

COMBATES SIMULADOS EN TAEKWONDO: FRECUENCIA CARDIACA, LACTATO SANGUÍNEO, FRECUENCIA RESPIRATORIA Y ACCELERACIONES**Cristian Sneyder Cardona Agudelo^{1,2}, Briam Esteban García Silva¹, Hugo Alexis Pérez Taborda¹, Wilder Geovanny Valencia Sánchez^{1,3}, Samuel José Octavio Gaviria Álzate^{1,3}****Universidad de San Buenaventura, Medellín¹, Colombia; Entrenador del Club de taekwondo SUPERAR²; Universidad de Antioquia, Medellín³, Colombia**

RESUMEN: El objetivo del presente estudio fue describir la frecuencia cardiaca de recuperación (FCR), el lactato sanguíneo, la frecuencia respiratoria (FR) y las aceleraciones, durante combates simulados en taekwondo, con deportistas con cinturones avanzados y negros en las categorías *junior* y *senior* del municipio de Bello (Antioquia-Colombia). El estudio fue no experimental descriptivo, con participación de 11 deportistas de manera voluntaria. La FCR, la FR y las aceleraciones se midieron, durante los combates simulados, por medio de un monitor fisiológico portable (Bioharness 3 Zephyr™); el lactato sanguíneo, durante los descansos, por medio de un analizador de sangre (Lactate Pro 2); y el consumo máximo de oxígeno, evaluado días previos a los combates, por medio del test de Course Navette.

Los combates consistieron en realizar tres *rounds* de dos minutos, con un minuto de descanso, buscando reproducir las características reales de una competencia. No hubo sistema de puntuación ni análisis técnico-táctico durante las peleas. Los resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia cardiaca máxima y la FCR del *round* tres entre cinturones avanzados y negros, mientras que en las categorías *junior* y *senior* se encontraron diferencias en la frecuencia cardiaca máxima; sin embargo, también se reportaron diferencias estadísticamente significativas en el lactato sanguíneo y en la FCR entre *rounds* ($p < 0,05$), independientemente del cinturón y categoría.

Los datos sugieren que un combate de taekwondo con un minuto de descanso entre *rounds* no resulta suficiente para alcanzar una recuperación completa y, además, que los deportistas deben desarrollar la capacidad de tolerar concentraciones de lactato de moderado a alto durante un combate, y aumentar o mantener las aceleraciones a medida que trascurren los *rounds*.

PALABRAS-CLAVE: Taekwondo, Combates, Frecuencia cardiaca, Lactato sanguíneo, Frecuencia respiratoria, Aceleraciones.

COMBATS SIMULATED IN TAEKWONDO: HEART RATE, BLOOD LACTATE, BREATHING FREQUENCY AND ACCELERATIONS

ABSTRACT: The aim of this study was to describe the Recovery Heart Rate (RHR), blood lactate, breathing frequency (BF) and accelerations during simulated combats in taekwondo advanced belts and blacks in the junior and senior categories of the municipality of Bello (Antioquia- Colombia). Descriptive-correlational study involving 11 athletes voluntarily. The RHR, BF and accelerations were measured during the simulated combats by a portable physiological monitor (Bioharness 3 Zephyr™), blood lactate during the breaks of each combat by a blood analyzer (Lactate Pro 2) and maximum consumption of oxygen was evaluated days previous to the combats, by the Course Navette Test. The combats consisted in three rounds of two minutes with a minute of rest, trying to reproduce the real characteristics of a competition. There was neither scoring system, nor technical-tactical analysis during the fights. The results showed that there are statistically significant differences in the maximum heart rate and the RHR in round three between advanced and black belts, while in the junior and senior categories differences were found in the maximum heart rate, however, statistically significant differences were also reported ($p < 0,05$) in blood lactate and RHR between rounds independent of the belt and category. The data suggest that a taekwondo combat with one minute of rest between rounds is not enough to achieve a full recovery in these athletes, in addition, taekwondo players should develop the ability to tolerate moderate to high lactate concentrations during a combat and must increase or maintain accelerations as the rounds pass.

KEYWORDS: Taekwondo, Combats, Heart Rate, Blood Lactate, Breathing Frequency, Accelerations

COMBATES SIMULADOS EM TAEKWONDO: FREQUÊNCIA CARDÍACA, LACTATO SANGUÍNEO, FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA E ACELERAÇÕES

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi descrever a frequência cardíaca de recuperação (FCR), lactato sanguíneo, frequência respiratória (FR) e acelerações, durante os combates simulados em taekwondo, com atletas com cintos avançados e pretos nas categorias júnior e sênior do município de Bello (Antioquia-Colômbia). O estudo foi descritivo não experimental, com a participação de 11 atletas de forma voluntária. O

Manuscript received: 18/04/2019
Manuscript accepted: 19/09/19

Contact address: Cristian Sneyder Cardona Agudelo,
Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia;
Entrenador del Club de taekwondo SUPERAR.
Correo-e: cristian-064@hotmail.com

FCR, o FR e as acelerações foram medidos, durante o combate simulado, por meio de um monitor fisiológico portátil (Bioharness 3 Zephyr™); o lactato de sangue, durante intervalos, por meio de um analisador de sangue (Lactate Pro 2); e o consumo máximo de oxigênio, avaliadas dias anteriores da luta, através do teste Curso Navette.

Os combates consistem em fazer três rodadas de dois minutos, com um

minuto de descanso, procurando reproduzir as características reais de uma competição. Não houve sistema de pontuação ou análise técnico-tática durante as lutas. Os resultados mostram que existem diferenças estatisticamente significativas na frequência cardíaca máxima e FCR da terceira rodada fora de cintos avançadas e preto, enquanto nas categorias juniores e seniores diferenças na frequência cardíaca máxima foram encontrados; entretanto, diferenças estatisticamente significativa também foram relatadas no lactato

sanguíneo e FCR entre rodadas ($p < 0,05$), independientemente do cinto e categoria.

Os dados sugerem que um combate de taekwondo com um minuto de descanso entre rodadas não é suficiente para alcançar uma recuperação completa e, além disso, os atletas devem desenvolver a capacidade de tolerar concentrações moderadas a altas de lactato durante um combate e aumentar ou manter acelerações como eles passam o rodadas.

PALABRAS CLAVE: Taekwondo, Combates, Freqüência cardíaca, Lactato sanguíneo, Freqüência respiratória, Acelerações.

El taekwondo ha evolucionado desde un arte marcial hasta llegar, finalmente, a ser un deporte olímpico en Sydney 2000 (Lee, 2000; Melhim, 2001; Haddad, Chaouachi, Wong, Castagna, Hue, Impellizzeri & Chamari, 2014), esta última transición ha incrementado las exigencias físicas y demandas fisiológicas de los deportistas durante la competición. El análisis de estas demandas, con los aspectos técnico-tácticos, permiten implementar métodos de entrenamiento que se ajustan a las necesidades del deportista, condiciones de la competición (Cerdeja-Kohler, Aguayo, Barrea, Jorquera, & Báez-San Martín, 2015) y objetivos de la temporada. Así, se hace indispensable también el control de las cargas de entrenamiento, con sus respectivos efectos agudos y crónicos, a partir de señales biológicas como la frecuencia cardíaca, parámetro utilizado frecuentemente como herramienta de control y evaluación (Manso, 2013), el lactato sanguíneo (Billat, 1996; McArdle, Katch, & Katch, 2016), la frecuencia respiratoria y las aceleraciones.

Un combate de taekwondo tiene tres *rounds* de dos minutos, con un minuto de descanso, lo que genera una recuperación incompleta en el deportista dado que se requieren entre tres y cinco minutos para llegar a 100 pulsaciones por minuto (Huter-Becker, Schewe, & Heipertz, 2006) y obtener una recuperación completa, en términos de Frecuencia Cardíaca de Recuperación (FCR). Según Marins, Marins & Fernández (2010), el registro de la frecuencia cardíaca es una forma de evaluar la intensidad de esfuerzo al que el organismo es sometido, por lo tanto, la medición de la frecuencia cardíaca de recuperación durante un minuto de descanso entre *rounds* permite determinar la idoneidad de la recuperación de un taekwondista, de acuerdo a las características del deporte y exigencia de la competición. Para Manso (2013), la frecuencia cardíaca es la cantidad de veces que se contrae el corazón, en unidad de tiempo, para bombear sangre al organismo y, con ella, los nutrientes y el oxígeno necesario para mantener una actividad física.

Por otro lado, los valores de lactato, sustancia que se libera en la sangre a través de la combustión anaeróbica de la glucosa (Weineck, 2005), permiten entender el coste metabólico glicolítico y efectos de la carga interna del ejercicio (Billat, 1996; McArdle et al., 2016), en este caso, durante un combate simulado. De igual forma, la aceleración de las acciones del deportista, definida por Agudelo, Moreno & Rodríguez (2008) como el cambio de velocidad dividido por el intervalo de tiempo durante el cual sucedió el cambio, permiten entender los efectos de la carga externa del deporte, mientras que la variable de aceleraciones es utilizada como indicador de carga externa del deporte (Halson, 2014; Herrera, Cancino, Franchini, Henríquez-Olguín, & Muñoz, 2014).

Respecto al consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), al ser la máxima cantidad de oxígeno que pueden absorber las células, se entiende que, a mayor valor, mayor capacidad para producir energía a través del metabolismo aeróbico (Montoro, 2003), y mayor capacidad de eliminar o utilizar como sustrato el ácido láctico para la producción de energía; por ejemplo, en la gluconeogénesis en algunos órganos como en el hígado, corazón y riñones (Rodwell, Bender, Botham, Kennelly, & Weil, 2013). En cuanto a la frecuencia respiratoria, al ser una variable que se ve influenciada por el aumento del metabolismo (Aguayo & Lagos, 2012), se convierte en un indicador de carga en el entrenamiento.

Así, que los deportistas presenten un elevado ritmo cardíaco y una recuperación deficiente durante los tiempos de descanso es un indicativo de un inadecuado entrenamiento, el cual se debe ajustar de acuerdo a la exigencia del deporte; por el contrario, presentar una buena recuperación es indicador de un adecuado entrenamiento. Igualmente, las aceleraciones de las acciones del deportista (variación de velocidad), la frecuencia respiratoria, el lactato en sangre y el VO_{2max} se encuentran en estos mismos términos. Por tanto, un adecuado monitoreo de las cargas de entrenamiento muestra cómo los atletas responden o se adaptan al entrenamiento, por ello, comprender el perfil metabólico de un deportista es

esencial para conocer las condiciones reales que permitan controlar y ajustar la planificación, con el objetivo de obtener un buen desempeño en el tiempo, en términos de habilidades técnicas, tácticas y condición física (Matsushigue, Hartmann, & Franchini, 2009; Halson, 2014). De acuerdo con Castañeda (2005), el control del proceso de entrenamiento hace referencia a la supervisión continua del progreso del taekwondista y permite corregir posibles errores según los objetivos planteados y ejecución del plan de entrenamiento.

