marcador ideal para conocer la condición física aeróbica de un jugador. Estudios realizados en jugadores de elite asiáticos y europeos han revelado valores de $VO_{2\text{máx}}$ situados entre los 43,9-67,9 $\text{ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ (Allen, 1991; Baron et al., 1992; Faccini et al., 1989; Orfeuill, 1982; Suchomel 2010; Yuza et al., 1992). Los datos obtenidos en esta investigación en ambos géneros se encuentran situados dentro de los niveles de referencia descritos en la literatura especializada consultada. A pesar de no suponer el $VO_{2\text{máx}}$ una variable tan determinante en el tenis de mesa como lo pueda significar en otras disciplinas deportivas, no debe ser despreciado su alcance, teniendo en cuenta que este deporte se desarrolla en un marco metabólico en el que el componente aeróbico puede alcanzar valores del 30-50% del máximo teórico (Faccini et al., 1989; Shieh et al., 2010), que en algunos momentos de la competición puede llegar a adquirir valores cercanos al 70% (Watanabe et al., 1992), tal y como ha sucedido en este estudio.

La respuesta cardiaca, ya sea en entrenamiento o en competición, ha sido uno de los parámetros más investigados en el tenis de mesa (Kondric et al, 2013; Leso et al., 1982; Orfeuill, 1982; Yuza et al., 1992; Zagatto et al., 2010). El análisis de esta variable resulta de gran interés para comprender la exigencia fisiológica a la que se someten los jugadores durante un partido. Investigaciones desarrolladas en competiciones oficiales y simuladas sitúan a la $FC_{\text{máx}}$ en un rango de 160-180 $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ en jugadores de género masculino (Djokic, 2003; Kasai et al., 2010). Estos resultados se encuentran en consonancia con los registros obtenidos en esta investigación, no encontrándose datos de referencia para el tenis de mesa femenino.

Sin embargo, la $FC_{\text{máx}}$ puede sufrir en ambos géneros una gran variabilidad cardiaca (Suchomel, 2010), atendiendo al estilo de juego desarrollado (ofensivo, mixto o defensivo) y de la situación técnico-táctica que se efectúe (Yuza et al., 1992; Kasai et al., 2010).

Este hecho pone de manifiesto el tipo de esfuerzo físico al que los jugadores se ven sometidos durante los partidos, con acciones de juego que suponen a nivel físico un impacto muscular muy severo como consecuencia de la explosividad a la que se realizan (Pradas et al., 2005; Pradas et al., 2013).

El análisis de la FC_{med} es otra de las variables habitualmente utilizadas para averiguar la intensidad del esfuerzo. Numerosas investigaciones se han centrado en describir la FC_{med} de un partido situándola en un intervalo de 137-176 $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ (Allen, 1991; Kasai et al., 1994; Yuza et al., 1992). Valores similares se han encontrado en este estudio, aunque con registros por debajo del límite superior descrito en las publicaciones analizadas. Estas diferencias podrían estar ocasionadas por el estilo de juego desarrollado (Yuza et al., 1992) y por los cambios reglamentarios incorporados en el tamaño de la pelota, siendo en la actualidad de mayor diámetro, por lo que la velocidad de juego es inferior, tal y como se indica en diferentes estudios (Iimoto et al., 2002; Liu, 2005; Tang et al., 2002; Zhang & Wu, 2000; Zhang & Hohmann, 2004), pudiendo influir de manera directa esta modificación del material de juego sobre la $FC_{\text{máx}}$.

Existen otras variables objeto de análisis que no deben ser menospreciadas por su relevancia y repercusión sobre el esfuerzo cardiaco realizado en este deporte. En este sentido, la utilización de determinados materiales individuales de juego (maderas y revestimientos de caucho), que influyen de manera decisiva sobre la táctica o la técnica y el estilo de juego (ofensivo, defensivo, mixto) (Djokic, 2006; Dong, 2005; Martin et al., 2015; Milioni et al., 2018), y situaciones concretar de la competición, como el tanteo del marcador o el momento decisivo de juego que se disputa (tantos decisivos de juego en ventaja o último juego del partido) (Barchukova & Salanova, 1991), son variables psicofisiológicas que pueden inducir una alta reactividad cardiaca en condiciones de elevada dificultad y que pueden afectar de manera considerable a la FC y al VO_2 (Hoshino, 2013).