Algunas investigaciones en el taekwondo integran el análisis de la frecuencia cardíaca, el índice de lactato en sangre y la aceleración en combates simulados (Cerdeja-Kohler et al., 2015); otras estudian los perfiles psicológicos y fisiológicos que involucran el análisis de la frecuencia cardíaca y VO_{2max} (Pieter, 1991; Heller, Peric, Dlouha, Kohlikova, Melichna & Novakova, 1998; Melhim, 2001; Toskovic, Blessing, & Williford, 2004; Valenzuela, Cancino, Franchini, Henríquez-Olguín, & Aedo, 2014), o las respuestas fisiológicas de las poomsaes y ejecución de la técnica (Pieter, Taaffe, & Heijmans, 1990; Bridge, Jones, & Sanchez, 2007), pero pocos antecedentes se encuentran sobre el comportamiento fisiológico de un deportista de taekwondo durante la competencia (Bouhlel, Jouini, Gmada, Nefzi, Abdallah & Tabka, 2006; Butios & Tasika, 2007; Matsushigue et al., 2009).

En el taekwondo, los deportistas realizan períodos intensos de combate entre uno y cinco segundos, que se alternan con períodos de pausas dinámicas, donde el deportista analiza al oponente; esta demanda física genera una alta degradación de fosfocreatina y gran demanda metabólica glucolítica para la obtención de energía (Cardozo, Vera-Rivera, Conde-Cabezas, & Yáñez, 2017). Otro estudio (Heller, Peric, Dlouha, Kohlikova, Melichna, & Novakova, 1998) menciona que los deportistas realizan, de tres a cinco segundos, episodios de ejercicio de alta intensidad, alternados con períodos de baja intensidad, donde la frecuencia cardíaca puede alcanzar el 100 % de la frecuencia cardíaca máxima, y respuestas de lactato de 11,4 mmol/L. El metabolismo anaeróbico es importante durante los ataques y las defensas, mientras que el metabolismo aeróbico lo es durante las pausas activas, como en los desplazamientos. Por ello, es necesario comprender el comportamiento de las variables fisiológicas (Matsushigue et al., 2009).

El objetivo del estudio fue describir la frecuencia cardíaca de recuperación, la frecuencia cardíaca máxima, el lactato en sangre, la frecuencia respiratoria y las aceleraciones durante combates simulados en taekwondistas cinturones avanzados (azul-rojo) y negros, en categorías *junior* (15-17 años) y *senior* (18-30 años) del municipio de Bello (Antioquia-Colombia).

METODOLOGÍA

Diseño

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo de tipo transversal, con diseño no experimental descriptivo, porque realiza la recolección de datos en un momento único, con base en la medición numérica y el análisis estadístico (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Participantes

Los participantes fueron deportistas de taekwondo de Bello, de entre 15 y 30 años, de categorías *junior* y *senior*, con grado de cinturones azules y rojos –denominados “avanzado”– y negro. La muestra fue no probabilística intencionada (Hernández Sampieri et al., 2014), donde se hizo una invitación abierta a tres clubes de taekwondo de la comunidad. La cantidad mínima de participantes fueron diez, en coherencia con los antecedentes encontrados (Campos, Bertuzzi, Dourado, Santos, & Franchini, 2012; Herrera et al., 2014; Cerdeja-Kohler et al., 2015). Los criterios de inclusión fueron: a) tener el grado de cinturón rojo, azul o negro; b) tener mínimo cinco años de práctica en el taekwondo; c) haber participado en, al menos, dos torneos oficiales en los últimos 12 meses; y d) firmar el consentimiento y asentimiento informado en caso de tener menos de 18 años. Además, se estipularon como criterios de exclusión: a) individuos con antecedentes de enfermedades cardiovasculares; b) antecedentes de enfermedades respiratorias no controladas; y c) algún tipo de lesión osteomuscular aguda.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Variables sociodemográficas. Las características sociodemográficas de los deportistas se recolectaron a través de una encuesta prediseñada con los siguientes ítems: edad, masa, municipio, barrio de residencia, color de cinturón,

estrato socioeconómico, experiencia deportiva en el taekwondo y en deportes de combate, antecedente de enfermedades cardiorrespiratorias, cardiovasculares y osteomusculares.

Variables antropométricas. Se utilizó el método de bioimpedancia para las variables de composición corporal, mediante el aparato Omron HBF51, para medir nivel de grasa visceral ($r=0,92$), porcentaje de masa muscular ($r=0,92$) y porcentaje de grasa corporal ($r=0,96$), en relación a la masa total del sujeto, instrumento de medición doblemente indirecto y validado (Bosy-Westphal, Later, Hitze, Sato, Kossel, Glüer & Müller, 2008). Antes de llevar a cabo la evaluación, se compartieron diferentes recomendaciones a los deportistas dos días antes de la prueba, con el objetivo de conseguir datos más fidedignos: a) no comer ni beber en las cuatro horas previas a la prueba de bioimpedancia; b) no realizar ejercicio extenuante 12 horas antes; y c) no consumir alcohol 48 horas antes (Alvero Cruz, Cabañas, & Porta, 2010). El día de la evaluación se recomendó a los deportistas orinar 30 minutos antes y se retiró todo elemento metálico del cuerpo. La talla se midió de acuerdo al protocolo de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry, ISAK (Stewart, Marfell-Jones, Olds, & Ridder, 2006), mediante un estadiómetro digital.

Variables fisiológicas. La frecuencia cardiaca de recuperación (latidos/minuto: l/m), frecuencia respiratoria (beat por minuto: bpm) y las aceleraciones (gravedad: g) de las acciones se midieron por medio de un monitor fisiológico portable llamado Bioharness 3 Zephyr™ ($r=0,89$; $r=0,91$; $r=0,97$, respectivamente), con el software OmniSense 5.0 (Johnstone, Ford, Hughes, Watson, & Garrett, 2012). Este es un dispositivo de monitoreo que se ubica encima de la piel y alrededor del pecho, mediante una correa elástica, que funciona como transmisor de datos de cinco variables simultáneamente: frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura de la piel, aceleraciones y postura, los cuales son exportables a Excel. La frecuencia cardiaca se captura a través de sensores de electrodos ubicados dentro de la correa, y las aceleraciones por medio de tecnología piezoeléctrica (Johnstone et al., 2012).

Para el cálculo de la frecuencia cardiaca máxima se utilizó, como referencia, un estudio retrospectivo realizado por Gellish, Goslin, Olson, McDonald, Russi & Moudgil, (2007), donde se verificó que la fórmula con mayor validez es $HR_{m\acute{a}x} = 207 - 0,7 \times \text{edad}$ ($p > 0,001$); sin embargo, durante el análisis de los datos se observó que era posible determinar la frecuencia cardiaca máxima de forma directa a través del instrumento Bioharness 3 Zephyr™ durante el combate.

El lactato sanguíneo se midió utilizando un analizador de lactato rápido marca Lactate Pro 2, previamente validado con una correlación de $r=0,98$ (Pyne, Boston, Martin, & Logan, 2000). El Lactate Pro 2 es un analizador portátil de mano que requiere una pequeña muestra de sangre obtenida por acción capilar directamente desde el lóbulo de la oreja –una zona con mayor vascularización–, y dicha muestra es utilizada en una cinta reactiva (Pyne et al., 2000; Sánchez Arjona, Ruiz Martínez, & Martín Fernández, 2008), para lo que se utilizaron lancetas marca GlucoQuick. El día antes de la evaluación se recomendó a los deportistas no comer de cuatro a seis horas antes de la prueba y no realizar actividad física el día de su realización y, al menos, 24 horas antes de ella.

Además, se evaluó el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) días previos a los combates, y se estimó con la prueba Course Navette, utilizada desde hace 30 años ($r=0,904$) (Gadoury & Leger, 1986; García & Secchi, 2014). El test consiste en correr ida y vuelta el mayor tiempo posible (hasta la fatiga) al ritmo de un sonido continuo e incremental entre dos líneas separadas por 20 m (García & Secchi, 2014). La razón de considerar el $VO_{2m\acute{a}x}$ fue porque, a mayor capacidad de producir energía a través del metabolismo aeróbico, menor necesidad de recurrir al metabolismo anaeróbico láctico y mayor capacidad de eliminación de ácido láctico (Montoro, 2003) o utilización como sustrato (Rodwell et al., 2013), lo que podría influenciar, también, los valores de lactato sanguíneo durante los tiempos de descanso entre *rounds*.

La experiencia formal en el taekwondo, así como en deportes de combate, fue considerada como variable de confusión, dado que el tiempo de entrenamiento afecta las respuestas del deportista ante el esfuerzo. La edad también fue considerada como variable de confusión, porque algunos parámetros fisiológicos disminuyen con el aumento de la edad, como la frecuencia cardiaca máxima y el $VO_{2m\acute{a}x}$.

Procedimiento y recolección de los datos

Las pruebas se llevaron a cabo durante cuatro días, con intervalos de descanso

entre las mismas. En el primer día se tomaron los datos antropométricos y se realizó el test Course Navette con nueve deportistas; en esta jornada participaron tres evaluadores para ambas pruebas. Durante el segundo día, después de un mes, se hicieron los combates y la respectiva toma de las variables fisiológicas (frecuencia cardiaca de recuperación, aceleraciones, frecuencia respiratoria, lactato sanguíneo) en las horas de la noche. En esta jornada, cada deportista realizó un combate de tres *rounds* de dos minutos, con un minuto de descanso, reproduciendo las características reales de una competencia a nivel departamental. Los combates se realizaron sin sistema de puntuación y tampoco se realizó un análisis técnico-táctico durante los combates; sin embargo, se motivó a los deportistas para generar mayor esfuerzo como proceso preparatorio del torneo más próximo.

La frecuencia cardiaca de recuperación (FCR) y lactato sanguíneo se tomaron durante los tiempos de descanso, y las aceleraciones, durante los combates. Participaron cinco evaluadores: uno se encargó de manipular el Bioharness 3 Zephyr™ y registrar los respectivos datos; dos, de la extracción del lactato sanguíneo; uno, de registrar a) el tiempo de los *rounds*, b) el tiempo de los descansos entre *rounds*, y c) los resultados de lactato sanguíneo en una computadora portátil; y otro ayudó al equipo evaluador según la necesidad, y también coordinó la activación de los deportistas y la ejecución de los combates. Durante las evaluaciones estuvo presente un médico, para brindar apoyo en primeros auxilios. Los deportistas se enfrentaron en la misma división de peso o, en su defecto, de acuerdo a la consolidación de las divisiones de peso permitidas por la Liga Antioqueña de Taekwondo (2017). De igual forma, los deportistas cinturones rojos se enfrentaron contra deportistas del mismo color o de color negro, y los deportistas cinturones azules contra deportistas del mismo color o de color rojo; esto, también, en coherencia con el reglamento de competencia en el taekwondo.

En el tercer día de evaluación, 12 días después, se repitió la prueba de los combates en tres deportistas, porque en la primera ocasión sus datos no quedaron registrados en el software del Bioharness 3 Zephyr™. Siete días después de este, se realizaron las pruebas antropométricas y el test de Course Navette, con los deportistas pendientes por evaluar. Los participantes realizaron la prueba de resistencia con zapatos deportivos, pantaloneta o sudadera, y camisa deportiva, mientras que, para los combates, participaron con el uniforme de taekwondo.

El calentamiento para las evaluaciones durante los combates duró alrededor de 15 minutos. Inicialmente, se realizaron recorridos de *skipping* de un extremo a otro del tatami (8 m) y el regreso de cada recorrido se realizaba con un trote a baja intensidad, durante tres veces. Luego, flexión de rodillas con desplazamiento. Después, los deportistas, en parejas, y realizaron la técnica de pateo *pi chagui* a la pechera (protector del tronco) de su compañero, dos series de 20 repeticiones intercalando la pierna del golpe y, de igual manera, con la técnica *dollyo chagui*, pero golpeando a una paleta de velocidad (implemento de pateo). Finalmente, se hizo un estiramiento dinámico con técnicas específicas del taekwondo –*ap shao ligui*, *antari chagui* y *bakatari chagui*–, cada técnica se realizó con una dosificación de dos series de 20 repeticiones intercaladas.

Análisis estadístico

Para realizar el análisis univariado y bivariado, se procedió con la prueba Shapiro-Wilk, con el objetivo de conocer la distribución de las variables. El resumen de los datos se hizo con promedio y desviación estándar, para las variables con distribución normal, mientras que las variables con distribución no normal se resumieron con mediana y rango intercuartílico; además, se agregaron los datos mínimos y máximos en todas las variables cuantitativas.

Posteriormente, se realizó el análisis bivariado con pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, para identificar diferencias estadísticamente significativas entre los deportistas cinturones negros y cinturones avanzados (azul-rojo), entre categorías *junior* y *senior*; y entre cada *round*. La comparación entre dos medias independientes (cinturones avanzados vs. cinturones negros; categoría *junior* vs. categoría *senior*) se realizó con la prueba *t* de Student, y la igualdad de varianzas se determinó con la prueba de Levene. La comparación entre los tres *rounds* se realizó con la prueba ANOVA de un factor y, al encontrar diferencias estadísticamente significativas, se hizo un análisis *post hoc* con la prueba de Bonferroni.

De igual forma, para comparar los datos con una distribución no normal ($p < 0,05$),

se utilizaron la prueba U de Mann-Whitney y el test de Friedman. Además, se hizo un análisis con el test de Wilcoxon, porque se encontraron diferencias estadísticamente significativas con el test de Friedman. Por último, se realizó la imputación de los faltantes con media o mediana, de acuerdo a la distribución de los datos. Todos los análisis fueron hechos teniendo en cuenta un valor alfa $\leq 0,05$ ($p \leq 0,05$) y una confiabilidad del 95 %. Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 24 para Windows.

Aspectos bioéticos

Este estudio fue aprobado por el comité de bioética de la Universidad de San Buenaventura, sede Medellín, en la sesión del día 23 de mayo de 2018, y clasificado como un estudio con el mínimo riesgo, de acuerdo al Artículo 11 de la Resolución 008430 del Ministerio de Salud de Colombia, del 4 de octubre de 1993. De igual forma, los procedimientos utilizados para la realización del presente estudio siguieron los principios éticos, según la Declaración de Helsinki, adoptada en la 18.^a Asamblea de la Asociación Médica Mundial, en su última versión revisada en la 64.^a Asamblea General.

RESULTADOS

En la Figura 1, se observa el diagrama de flujo de los participantes, donde, inicialmente, se realizó una invitación abierta a tres clubes de taekwondo del municipio de Bello (Antioquia-Colombia). Se aplicó una encuesta sociodemográfica a catorce deportistas que decidieron participar en la investigación. En la primera jornada de evaluación se realizaron pruebas antropométricas y el test de Course Navette, donde asistieron ocho deportistas.

Inserto Figura 1

En la primera evaluación de las variables fisiológicas durante un combate simulado se presentaron doce deportistas; en esta jornada, un deportista fue excluido por lesión osteomuscular aguda, cinco no registraron datos en el sistema y uno desertó de la investigación por motivos personales. En la segunda

evaluación de las variables fisiológicas durante un combate simulado asistieron cinco deportistas que no registraron datos en la primera ocasión, y dos de ellos no asistieron. Finalmente, se realizó una segunda aplicación de las pruebas antropométricas y test de Course Navette con tres participantes, para obtener una muestra final de once deportistas que completaron la totalidad de las pruebas.

Análisis univariado

La edad de los participantes fue de 20 D. E.: 1,1 años, mientras que la media en la experiencia formal en taekwondo fue 7,2 D. E.: 0,6 años; respecto al tiempo de ascenso, se encontró una media de 1,87 D. E.: 0,41 años (Tabla 1). La media de la talla de los deportistas evaluados fue de 1,69 D. E.: 0,2 m, mientras que la masa fue 65,1 D. E.: 3,8 kg; la media del porcentaje de masa muscular fue de 42,3 D. E.: 0,8, y la media del porcentaje de grasa corporal fue de 14,9 D. E.: 1,8 (Tabla 2).

Los cinturones negros registraron un mayor valor de lactato sanguíneo en el *round* uno y en el dos (4,9 D. E.: 0,8 mmol/L; 8,2 D. E.: 1,0 mmol/L), mientras que en el *round* tres fueron los cinturones avanzados quienes tuvieron un mayor valor (8,8 D. E.: 0,7). En las aceleraciones del *round* uno, los cinturones negros tuvieron un mayor valor (3,6 D. E.: 0,3 g), en el segundo y tercer *rounds* fueron los cinturones avanzados quienes registraron un mayor valor (3,4 D. E.: 0,2 g; 3,4 D. E.: 0,1 g). En la frecuencia cardiaca de recuperación (l/m), fueron los cinturones negros quienes recuperaron una mayor cantidad de latidos durante los tiempos de descanso que se dieron entre el primer y segundo *rounds*, y entre el segundo y el tercer *round* (50 D. E.: 9,1 l/m; 42 D. E.: 8,9 l/m). Sin embargo, luego de una recuperación de cinco minutos, fueron los cinturones avanzados quienes recuperaron una mayor cantidad de latidos (66 D. E.: 5,7 l/m). En la frecuencia respiratoria, ambos grupos tuvieron valores similares, a excepción del *round* tres, donde los cinturones avanzados registraron un valor mucho más alto que los cinturones negros (6,9 D. E.: 2,1 pbm; $18,6 \pm 2,1$ bpm, respectivamente). Inserto Tabla 3

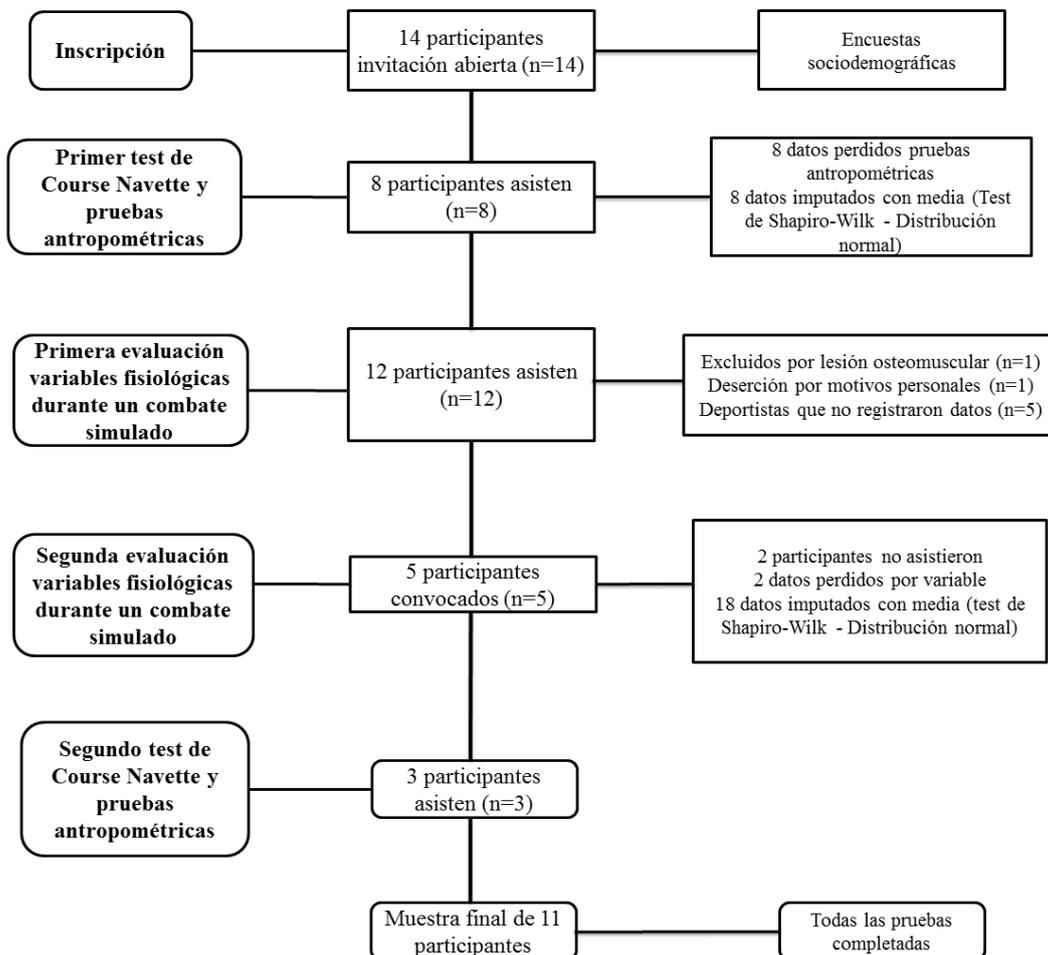


Figura 1. Diagrama de flujo de los participantes.