Una referencia muy estandarizada para poder ubicar de forma más individualizada el esfuerzo realizado durante la competición es la utilización del porcentaje de la $FC_{\text{máx}}$. Suchomel (2010) y Zagatto et al. (2010) encontraron valores de $FC_{\text{máx}}$ del 78% y 81,2% en jugadores de alto nivel con experiencia internacional.



De la misma forma, Allen (1991) y Yuza et al. (1992) en estudios realizados con jugadores de elite australianos y japoneses señalan que la $FC_{\text{máx}}$ en un partido de alto nivel se encuentra en un rango del 71-86%. Los resultados obtenidos en este estudio sitúan el esfuerzo en unos valores del 84,6% en jugadores y del 79,9% en jugadoras, reflejando un comportamiento muy próximo al descrito por los diferentes autores consultados.

La concentración plasmática de LA se puede considerar como un adecuado marcador para determinar el grado de sollicitación metabólica. Diversos autores situaron el umbral aeróbico $2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ y el anaeróbico en $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (Kinderman et al., 1979; Londeree & Ames, 1975). El análisis de los datos obtenidos indica que el esfuerzo realizado es diferente al comparar ambos géneros, situándose el de las mujeres en la zona del umbral aeróbico y el de los hombres en la de transición aeróbica-anaeróbica.

Recientes investigaciones realizadas en jugadores de alto nivel señalan que en este deporte la respuesta láctica se encuentra comprendida entre los 1,6-2,9 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, con promedios de 1,7 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ y picos máximos de 2,1 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (Melero, Pradas y Vargas, 2005; Sperlich, Koehler, Holmberg, Zinner y Mester, 2011; Zagatto, Morel, y Gabatto, 2010). Estos resultados son similares a los hallados en este trabajo. Sin embargo, no se han encontrado publicaciones en donde se describa el impacto metabólico obtenido en jugadoras. Cabe destacar que, atendiendo al estilo de juego desarrollado, se han descrito niveles medios de LA de 4,7 y picos máximos de 6,1 en partidos donde se enfrenta un jugador ofensivo contra un defensivo (Martin et al., 2015).

En el tenis de mesa existen escasos estudios en donde se analice la estructura de juego considerando a ambos géneros. A nivel temporal, la duración de un partido se sitúa en la competición masculina en un rango de 9-38 min mientras que la femenina se encuentra comprendido entre los 9-41 min (Katsikadelis et al., 2007; Zagatto et al., 2010). Kasai et al. (2010) señalan que el tiempo de juego total de un partido masculino es de 30 min pudiendo alcanzar un máximo de 45 min (Leite et al., 2017). Estos valores se encuentran comprendidos dentro de los registrados en esta investigación. Sin embargo, se ha demostrado que los tiempos de juego pueden variar en función de diferentes variables, como son el modelo de competición, atendiendo a si se disputa al

mejor de 5 o 7 juegos, la fase en la que se encuentra la competición, siendo inferior en las rondas iniciales y aumentando progresivamente conforme avanza la competición hacia sus partidos finales, y el tipo de juego que efectúen los jugadores (Katsikadelis, Pilianidis y Vasilogambrou, 2007; Leite et al., 2017; Yuza et al., 1992).

Las jugadas han tenido una duración de $3,6\pm 0,3$ s y $4,3\pm 0,3$ s en jugadores y jugadoras respectivamente, valores comprendidos dentro de los descritos en recientes investigaciones (Katsikadelis et al., 2007; Leite et al., 2017; Zagatto, Papoti, Leite y Beneke, 2016).

A nivel estructural, se aprecia que se ha producido un mayor número de golpes por jugada en la competición femenina, coincidiendo estos datos en los jugadores con los hallados en investigaciones similares (Leite et al., 2017), no encontrándose publicaciones actuales que describan los golpes efectuados por las jugadoras. Las acciones de juego realizadas mediante ejecuciones técnicas de derecha predominan en ambos sexos sobre las efectuadas de revés, de manera similar a lo descrito en diferentes estudios en la modalidad masculina (Malagoli et al., 2013). Sin embargo, los datos referentes a aspectos técnicos y tácticos pueden variar sensiblemente si se considera el estilo de juego efectuado por los jugadores.

CONCLUSIONES

La respuesta fisiológica a los esfuerzos realizados en este deporte pone de manifiesto una gran variabilidad cardíaca en ambos géneros. El carácter del esfuerzo es submáximo con frecuencias cardíacas máximas más elevadas en los jugadores masculinos.

El tenis de mesa se caracteriza en ambos géneros por poseer un metabolismo integrado en donde interviene principalmente el sistema anaeróbico aláctico y de manera puntual el anaeróbico láctico cuando la duración y velocidad de las acciones de juego así lo requieren, siendo más elevado en la modalidad de juego masculina. El metabolismo aeróbico juega un importante papel teniendo en cuenta la duración del partido y de las continuas pausas que se producen, indicando el carácter intermitente e interválico de los esfuerzos realizados.

El tiempo de juego total de los partidos y las pausas entre tantos es mayor en los hombres. Sin embargo,



la duración de los tantos disputados y el número de golpes por tanto es superior en las mujeres. Estos datos indican diferencias en la dinámica de juego, siendo la competición masculina más rápida y explosiva respecto a la femenina.

A nivel técnico-táctico en ambos géneros predomina el juego en diagonal sobre el paralelo y las acciones técnicas de derecha sobre las efectuadas de revés.

Los resultados obtenidos en esta investigación son pioneros en el tenis de mesa femenino por lo que poseen una gran relevancia para describir con mayor profundidad y exactitud los esfuerzos y el tipo de juego que desarrollan las jugadoras.

La dificultad de este deporte radica en el profundo desconocimiento existente sobre la respuesta orgánica derivada de la realización de un estilo de juego ofensivo, mixto o defensivo, y el impacto que puede provocar la utilización de materiales individuales más orientados a realizar un juego de potencia o de rotación. La influencia que puedan tener todas estas variables sobre la dinámica de juego aconseja a seguir estudiando este deporte.

AGRADECIMIENTOS

A todos los deportistas participantes en el estudio y a los integrantes del Grupo de Investigación S53_17D Entrenamiento, Actividad Física y Rendimiento Deportivo (ENFYRED) de la Universidad de Zaragoza por su colaboración. A la Real Federación Española de Tenis de Mesa por el apoyo prestado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, G.D. (1991). Physiological characteristics of elite Australian table tennis athletes and their responses to high level competition. *Journal of Human Movement Studies*. 20(3):133-47.
- Altman, D.G. (1991). *Practical Statistics for Medical Research*. London: Chapman & Hall.
- Barchukova, G. V., & Salanova, E.V. (1991). Ergometric characteristics of table tennis. *Soviet Sports Review*. 267(4): 164.
- Baron, R., Petschnig, R., Bachl, N., Raberger, G., Smekal, G., & Kastner, P. (1992). Catecholamine excretion and heart rate as factors of psychophysical stress in table tennis. *Int. J. Sports Med.* 13: 501-505.
- Djokic, Z. (2002). Differences caused with new 40 mm ball in structure of competitors' activities of top table tennis players, *International Journal of Table Tennis Sciences*. 5: 220-232.
- Djokic, Z. (2003). Heart rate monitoring of table tennis players. En A. Lees, J.-F. Kahn & I.W. Maynard (Eds.). *The Proceedings of the Eighth International Table Tennis Federation Sports Science Congress and the Third World Congress of Science and Racket Sports*. London: Routledge.
- Djokic, Z. (2006). Differences in tactics in game of top players and other factors of success in top table tennis. En X.P. Zhang, D.D. Xiao e Y. Dong (Eds.). *The Proceedings of the Ninth International Table Tennis Federation Sports Science Congress*. Beijing: People's Sports Publishing House of China.
- Dong, Y. (2005). The analysis of the table tennis technique - tactics of eleven points rules. En X. P. Zhang, D. D. Xiao, & Y. Dong (Eds.), *The Proceedings of the Ninth International Table Tennis Federation Sports Science Congress* (pp. 46-48). Beijing: People's Sports Publishing House of China.
- Faccini, P., Faina, M., Scarpellini, E., & Dal Monte, A. (1989). Il costo energetico nel tennistavolo. *Scuola dello sport*. 8(17): 38-42.
- Harrison, J.R. (2002). Recent problems with equipment. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 5: 96-100.
- Hoshino, S. (2013). Psychophysiological evaluation of cardiovascular response on the observational and practical task difficulty. *British Journal of Sports Medicine*. 47(17): e4.
- Iimoto, Y., Yoshida, K., & Yuza, N. (2002). Rebound characteristics of the new table tennis Ball; Differences between the 40mm (2,7g) and 38mm (2,5g) balls. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 5: 233-243.
- Kasai, J.-I., Akira, O., Eung, J.T., & Mori, T. (2010). Research on table tennis player's cardio-respiratory endurance. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 6: 6-8.
- Kasai, J.-I.; Dal Monte, A.; Faccini, P.; Rossi, D. (1994). Oxygen consumption during practice and