Tabla 1. Tabla sociodemográfica variables cuantitativas.

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad (años)	20	1,1	15	26
Tiempo de ascenso (años)	1,87	0,41	0,83	5,83
Experiencia formal* en el taekwondo (años)	7,2	0,6	3	11
Experiencia formal en otros deportes de contacto (años)	0,82	0,5	0	5

*Experiencia formal: práctica sistemática y estructurada del deporte en clubes, fundaciones, corporaciones, escuelas, entre otros.

Tabla 2. Resumen descriptivo composición corporal - variables antropométricas.

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Talla (m)	1,69	0,2	1,56	1,77
Masa (kg)	65,1	3,8	47,3	87,6
Masa muscular (%)	42,3	0,8	37,0	47
Grasa corporal (%)	14,9	1,8	5,4	26,1
Nivel de grasa visceral	6,0	0,6	2,0	10
IMC (kg/m ²)	22,5	1,0	18,1	28,9

Nota: IMC: índice de masa muscular; m: metros; kg: kilogramos; %: porcentaje; kg/m²: kilogramo sobre metro cuadrado.

Tabla 3. Resumen descriptivo comparación de medias entre cinturones negros y cinturones avanzados.

Variables	Color cinturón	n	Media	D. E.
Frecuencia cardiaca máxima (n latidos/min)	Negro	4	191	0,6
	Avanzado	7	195	0,6
Lactato sanguíneo (mml/L) R1	Negro	4	4,9	0,8
	Avanzado	7	4,6	0,5
Aceleraciones (g) R1	Negro	4	3,6	0,3
	Avanzado	7	3,3	0,3
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R1	Negro	4	50	9,1
	Avanzado	7	43	6,8
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R1	Negro	4	130	5,6
	Avanzado	7	154	7,2
Frecuencia respiratoria (bpm) R1	Negro	4	10,5	5,5
	Avanzado	7	10,0	1,7
Lactato sanguíneo (mml/L) R2	Negro	4	8,2	1,0
	Avanzado	7	7,5	0,6
Aceleraciones (g) R2	Negro	4	3,3	0,7
	Avanzado	7	3,4	0,2
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R2	Negro	4	42	8,9
	Avanzado	7	38	4,6
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R2	Negro	4	141	10,2
	Avanzado	7	155	4,7
Frecuencia respiratoria (bpm) R2	Negro	4	12,8	3,4
	Avanzado	7	12,8	3,5
Lactato sanguíneo (mml/L) R3	Negro	4	8,5	1,7
	Avanzado	7	8,8	0,7
Aceleraciones (g) R3	Negro	4	3,3	0,2
	Avanzado	7	3,4	0,1
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R3	Negro	4	64	4,8
	Avanzado	7	66	5,7
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R3	Negro	4	124	5,2
	Avanzado	7	132	2,7
Frecuencia respiratoria (bpm) R3	Negro	4	6,9	2,1
	Avanzado	7	18,6	2,1

Nota: D. E.: desviación estándar; mml/L: milimoles por litro; R1: *round* 1; g: fuerza gravitacional; l/m: latidos por minuto; p/m: pulsaciones por minuto; bpm: *beat* por minuto; R2: *round* dos; R3: *round* 3; n: muestra.

La categoría *junior* tuvo un menor valor de lactato sanguíneo en el *round* uno (4,2 D. E.: 0,1 mml/L), en comparación con la categoría *senior*, pero en los *rounds* dos y tres fue la categoría *senior* quien obtuvo un menor valor (7,7 D. E.: 0,9 mml/L; 9,4 D. E.: 1,0 mml/L). En las aceleraciones, la categoría *senior* obtuvo un mayor valor, tanto en el *round* uno como en el dos (3,4 D. E.: 0,2 g; 3,4 D. E.: 0,4 g), mientras que en el *round* tres ambas categorías obtuvieron valores similares (*junior*: 3,3 D. E.: 0,08 g; *senior*: 3,3 D. E.: 0,1 g). En la frecuencia cardiaca de recuperación (l/m), fue la categoría *senior* la que recuperó la mayor cantidad de latidos durante los tiempos de descanso que se dieron entre el primer y segundo *round*, y entre el segundo y tercer *round* (*round* uno: 49 D. E.: 6,6 l/m; *round* dos: 41 D. E.: 5,1 l/m). De igual forma, fue la categoría *senior* la que, luego de cinco minutos, recuperó

una mayor cantidad de latidos (68 D. E.: 3,3 l/m). En la frecuencia respiratoria, ambos grupos tuvieron valores similares, a excepción del *round* tres, donde la categoría *junior* registró un valor mucho más alto que la *senior* (18,02 D. E.: 2,13 bpm; 12,24 D. E.: 3,26 bpm, respectivamente). Inserto Tabla 4

En relación a las variables fisiológicas, en cada *round* de los participantes se observó que, en el primer *round*, la media del lactato sanguíneo fue 4,7 D. E.: 0,4 milimoles por litro (mml/L), y la media de las aceleraciones (ACC) fue de 3,4 D. E.: 0,2 fuerza (g); mientras que la media de la frecuencia cardiaca de recuperación (FCR) fue de 45 D. E.: 5 l/m, y la media de frecuencia respiratoria (FR) fue 10,1 D. E.: 2 *beat* por minuto (bpm). En el segundo *round*, la media del lactato sanguíneo

Tabla 4. Resumen descriptivo comparación de medias entre categorías Junior y Senior.

Variables	Categoría	N	Media	D. E.
Frecuencia cardiaca máxima (n latidos/min)	Junior	4	196	0,34
	Senior	7	192	0,59
Lactato sanguíneo (mml/L) R1	Junior	4	4,27	0,19
	Senior	7	5,01	0,63
Aceleraciones (g) R1	Junior	4	3,37	0,38
	Senior	7	3,41	0,23
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R1	Junior	4	39	9,13
	Senior	7	49	6,62
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R1	Junior	4	159	7,86
	Senior	7	137	7,03
Frecuencia respiratoria (bpm) R1	Junior	4	10,67	2,63
	Senior	7	9,82	3,06
Lactato sanguíneo (mml/L) R2	Junior	4	7,77	0,99
	Senior	7	7,68	0,64
Aceleraciones (g) R2	Junior	4	3,27	0,36
	Senior	7	3,40	0,40
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R2	Junior	4	35	7,31
	Senior	7	41	5,18
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R2	Junior	4	159	7,78
	Senior	7	145	5,98
Frecuencia respiratoria (bpm) R2	Junior	4	12,57	4,23
	Senior	7	12,87	3,26
Lactato sanguíneo (mml/L) R3	Junior	4	9,47	1,03
	Senior	7	8,22	0,92
Aceleraciones (g) R3	Junior	4	3,32	0,08
	Senior	7	3,32	0,11
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R3	Junior	4	61	9,54
	Senior	7	68	3,33
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R3	Junior	4	133	4,87
	Senior	7	127	3,12
Frecuencia respiratoria (bpm) R3	Junior	4	18,02	2,13
	Senior	7	12,24	3,26

Nota: D. E.: desviación estándar; mml/L: milimoles por litro; R1: *round* 1; g: fuerza gravitacional; l/m: latidos por minuto; p/m: pulsaciones por minuto; bpm: *beat* por minuto; R2; *round* dos; R3: *round* 3; n: muestra.

aumentó a 7,7 D. E.: 0,5 mml/L, al igual que la media de la frecuencia respiratoria (12,2 D. E.: 2,4 bpm); mientras que las ACC y FCR reportaron valores menores al primer *round* (3,3 D. E.: 0,3 g; 39 D. E.: 4 l/m, respectivamente). En el tercer *round*, la media del lactato sanguíneo continuó en aumento (8,7 D. E.: 0,6 mml/L), al igual que la FR (14,3 D. E.: 2,3 bpm), mientras la media de las ACC se estabilizó desde el segundo *round* (3,3 D. E.: 0,1). Inserto Tabla 5

En cuanto a la frecuencia cardiaca de recuperación (l/m), se resume con mediana y rango intercuartílico, porque presentó una distribución no normal, y se puede observar que la mediana menor se registró en el *round* dos (M_e : 39; IQR: 33:51 l/m), mientras la mayor recuperación fue en el *round* tres (M_e : 69; IQR: 65:71 l/m). En relación a las variables de confusión, se observó que la media del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) fue 45,1 D. E.: 1,3 ml/kg/min, mientras que la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{máx}$) fue 193 D. E.: 1 (n latidos/min). Inserto Tabla 6 y Tabla 7

Análisis bivariado: cinturones negros vs. cinturones avanzados

Después de aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se obtuvo una distribución no normal ($p < 0,05$) en la variable frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) del *round* tres, por tal motivo, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para la comparación de las medianas independientes. Las demás variables tuvieron una distribución normal ($p > 0,05$), por tal motivo, se aplicó la prueba de Levene para constatar homogeneidad de las varianzas y poder aplicar la prueba *t* de Student, y así, realizar la comparación de medias entre cinturones negros y cinturones avanzados.

Al comparar cinturones negros con cinturones avanzados, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la $FC_{máx}$ (n latidos/min) ($t = -4,1$; $p = 0,003$; IC95 % -6,1: -1,7), en la frecuencia respiratoria (bpm) del *round* tres ($t = -3,6$; $p = 0,006$; IC95 % -19,0: -4,4), mientras que la frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) del *round* uno reportó valores que se aproximan a la

Tabla 5. Resumen descriptivo: lactato sanguíneo, aceleraciones, frecuencia cardiaca de recuperación y frecuencia respiratoria entre rounds.

Variable	Rounds	n	Media	D. E.	Mínimo	Máximo
Lactato sanguíneo (mmol/L)	Round uno	11	4,7	0,4	3,0	7,5
	Round dos	11	7,7	0,5	5,4	10,9
	Round tres	11	8,7	0,7	4,7	12,9
Aceleraciones (g)	Round uno	11	3,4	0,2	2,3	4,5
	Round dos	11	3,3	0,3	1,9	5,4
	Round tres	11	3,3	0,1	2,9	3,7
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m)	Round uno	11	145	6,1	119	175
	Round dos	11	150	4,9	113	182
	Round tres	11	129	2,7	113	146
Frecuencia respiratoria (bpm)	Round uno	11	10,1	2,1	0,4	24,3
	Round dos	11	12,8	2,5	0,8	25,5
	Round tres	11	14,3	2,3	3,3	28,5

Nota: D. E.: desviación estándar; mml/L: milimoles por litro; g: fuerza gravitacional; p/m: pulsaciones por minuto; bpm: *beat* por minuto; n: muestra.

significancia estadística ($t = -2,3$; $p = 0,051$; IC95 % -48,0: 0,1). Inserto Tabla 8

Al utilizar la prueba de U de Mann-Whitney, en la frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) del *round* tres, se encontró un valor $p = 0,446$ (Z : -0,76; 69; IQR: 65; 71), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas (Tabla 9).

Junior vs. Senior

La distribución de los datos en la frecuencia cardiaca de recuperación (l/m)

Tabla 6. Resumen descriptivo frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) entre rounds.

Frecuencia cardiaca de recuperación	n	Mínimo	Máximo	Mediana	Percentiles	
					25	75
R1 (l/m)	11	22,0	73,0	45,2	28,0	62,0
R2 (l/m)	11	14,0	60,0	39,0	33,0	51,0
R3 (l/m)	11	33,0	79,0	69,0	65,0	71,0

Nota: l/m: latido por minuto; R1: round uno; R2: round dos; R3: round tres; n: muestra.

Tabla 7. Resumen descriptivo: consumo máximo de oxígeno y frecuencia cardiaca máxima.

Variable	Media	D. E.	Mínimo	Máximo
Etapas	7,8	0,5	5	10
Velocidad (m/s)	11,9	0,2	10,5	13
Tiempo (min)	9,0	0,5	6,39	11,49
VO2máx (ml/kg/min)	45,1	1,3	38,6	50,6
FCmáx (n latidos/min)	193	1	189	197

Nota: D. E.: desviación estándar; m/s: metros por segundo; min: minutos; VO2máx: consumo máximo de oxígeno; ml/kg/min: mililitros por kilogramo por minuto; FCmáx: frecuencia cardiaca máxima; n latidos/min: número de latidos por minuto.

Tabla 8. Prueba t de Student: cinturones negros vs. cinturones avanzados.

Variable	Levene p	t	p	Diferencia de medias	D.E.E.	95% I.C.	
						Inferior	Superior
Frecuencia cardiaca máxima (n latidos/min)	0,278	-4,1	0,003*	-3,9	1,0	-6,1	-1,7
Lactato sanguíneo (mml/L) R1	0,602	0,3	0,760	0,3	0,9	-1,7	2,3
Aceleraciones (g) R1	0,837	0,6	0,585	0,2	0,4	-0,7	1,2
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R1	0,829	0,6	0,547	7,1	11,4	-18,6	32,8
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R1	0,184	-2,3	0,051**	-24,0	10,6	-48,0	0,1
Frecuencia respiratoria (bpm) R1	0,023	0,1	0,936	0,5	5,8	-16,3	17,3
Lactato sanguíneo (mml/L) R2	0,749	0,6	0,555	0,7	1,1	-1,8	3,2
Aceleraciones (g) R2	0,114	-0,1	0,941	-0,004	0,6	-1,4	1,3
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R2	0,302	0,5	0,651	4,2	8,9	-16,0	24,4
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R2	0,388	-1,5	0,172	-14,4	9,7	-36,4	7,6
Frecuencia respiratoria (bpm) R2	0,696	0,003	0,997	0,017	5,4	-12,1	12,2
Lactato sanguíneo (mml/L) R3	0,338	-0,189	0,854	-0,28	1,51	-3,7	3,1
Aceleraciones (g) R3	0,007	-0,4	0,708	-0,1	0,2	-0,7	0,5
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R3	0,308	-1,5	0,167	-7,9	5,2	-19,7	4,0
Frecuencia respiratoria (bpm) R3	0,521	-3,6	0,006**	-11,7	3,2	-19,0	-4,4

Nota: D.E.E: diferencia de error de estándar; I.C: Intervalo de confianza; n latidos/min: número de latidos por minuto; mml/L: milimoles por litro; R1: round 1; g: fuerza gravitacional; l/m: latidos por minuto; p/m: pulsaciones por minuto; bpm: beat por minuto; R2: round dos; R3: round 3. *Diferencias estadísticamente significativas entre cinturones negros y avanzados ($p \leq 0,05$). **Valor p entre 0,05 y 0,10: aproximación a la diferencia estadística.

Tabla 9. Prueba U de Mann-Whitney: cinturones negros vs. cinturones avanzados.

Variable	Color de cinturón	N	Rango promedio	Suma de rangos	Mediana	Percentiles		Z	U de Mann-Whitney	p
						25	75			
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R3	Negro	4	5,00	20,00	69,00	65,00	71,00	-0,76	10,00	0,446
	Avanzado	7	6,57	46,00	2,00	1,00	2,00			
	Total	11								

Nota: l/m: latidos por minuto; R3: round tres; n: muestra.

del round tres, tras aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, presentó distribución no normal ($p < 0,05$), por tal motivo, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para la comparación de las medianas independientes. Las demás variables siguieron una distribución normal ($p > 0,05$), por lo que se utilizó la prueba t de Student para la comparación de medias entre las categorías junior y senior.

En la Tabla 10 se puede observar que únicamente hubo diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia cardiaca máxima, con una diferencia de medias de 4,1 entre las categorías senior y junior ($t = 4,9$; $p = 0,001$; IC95 % 2,2: 6,1), siendo menor para la senior (192; D. E.:0,5 n latidos/min), mientras que la frecuencia cardiaca de recuperación R1 tiene tendencia a la diferencia estadística ($t = 2,0$; $p = 0,079$; IC95 % -3,1: 47,1), con una diferencia de medias de 22 (p/m), a favor de la categoría senior (137; D. E.:7,03 p/m).

Al utilizar la prueba de U de Mann-Whitney en la frecuencia cardiaca de

recuperación (l/m) del round tres, se encontró un valor $p = 0,567$ (Z: -0,57; 69; RIC: 65; 71), lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas al comparar las categorías. Inserto Tabla 11

Comparación entre rounds

Para la comparación del desempeño de los deportistas entre rounds, sin discriminar nivel de experiencia o categoría, se utilizó una prueba ANOVA de un factor para medias relacionadas (Tabla 12), donde no se incluyó la variable frecuencia cardiaca de recuperación (l/m), porque, al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvo una distribución no normal ($p < 0,05$); sin embargo, para esta variable se utilizó el test de Friedman. Luego, se realizó un análisis post hoc, con el test de Bonferroni, y un análisis con el test de Wilcoxon, para identificar dónde estaban las diferencias estadísticamente significativas entre las medias y medianas de cada round (respectivamente), y se penalizó el valor p, porque,

Tabla 10. Prueba t de Student: categoría senior vs. categoría junior.

Variable	Levene ^P	t	p	Diferencia de medias	D.E.E	95% I.C.	
						Inferior	Superior
Frecuencia cardiaca máxima (n latidos/min)	0,185	4,9	0,001*	4,1	0,9	2,2	6,1
Lactato sanguíneo (mmol/L) R1	0,042	-1,1	0,300	-0,7	0,7	-2,3	0,8
Aceleraciones (g) R1	0,678	-0,1	0,928	-0,03	0,4	-1,0	0,9
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R1	0,909	-0,9	0,407	-9,7	11,1	-34,9	15,5
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R1	0,971	2,0	0,079**	22,0	11,1	-3,1	47,1
Frecuencia respiratoria (bpm) R1	0,424	0,2	0,857	0,8	4,6	-9,5	11,2
Lactato sanguíneo (mmol/L) R2	0,637	0,1	0,939	0,1	1,1	-2,5	2,6
Aceleraciones (g) R2	0,711	-0,2	0,841	-0,1	0,6	-1,5	1,2
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R2	0,955	-0,7	0,483	-6,4	8,8	-26,3	13,5
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R2	0,866	1,4	0,206	13,5	9,9	-8,9	35,8
Frecuencia respiratoria (bpm) R2	0,755	-0,1	0,957	-0,3	5,4	-12,5	11,9
Lactato sanguíneo (mmol/L) R3	0,943	0,9	0,415	1,2	1,5	-2,1	4,5
Aceleraciones (g) R3	0,256	-0,02	0,983	-0,003	0,2	-0,4	0,4
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m) R3	0,870	1,1	0,312	5,9	5,5	-6,6	18,3
Frecuencia respiratoria (bpm) R3	0,377	1,2	0,248	5,8	4,7	-4,8	16,4

Nota: D.E.E: diferencia de error de estándar; I.C: Intervalo de confianza; n latidos/min: número de latidos por minuto; mmol/L: milimoles por litro; R1: *round* uno; g: fuerza gravitacional; l/m: latidos por minuto; p/m: pulsaciones por minuto; bpm: *beat* por minuto; R2: *round* dos; R3: *round* tres. *Diferencias estadísticamente significativas entre categorías *senior* y *junior* ($p \leq 0,05$). **Valor p entre 0,05 y 0,10: aproximación a la diferencia estadística.

Tabla 11. Prueba U de Mann-Whitney: categoría junior vs. categoría senior.

Variable	Color de cinturón	n	Rango promedio	Suma de rangos	Mediana	Percentiles		Z	U de Mann-Whitney	P
						25	75			
Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R3	<i>Junior</i>	4	5,25	21,00	69,00	65,00	71,00	-0,57	11,00	0,567
	<i>Senior</i>	7	6,43	45,00	2,00	1,00	2,00			
	Total	11								

Nota: l/m: latidos por minuto; R3: *round* tres; n: muestra.

Tabla 12. Prueba ANOVA: comparación entre rounds

Variable	Tipo comparación	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor p
Lactato sanguíneo (mmol/L)	Entre grupos	92,6	46,3	0,001*
	Dentro de grupos	100,5	3,4	
	Total	193,2		
Aceleraciones (g)	Entre grupos	0,030	0,015	0,967
	Dentro de grupos	13,2	0,4	
	Total	13,2		
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m)	Entre grupos	2682,2	1341,1	0,010*
	Dentro de grupos	7527,6	250,9	
	Total	10209,9		
Frecuencia respiratoria (bpm)	Entre grupos	99,4	49,7	0,432
	Dentro de grupos	1730,3	57,7	
	Total	1829,8		

Nota: mmol/L: milimoles por litro; g: fuerza gravitacional; p/m: pulsaciones por minuto; bpm: *beat* por minuto. *Diferencias estadísticamente significativas entre *rounds* ($p \leq 0,05$).

solamente por azar, al comparar más de tres medias, aumenta la probabilidad de encontrar diferencias (Tablas 13 y 14).