- game in table tennis, *International Journal of Table Tennis Sciences*. 2: 29.
15. Katsikadelis M., Pilianidis T., & Vasilogambrou, A. (2007). Real play time in table tennis matches in the XXVIII Olympic Games «Athens 2004». En Kondrič, M. y Furjan-Mandić, G. (Eds.), *Proceedings book 10th Anniversary ITTF Sports Science Congress*. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Kinesiology.
 16. Kinderman, W., Simon, G., & Keul, J. (1979). The significance of the aerobic anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology*. 42: 25-34.
 17. Kondrič, M., Milić, R., & Furjan-Mandić, G. (2007). Physiological anaerobic characteristics of Slovenian elite table tennis players. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*. 37(3): 69-78.
 18. Kondrič, M., Zagatto, A.M., & Sekulić, D. (2013). The physiological demands of table tennis: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*. 12(3): 362-370.
 19. Leite, J. V. M., Barbieri, F. A., Miyagi, W., Malta, E. S., & Zagatto, A. M. (2017). Influence of game evolution and the phase of competition on temporal game structure in high-level table tennis tournaments. *Journal of Human Kinetics*. 55: 55-63.
 20. Leso, J., Demetrovic, E., & Piric, J. (1982). Physiological requirements of superior table tennis players. *Teorie a praxe telesne vychovy*. 30 (2): 81-86.
 21. Londeree, B.R., & Ames, S.A. (1975). Maximal steady state versus state of conditioning. *European Journal of Applied Physiology*. 34: 269-278.
 22. Liu, Y.X. (2005). Comparative analysis and research of the impacts by 40mm ball on the first-3-strokes skills of shake-hand looping style of world-class male table tennis players. En X. P. Zhang, D. D. Xiao, & Y. Dong (Eds.), *The Proceedings of the Ninth International Table Tennis Federation Sports Science Congress* (pp. 73-79). Beijing: People's Sports Publishing House of China.
 23. Malagoli, I., Di Michele, R., & Merni, F. (2013). A notational analysis of shot characteristics in top level table tennis players. *European Journal of Sports Sciences*. 14(4): 309-317.
 24. Martin, C., Favier-Ambrosini, B., Mousset, K., Brault, S., Zohual, H., & Prioux, J. (2015). Influence of the playing style on the physiological responses of offensive players in table tennis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 55(12): 1517-1523.
 25. Melero, C., Pradas, F., & Vargas, M.C. (2005). Control biomédico del entrenamiento en tenis de mesa. Ejemplo de test de campo. *Apunts Educación Física y Deportes*. 81(3):67-76.
 26. Milioni, F., Leite, J.V.dM., Beneke, R., de Poli, R.A.B., Papoti, M., & Zagatto, A.M. (2018). Table tennis playing styles require specific energy systems demands. *PLoS ONE*. 13(7): e0199985.
 27. Morel, E.A. & Zagatto, A.M. (2008) Adaptation of the lactate minimum, critical power and anaerobic threshold tests for assessment of the aerobic/anaerobic transition in a protocol specific for table tennis. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 14(6): 518-522.
 28. Orfeuill, F. (1982). *Le tennis de table physiologie et entraînement*. Paris: INSEP.
 29. Pradas, F., de Teresa, C., & Vargas, M. C. (2005). Evaluation of the explosive strength and explosive elastic forces of the legs in high level table tennis players. *Sport Science Research*. 3: 80-85.
 30. Pradas, F., Floría, P., González-Jurado, J.A., Carrasco, L., & Bataller, V. (2012). Desarrollo de una herramienta de observación para el análisis de la modalidad individual del tenis de mesa. *Journal of Sport and Health Research*. 4(3): 255-268.
 31. Pradas, F., González-Jurado, J.A., Molina, E., & Castellar, C. (2013). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo de jugadores de tenis de mesa de alto nivel. *International Journal of Morphology*. 31(43): 1355-1364.
 32. Pradas, F., Salvà, P., González-Campos, G., & González-Jurado, J.A. (2015). Análisis de los indicadores de rendimiento que definen el tenis