En la comparación entre *rounds* (Tabla 12), hubo diferencias estadísticamente significativas en el lactato sanguíneo ($p=0,001$) y en la frecuencia cardiaca de recuperación en la expresión p/m ($p=0,010$), pero no hubo diferencias estadísticamente significativas en las aceleraciones ($p=0,967$) ni en la frecuencia respiratoria ($p=0,432$).

En el análisis *post hoc*, se encontró que en el lactato sanguíneo hubo diferencias estadísticamente significativas ($p=0,002$) entre el *round* uno (4,7; D. E.:0,4 mmol/l) y el *round* dos (7,7 D. E.:0,5 mmol/l), y entre el *round* uno y el *round* tres (8,7; D. E.: 0,7 mmol/l; $p=0,001$), donde se observó un aumento de los valores en esta variable cuando se comparó el *round* uno con los demás, pero no hubo diferencias al revisar el *round* dos con el tres; y en la frecuencia cardiaca de recuperación hubo diferencias estadísticamente significativas entre el *round* dos (150; D. E.:4,9 p/m)

y el *round* tres (129; D. E.:2,7 p/m; $p=0,011$), donde disminuyen los valores del *round* tres al compararlo con el dos, y también se observa una tendencia a la diferencia estadística entre el *round* uno (145; D. E.:6,1) y el tres (129; D. E.:2,7; $p=0,073$) (Tabla 13). En la frecuencia cardiaca de recuperación, medida como latidos por minuto, se encontró que el *round* tres (M_e :69; IQR: 65:71 l/m) (Tabla 14) tiene diferencias estadísticamente significativas cuando se comparó con los *rounds* uno (M_e :45; IQR: 28:62 l/m; Z: -2,04; $p=0,041$) y dos (M_e :39; IQR: 33:51 l/m; Z: -2,84; $p=0,004$).

DISCUSIÓN

Los participantes del estudio reportaron un rango de edad entre 15 y 30 años; intervalo que corresponde a las categorías *junior* (15-17 años) y *senior* (18-30 años), de acuerdo con la *Kukkiwon* (Academia Mundial de Taekwondo) y, además, con experiencia en el combate en los niveles de cinturón azul, rojo o negro. Después de realizar la comparación entre los deportistas con cinturones

Tabla 13. Test de Bonferroni: comparación entre rounds.

Variable dependiente	Rounds	Diferencia de medias (I-J)	E.E.	Valor p	Intervalo de confianza al 95%		
					Inferior	Superior	
Lactato sanguíneo (mmol/L)	Uno	Dos	-3,0*	0,8	0,002**	-5,0	-1,0
		Tres	-4,0*	0,8	0,001**	-5,9	-2,0
	Dos	Uno	3,0*	0,8	0,002**	1,0	5,0
		Tres	-1,0	0,8	0,680	-2,9	1,0
	Tres	Uno	4,0*	0,8	0,001**	2,0	5,9
		Dos	1,0	0,8	0,680	-1,0	2,9
Aceleraciones (g)	Uno	Dos	0,04	0,3	1,000	-0,7	0,8
		Tres	0,1	0,3	1,000	-0,6	0,8
	Dos	Uno	-0,04	0,3	1,000	-0,8	0,7
		Tres	0,02	0,3	1,000	-0,7	0,7
	Tres	Uno	-0,1	0,3	1,000	-0,8	0,6
		Dos	-0,02	0,3	1,000	-0,7	0,7
Frecuencia cardiaca de recuperación (p/m)	Uno	Dos	-5,2	6,8	1,000	-22,3	11,9
		Tres	16,0	6,8	0,073*	-1,1	33,1
	Dos	Uno	5,2	6,8	1,000	-11,9	22,3
		Tres	21,1*	6,8	0,011**	4,1	38,3
	Tres	Uno	-16,0	6,8	0,073*	-33,1	1,1
		Dos	-21,1*	6,8	0,011**	-38,3	-4,1
Frecuencia respiratoria (bpm)	Uno	Dos	-2,6	3,2	1,000	-10,8	5,6
		Tres	-4,2	3,2	0,611	-12,4	4,0
	Dos	Uno	2,6	3,2	1,000	-5,6	10,8
		Tres	-1,6	3,2	1,000	-9,8	6,6
	Tres	Uno	4,2	3,2	0,611	-4,0	12,4
		Dos	1,6	3,2	1,000	-6,6	9,8

Nota: E. E.: error estándar; mmol/L: milimoles por litro; g: fuerza gravitacional; p/m: pulsaciones minuto; bpm: *beat* por minuto. *Valor p entre 0,05 y 0,10: aproximación a la diferencia estadística. **Diferencias estadísticamente significativas entre rounds ($p \leq 0,05$).

Tabla 14. Prueba de Wilcoxon: Frecuencia Cardiaca de Recuperación (l/m).

	Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R2 - Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R1	Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R1 - Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R3	Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R3 - Frecuencia cardiaca de recuperación (l/m) R2
Z	-1,068 ^a	-2,046 ^b	-2,848 ^c
P	0,286	0,041*	0,004*

Nota: l/m: latido por minuto, R1: *round* uno; R2: *round* dos; R3: *round* tres; ^aPrueba de los rangos con signo de Wilcoxon. ^bBasado en los rangos positivos. ^cBasado en los rangos negativos. *Diferencias estadísticamente significativas entre rounds ($p \leq 0,05$).

avanzados (azul-rojo) y negros, entre las categorías y entre los rounds, en respuestas fisiológicas durante combates simulados de taekwondo, se encontró que la frecuencia cardiaca aumentó en el segundo y tercer rounds, en relación con el primero; resultado que coincide con otras investigaciones donde los deportistas evaluados alcanzaron valores submaximales y maximales entre 80 % y 100 % de su frecuencia cardiaca (Butios & Tasika, 2007; Markovic, Vucetic, & Cardinale, 2008; Matsushigue et al., 2009; Campos et al., 2012; Herrera et al., 2014; Tabben, Franchini, & Chaabene 2014; Hausen, Soares, Araújo, Porto, Franchini, Bridge & Gurgel, 2017). En una investigación diferente (Cerdeira-Kohler et al., 2015), evaluaron la frecuencia cardiaca de recuperación (FCR) 30 y 60 segundos después de finalizar cada *round* y, cuando compararon los resultados, concluyeron que no había diferencias estadísticamente significativas entre perdedores y ganadores; sin embargo, en el estudio no reportaron si la FCR era ideal durante los tiempos de recuperación entre rounds.

En el presente estudio, los tiempos de descanso fueron mayores a un minuto, debido a la extracción de sangre para la medición del lactato sanguíneo, lo que causó que los tiempos de recuperación aumentaran de uno a 2,7 minutos entre rounds, logrando una mayor recuperación en las variables analizadas. Sin embargo, se encontró que los cinturones negros reportaron una media menor (191, D. E.:0,6) que los cinturones avanzados (195; D. E.:0,6) en la frecuencia cardiaca máxima, diferencia que se origina porque los cinturones avanzados tiene una edad menor (15,3; D. E.: 2,5 vs. 23,8; D. E.: 1,7), lo que significa que, teóricamente, tienen una frecuencia cardiaca máxima mayor (Gellish et al. 2007).

En relación a la frecuencia cardiaca de recuperación (p/m), en el *round* uno se encontró una tendencia estadística diferente entre cinturón negro (130; D. E.: 5,6 p/m) y cinturón avanzado (154; D. E.:7,2 p/m), dado que los deportistas de

mayor experiencia lograron una recuperación más eficiente, en un 12 %, que la categoría avanzada, y acercándose hasta en un 84 % a la frecuencia cardiaca de recuperación completa (García Manso, Navarro Valdivielso, & Ruiz Caballero, 1996), diferencias dadas por los años de experiencia (9,3 vs. 5,4) y el nivel de rendimiento; sumados a las diferencias estadísticas en la frecuencia respiratoria, donde existen valores menores para cinturón negro (6,9; D. E.: 2,1bpm), al compararlos con cinturón avanzado (18,6; D. E.: 2,1 bpm). Así, los cinturones negros reportan menores valores en la frecuencia cardiaca máxima, frecuencia cardiaca de recuperación, en el *round* uno, y frecuencia respiratoria; en otras palabras, son más eficientes en estas variables que los cinturones avanzados.

En relación a las categorías, también se encontraron diferencias estadísticas en la frecuencia cardiaca máxima entre ellas (*junior*: 196; D. E.:0,34 vs. *senior*: 192; D. E.:0,59), las cuales también están dadas por la edad. Además, se encontró una tendencia estadística en la frecuencia cardiaca de recuperación del primer *round* con una media 137 p/m (D. E.:7,03), para la categoría *senior*, y 159 p/m (D. E.:7,8), para la categoría *junior*. Así, estas diferencias que estuvieron marcadas en 11 % fueron producto de la experiencia deportiva y, en consecuencia, de las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento.

Al comparar las variables fisiológicas, sin discriminar por categoría o cinturón, se encontró que el lactato en sangre aumentó gradualmente sus valores con el desarrollo de los rounds, y presentó diferencias estadísticamente significativas al comparar sus valores entre rounds ($p < 0,05$). Ambos resultados coinciden con otros estudios que, también, han evaluado el lactato sanguíneo durante un combate de taekwondo (Butios & Tasika, 2007; Markovic et al., 2008; Matsushigue et al., 2009; Campos et al., 2012; Tabben et al., 2014; Hausen et al., 2017).

Por su parte, Campos et al. (2012) evaluaron una población con una edad similar

a la de esta investigación (21 D. E.: 6 años), y encontraron una respuesta del lactato sanguíneo (*round* uno: 4,2 D. E.: 0,7 mmol/L; *round* dos: 5,9 D. E.: 1,2 mmol/L; *round* tres: 6,6 D. E.: 1,1 mmol/L) más baja que este estudio (*round* uno: 4,7 D. E.: 0,4 mmol/L; *round* dos: 7,7 D. E.: 0,5 mmol/L; *round* tres: 8,7 D. E.: 0,7 mmol/L). Hausen et al. (2017) también evaluaron una población similar, pero encontraron respuestas de lactato más altas (*round* uno: 6,7 D. E.: 1,7 mmol/L; *round* dos: 8,8 D. E.: 2,5 mmol/L; *round* tres: 10,8 D. E.: 2,8 mmol/L), en comparación con el estudio de Campos et al. (2012) y los resultados expuestos.

Además, en la revisión de artículos, realizada por Tabben et al. (2014), encontraron que el lactato sanguíneo tiene una gran variación en las simulaciones de combates, y algunos autores han detectado valores ligeramente superiores a 10 mmol/L. De acuerdo a lo anterior, los deportistas evaluados en esta investigación presentaron niveles de lactato sanguíneo media, y coinciden con otros estudios en que la vía metabólica anaeróbica tiene gran implicación (Manso et al., 1996; Heller et al., 1998; Matsushigue et al., 2009; Cardozo et al., 2017), dado que los deportistas de taekwondo generan una gran demanda metabólica glucolítica, para la obtención de energía durante las pausas dinámicas que se dan luego de pequeños períodos intensos de combate (1-5 segundos), y es el metabolismo anaeróbico el que está implicado en los momentos de ataque y defensa.

Por lo tanto, la forma de obtención de energía es, especialmente, mediante la glucólisis anaeróbica, lo que genera un aumento en la producción de ácido láctico por las celulares musculares involucradas y un incremento del lactato sanguíneo (López Chicharro & Fernández Vaquero, 2006). Así, se observan valores que reflejan cómo la intensidad del ejercicio fue aumentando, de *round* a *round*, con diferencias estadísticas, alcanzando el umbral anaeróbico por registro de lactato (4,0 mmol/L) (Manso et al., 1996; López Chicharro & Fernández Vaquero, 2006; Palacios, Pedrero-Chamizo, Palacios, Maroto-Sánchez, Aznar, & González-Gross, 2015), lo que implica llevar a cabo entrenamientos al límite del umbral o por encima, con el objetivo de mantener la intensidad de las decisiones y ejecuciones del deporte, para sobreponerse al adversario manteniendo un nivel de acidosis media (8-12 mmol/L) y teniendo como alternativo un método fraccionado intensivo de orientación anaeróbica de corta y media duración (Manso et al., 1996), con pausas incompletas.

De esta manera, el entrenamiento le brinda al deportista la capacidad de tolerar concentraciones mayores de ácido láctico y menores pH sanguíneos, utilizando el lactato como sustrato para la formación de glucógeno, y pudiendo metabolizar el lactato en hígado, riñón y corazón (Manso et al., 1996; López Chicharro & Fernández Vaquero, 2006; Rodwell et al., 2013). Cabe mencionar que los valores pico de lactato se miden entre cinco a siete minutos después de finalizado el esfuerzo (Manso et al., 1996), y el presente estudio realizó las mediciones casi a los tres minutos posteriores, por los objetivos del mismo.

Al analizar la frecuencia cardiaca de recuperación (FCR), se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) cuando se comparó el *round* tres con el dos y con el uno; sin embargo, dicho resultado debe interpretarse con cuidado, porque la FCR del tercer *round* se tomó cinco minutos después de su finalización (129 D. E.: 3 p/m). Bridge, Jones y Drust (2009) realizaron un estudio donde midieron la FCR después de 30 segundos de haber finalizado cada *round* y el menor valor que se obtuvo fue durante el primer tiempo de descanso con una FCR de 173 D. E.: 15 p/m; en contraste, este estudio reportó un menor dato, porque el tiempo de recuperación fue mayor, especialmente en el último *round*.

Sería imprudente afirmar o negar que la recuperación que obtuvieron los deportistas fue adecuada, debido a la poca investigación que existe sobre la FCR en deportistas de taekwondo durante los tiempos de descanso entre *rounds* (Cerdeja-Kohler et al., 2015), y tampoco es lógico comparar los resultados con la literatura que afirma que una recuperación completa se da a los 3-5 minutos, cuando el deportista alcanza las 100 p/m (Manso, 2013), ya que en una competencia de taekwondo los tiempos de descanso se estipulan de un minuto por reglamento (World Taekwondo, 2018) y, en ocasiones, tienen una duración menor.

Sin embargo, es posible hacer la comparación con la FCR que se tomó cinco minutos después de finalizar el combate, donde se encontró que los deportistas no habían logrado tener una recuperación completa (129 D. E.: 3 p/m). Estas diferencias también se vieron reflejadas al analizar la FCR en 1/m, comparando el *round* tres con el uno y el dos, pero no hubo diferencias al comparar el *round* uno con el dos, probablemente porque el tiempo de recuperación en el *round* tres,

para esta variable, fue casi el doble que en los *rounds* uno y dos.

Respecto a la evaluación de las aceleraciones de las acciones durante los combates (ACC), son pocos los estudios que la abordan. El presente estudio encontró que fue muy consistente durante el desarrollo de los *rounds* (*round* uno: 3,4 D. E.: 0,1 g; *round* dos: 3,3 D. E.: 0,2 g; *round* tres: 3,3 D. E.: 0,6 g); sin embargo, al igual que con la FCR, existen pocas investigaciones que hayan relacionado esta variable con el taekwondo (Cerdeja-Kohler et al., 2015). Herrera et al. (2014) evaluaron las aceleraciones en niños, cadetes y adultos, pero con las variables "desplazamiento" (medida en metros) y "máxima velocidad" (medida en metros por segundo). Otro estudio (Cerdeja-Kohler et al., 2015) evaluó las aceleraciones pico, y realizó una comparación entre ganadores y perdedores, en la cual no hubo diferencias estadísticamente significativas (9,2 D. E.: 2,4 g; 10,5 D. E.: 2,4 g, respectivamente; $p > 0,05$). Si bien este último estudio realizó la medición de las aceleraciones con la misma unidad de medida de la presente investigación (g), no es posible hacer una comparación, ya que el estudio promedia las aceleraciones pico y aquí todos son valores promedio registrados durante cada *round*.

Este estudio encontró que la frecuencia respiratoria aumentó a medida que se desarrollaron los *rounds* (*round* uno: 10,1 D. E.: 2,0 bpm; *round* dos: 12,7 D. E.: 2,4 bpm; *round* tres: 14,3 D. E.: 2,3 bpm), y que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre *rounds* y entre categorías ($p > 0,05$), pero se encontraron diferencias estadísticamente significativas, en el tercer *round*, entre cinturones avanzados y negros ($p = 0,006$), donde los primeros presentaron una frecuencia respiratoria más elevada (18,6 D. E.: 2,1 bpm; 6,9 D. E.: 2,1 bpm, respectivamente).

Por último, en relación al consumo máximo de oxígeno (VO₂máx), como variable fisiológica que denota la cantidad de oxígeno que utiliza el organismo por unidad de tiempo (López Chicharro & Fernández Vaquero, 2006), esta investigación recurrió a estimar el VO₂máx de una manera indirecta, a través del Course Navette, dado que no existe, todavía, un protocolo válido y confiable para su medición durante un combate simulado de taekwondo; y se encontró una media de 45 D. E.: 1,3 ml/kg/min.

Por su parte, Butios & Tasika (2007) también estimaron el VO₂máx con el test de Course Navette, en deportistas pertenecientes a las categorías -68 kg, -80 kg y +80 kg, y encontraron resultados diferentes (53,91 D. E.: 4,07 ml/kg/min; 54,71 D. E.: 4,11 ml/kg/min; 52,59 D. E.: 3,87 ml/kg/min, respectivamente). Esto podría interpretarse como una deficiencia del VO₂máx en los deportistas evaluados en esta investigación; sin embargo, la revisión de artículos realizada por Bridge, Da Silva Santos, Chaabene, Pieter y Franchini (2014), en 31 estudios que evaluaron el VO₂máx en deportistas de taekwondo de talla nacional, internacional y algunos que practicaban por recreación, encontró que 15 reportaron un VO₂máx entre 39,5 D. E.: 3,2 ml/kg/min y 49 D. E.: 2,8 ml/kg/min; 14 reportaron un VO₂máx entre 51,1 D. E.: 2,3 ml/kg/min y 63,2 D. E.: 6,1 ml/kg/min; y 2 reportaron un VO₂máx por debajo de 33,4 ml/kg/min, respectivamente.

De acuerdo a lo anterior, el VO₂máx de los taekwondistas de esta investigación se encuentran en un nivel bajo, teniendo en cuenta que los resultados pueden verse influenciados por la altura del lugar de evaluación, el tipo de superficie e, incluso, por el calzado. En contraste, los deportistas de taekwondo también tienen una moderada-alta demanda oxidativa durante el entrenamiento y los combates.

Según la literatura, a mayor VO₂máx menor lactato (Montoro, 2003), aunque hay autores que mencionan que los deportistas entrenados pueden generar mayor tolerancia a la concentración de lactato (McArdle et al., 2016). Estos datos, en términos generales, se encuentran en el rango de sujetos sedentarios entre 20 y 40 años (35-45 ml/kg/min) (Manso et al., 1996; López Chicharro & Fernández Vaquero, 2006), sumado a un deporte de combate, como judo, en deportistas de élite en España, donde se encontró una media 56,1 ml/kg/min (D. E.: 3,3) (Manso et al., 1996), mientras la media reportada en deportes de combate como boxeo, lucha libre, judo y esgrima es 57,4 ml/kg/min (Neumann como se citó en López Chicharro & Fernández Vaquero, 2006). Así que, también, se hace necesario elevar los valores de VO₂máx utilizando métodos fraccionados extensivos que aumenten el rendimiento de los deportistas de este estudio.

CONCLUSIONES

Las respuestas fisiológicas de los deportistas ante el esfuerzo realizado en un combate difieren entre color de cinturón (avanzados vs. negros), en las variables de frecuencia cardiaca máxima y frecuencia cardiaca de recuperación, con

unidades en bpm en el *round* tres, y existe una tendencia estadística, en la misma variable, en unidades p/m, para el *round* uno; y entre categorías (*junior vs. senior*), en la frecuencia cardiaca máxima, y una tendencia estadística en la frecuencia cardiaca de recuperación (p/m), en el *round* uno.