- de mesa moderno. *Journal of Sport and Health Research*. 7(2): 149-162.
33. Schneider, R., Lewerentz, L., Luskow, K., Marschall, M., & Kemnitz, S. (2018). Statistical analysis of table-tennis ball trajectories. *Applied Sciences*. 8(12): e2595.
 34. Shieh, S.C., Chou, J.P., & Kao, Y.H. (2010). Energy expenditure cardiorespiratory responses during training and simulated table tennis match. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 6: 186-189.
 35. Sperlich, B., Koehler, K., Holmberg, H.-C., Zinner, C., & Mester, J. (2011). Table tennis: cardiorespiratory and metabolic analysis of match and exercise in elite junior national players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 6(2): 234-242.
 36. Suchomel, A. (2010). A comparison of exercise intensity on different player levels in table tennis. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 6: 79-82.
 37. Takeuchi, T., Kobayashi, Y., Hiruta, S., & Yuza, N. (2002). The effect of the 40mm diameter ball on table tennis rallies by elite players. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 5: 267-277.
 38. Tang, H.-P., Mizoguchi, M., & Toyoshima, S. (2002). Speed and spin characteristics of the 40mm table tennis ball. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 5: 278-284.
 39. Watanabe, M., Yano, H., Nagata, M., Kitahara, T., Oka, S., Shu, J.Z., Kyung, J.L., Kasai, J., & Mori, T. (1992). Evaluation of table tennis practice by blood lactate concentration. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 1: 38.
 40. Wei, X., Kong, C. T., & Zhi, F. Q. (2002). Speed and spin of 40mm table tennis ball and the effects on elite players. En K. E. Gianikellis (Ed.), *Proceedings of the XXth International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 623-626). Cáceres: Universidad de Extremadura.
 41. Yuza, N., Sasaoka, K., Nishioka, N., Matsui, Y., Yamanaka, N., Ogimura, I., Takashima, N., & Miyashita, M. (1992). Game analysis of table tennis in top Japanese players of different playing styles. *International Journal of Table Tennis Sciences*. 1:79-89.
 42. Zagatto, A.M., & Gobatto, C.A. (2012). Relationship between anaerobic parameters provided from MAOD and critical power model in specific table tennis test. *International Journal of Sports Medicine*. 33(8): 613-620.
 43. Zagatto, A.M., Morel, E.A., & Gobatto, C.A. (2010). Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(4): 942-949.
 44. Zagatto, A.M., Papoti, M., & Gobatto, C.A. (2008) Anaerobic capacity may not be determined by critical power model in elite table tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*. 7(1): 54-59.
 45. Zagatto, A., Papoti, M., Leite, J. V. M., & Beneke, R. (2016). Energetics of table tennis and table tennis specific exercise testing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8): 1012–1017.
 46. Zhang, X., & Wu, H. (2000). Effect of 40 millimeters' ball on competition state in table tennis athletes. *Journal of Tianjin Institute of Physical Education*. 15(3): 65-66.
 47. Zhang, H., & Hohmann, A. (2004). Table tennis after the introduction of the 40 mm ball and the 11 point format. En A. Lees, J.-F. Kahn, & I. W. Maynard (Eds.), *Science and Racket Sports III* (pp. 227-232). Oxon: Routledge.