Al analizar el comportamiento de las variables entre *rounds*, sin discriminar categoría o experiencia, se encontraron diferencias estadísticas en el lactato sanguíneo, variable que fue aumentando, de *round* a *round*, encontrando diferencias al comparar *round* uno con dos y tres; y en la frecuencia cardiaca de recuperación (p/m), al comparar el *round* dos con el *round* tres, como también se encontró una tendencia al comparar el *round* uno con el tres; y, finalmente, en la variable frecuencia cardiaca (l/m), se encontraron diferencias estadísticas al comparar el *round* tres con el uno y el dos.

En un combate de taekwondo, un minuto de descanso entre *rounds* no es suficiente para alcanzar una recuperación completa, y la evidencia que existe sobre la frecuencia cardiaca de recuperación durante un combate de taekwondo impide tener un referente que ilustre cuál es la recuperación óptima para este deporte, teniendo en cuenta que la literatura menciona 100 p/m como recuperación completa. Esto mismo sucede con las aceleraciones, pues en este estudio los deportistas presentaron una consistencia en todos los *rounds*, donde solo hubo una disminución de una décima entre el primero y el segundo *round* (3,4 D. E.: 0,1 g; 3,3 D. E.: 0,2 g, respectivamente), para luego mantenerse en el último *round*. En cuanto al lactato, los taekwondistas deben tolerar concentraciones de moderado a alto durante un combate.

Se sugiere realizar entrenamientos con métodos discontinuos interválicos intensivos y extensivos, en sujetos con las características del presente estudio. Además, se recomienda utilizar diferentes medios para el control de la carga de entrenamiento, y aumentar el tamaño de la muestra para reducir la amplitud de los intervalos de confianza y tener mayor potencia estadística.

LIMITACIONES

En este estudio, los tiempos de descanso fueron mayores a un minuto debido a la extracción de sangre para la medición del lactato sanguíneo, lo que causó que los tiempos de recuperación aumentaran, en promedio, 1,7 minutos más entre *rounds*, logrando una mayor recuperación en las variables analizadas. Estudios futuros, deben incluir una muestra de mayor tamaño con el fin de obtener resultados extrapolables.

REFERÊNCIAS

Aguado, A., Moreno, N., & Rodríguez, A. (2008). *Aprendizaje de los conceptos de posición, velocidad y aceleración, mediante la resolución de problemas como estrategia didáctica* (Tesis de maestría). Universidad de la Salle, Facultad de Ciencias de la Educación, Bogotá.

Aguayo, A., & Lagos, A. (2012). *Guía clínica de control de signos vitales*. Chillán, Chile: Universidad Pedro de Valdivia. Recuperado de <http://academico.upv.cl/doctos/KINE-4068/%7B328B1B37-2C2A-4747-8B38-169806A27753%7D/2012/S1/GUIA%20TECNICA%20DE%20CONTROL%20DE%20SIGNOS%20VITALES%20KINE.pdf>

Alvero Cruz, JR, Cabañas, D., & Porta, J. (2010). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. *Archivos de medicina del deporte*, 27(139), 330-344.

Asociación Mundial de la Salud (AMM). Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos Centro de Documentación en Bioética 2013. Fortaleza, Brasil: AMM. *Dic [citado 2019]: Disponible en: <http://www.redsamid.net/archivos/201606-declaracion-helsinki-brasil.pdf>*, 1.

Billat, L. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Medicine*, 22(3), 157-175.

Bosy-Westphal, A., Later, W., Hitze, B., Sato, T., Kossel, E., Glüer, CC, & Müller, MJ. (2008). Accuracy of bioelectrical impedance consumer devices for measurement of body composition in comparison to whole body magnetic resonance imaging and dual X-ray absorptiometry. *Obesity Facts*, 1(6), 319-324.

Bouhlef, E., Jouini, A., Gmada, N., Nefzi, A., Abdallah, K., & Tabka, Z. (2006). Heart rate and blood lactate responses during Taekwondo training and competition. *Science & Sports*, 21(5), 285-290.

Bridge, CA, Da Silva Santos, JF, Chaabene, H., Pieter, W., & Franchini, E. (2014). Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine*, 44(6), 713-733.

Bridge, CA, Jones, MA, & Drust, B. (2009). Physiological responses and perceived exertion during international taekwondo competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(4), 485-493.

Bridge, C., Jones, MH, & Sanchez, X. (2007). Heart rate responses to Taekwondo training in experienced practitioners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 718-723.

Butios, S., & Tasika, N. (2007). Changes in heart rate and blood lactate concentration as intensity parameters during simulated Taekwondo competition. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 179-185.

Campos, F., Bertuzzi, R., Dourado, A., Santos, V., & Franchini, E. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1221-1228.

Cardozo, LA, Vera-Rivera, DA, Conde-Cabezas, OA, & Yáñez, CA (2017). Aspectos fisiológicos de deportistas elite de taekwondo: una revisión narrativa. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 418, 35-46.

Castañeda, PE (2005). Dirección y control del proceso de entrenamiento en el taekwondo. *Ciencia deporte y cultura física*, 1(1), 58-68.

Cerda-Kohler, H., Aguayo, JC, Barrea, GF-S, Jorquera, C., & Báez-San Martín, E. (2015). Control autonómico del ritmo cardiaco, lactato sanguíneo y aceleración. *Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 1234-1240.

Gadoury, C., & Leger, L. (1986). Validite de l'epreuve de course navette de 20 m avec paliers de une minute et du physitest canadien pour predire le VO2 max des adultes. *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, 7(13), 57-68.

García, G., & Secchi, J. (2014). Test course navette de 20 metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 49(183), 93-103.

García Manso, JM, Navarro Valdivielso, M., & Ruiz Caballero, JA (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo: principios y aplicaciones*. Madrid: S. L. Gymnos.

Gellish, RL, Goslin, BR, Olson, RE, McDonald, AU, Russi, GD, & Moudgil, VK (2007). Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(5), 822-829.

Haddad, M., Chaouachi, A., Wong, D., Castagna, C., Hue, O., Impellizzeri, F., & Chamari, K. (2014). Influence of exercise intensity and duration on perceived exertion in adolescent Taekwondo athletes. *European Journal of Sport Science*, 14(1), S275-S281.

Halson, S. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.

Hausen, M., Soares, PP, Araújo, MP, Porto, F., Franchini, E., Bridge, CA, & Gurgel, J. (2017). Physiological responses and external validity of a new setting for taekwondo combat simulation. *PLoS One*, 12(2), e0171553.

Heller, J., Peric, T., Dlouha, R., Kohlikova, E., Melichna, J., & Novakova, H. (1998). Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *Journal of Sports Sciences*, 16(3), 243-249.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). México: McGraw-Hill.

Herrera, T., Cancino, J., Franchini, E., Henríquez-Olguín, C., & Muñoz, A. (2014). Physiological and physical profile of taekwondo athletes of different age categories during simulated combat. *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology*, 14(2), 36-40.

Huter-Becker, A., Schewe, H., & Heipertz, W. (2006). *Fisiología del ejercicio y teoría del entrenamiento*. Badalona: Paidotribo.

Johnstone, JA, Ford, PA, Hughes, G., Watson, T., & Garrett, AT (2012). BioHarness™ multivariable monitoring device: part. I: validity. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 400-408.

Lee, KM (2000). *Taewondo dinámico*. Barcelona: Editorial Hispano Europea.

Liga Antioqueña de Taekwondo (febrero, 2017). *Reglamento de arbitraje de combate en taekwondo*. Medellín: Liga Antioqueña de Taekwondo.

López Chicharro, J., & Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del ejercicio* (3.ª ed.). Bogotá: Ed. Médica Panamericana.

Manso, JM (2013). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Arch Med Deporte*, 30(1), 43-51.

Marins, JC, Marins, NM, & Fernández, MD (2010). Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 45(168), 251-258.

Markovic, G., Vucetic, V., & Cardinale, M. (2008). Heart rate and lactate responses to taekwondo fight in elite women performers. *Biology of sport*, 25(2), 135-146.

- Matsushigue, A., Hartmann, K., & Franchini, E. (2009). Taekwondo: physiological responses and match analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1112-1117.
- Melhim, AF (2001). Aerobic and anaerobic power responses to the practice of taekwon-do. *British Journal of Sports Medicine*, 35(4), 231-234.
- Montoro, R. (2003). Revisión de artículos sobre la validez de la prueba de Course Navette para determinar de manera indirecta el VO2 máx. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3(11), 173-181.
- Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, Resolución 8430 de 1993, República de Colombia. Ministerio de Salud, (1993). www.dib.unal.edu.co/promocion/etica_res_8430_1993.pdf
- Palacios, G., Pedrero-Chamizo, R., Palacios, N., Maroto-Sánchez, B., Aznar, S., & González-Gross, M. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 21(Supl 1), 235-242.
- Pieter, W. (1991). Performance characteristics of elite taekwondo athletes. *Korean Journal of Sport Science*, 3(1), 94-117.
- Pieter, W., Taaffe, D., & Heijmans, J. (1990). Heart rate response to taekwondo forms and technique combinations. A pilot study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(1), 97-102.
- Pyne, D., Boston, T., Martin, D., & Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *European Journal of Applied Physiology*, 82(1-2), 112-116.
- Rodwell, VW, Bender, DA, Botham, KM, Kennelly, PJ, & Weil, PA (2013). *Harper: bioquímica ilustrada* (29.ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Sánchez Arjona, C., Ruiz Martínez, Y., & Martín Fernández, MC (2008). Influencia del lugar de extracción en la determinación de los niveles de lactato durante una prueba de esfuerzo incremental. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 1(2), 49-87.
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & Ridder, H. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom, South Africa: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
- Tabben, M., Franchini, E., & Chaabene, H. (2014). Physiological responses during taekwondo training and competition. *International SportMed Journal*, 15(4), 500-515.
- Toskovic, N., Blessing, D., & Williford, H. (2004). Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 164-172.
- Universidad de San Buenaventura, Comité de Bioética. (2018). Aval del comité de bioética al proyecto: "Combates simulados en taekwondo: frecuencia cardiaca, lactato sanguíneo, frecuencia respiratoria y aceleraciones" en la sesión del día 23 de mayo 2018. Medellín: Universidad de San Buenaventura.
- Valenzuela, T., Cancino, L., Franchini, E., Henríquez-Holguín, C., & Aedo, E. (2014). Physiological and physical profile of taekwondo athletes of different age categories during simulated combat. *Ido Movement for Culture. Journal of Martial Arts Anthropology*, 14(2), 36-40.
- Weineck, J. (2005). Entrenamiento total. Barcelona: Ed. Paidotribo. World Taekwondo (1 de junio de 2018). World taekwondo federation competition rules & interpretation. Seoul: World Taekwondo Federation.