

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



**VALORACIÓN DE LA CARGA INTERNA DE ENTRENAMIENTO
EN BÁDMINTON MEDIANTE EL MÉTODO “RMSSD-SLOPE”**

Por

L.E.D. JOSÉ RODOLFO RENTERÍA MORENO

PRODUCTO INTEGRADOR ACADÉMICO

TESINA

Como requisito para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE CON
ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

Nuevo León, Julio 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



**VALORACIÓN DE LA CARGA INTERNA DE ENTRENAMIENTO DE
BÁDMINTON MEDIANTE EL MÉTODO “RMSSD-SLOPE”**

Por

L.E.D. JOSÉ RODOLFO RENTERÍA MORENO

PRODUCTO INTEGRADOR ACADÉMICO

TESINA

Como requisito para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE CON ORIENTACIÓN EN
ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**

Nuevo León, Julio 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Tesina titulado “Valoración de la carga interna de entrenamiento de bádminton mediante el método RMSSD-Slope” realizado por el Lic. José Rodolfo Rentería Moreno, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo.

COMITÉ DE TITULACIÓN



Dr. German Hernández Cruz

Asesor Principal



Dr. Roberto Andrés González Fimbres

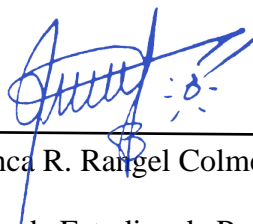
Co-asesor

**NARANJO
ORELLANA JOSE -
28530756S**

Firmado digitalmente por
NARANJO ORELLANA JOSE -
28530756S
Fecha: 2020.06.03 19:48:16
+02'00'

Dr. José Naranjo Orellana

Co-asesor



Dra. Blanca R. Rangel Colmenero

Subdirección de Estudios de Posgrado e

Investigación de la FOD

Nuevo León, Julio 2020

Agradecimientos y Dedicatoria

Agradezco a la vida por permitirme vivir este momento.

A mis padres.

Juan y Ruth por apoyarme y ayudarme en cada una de las decisiones que he tomado durante toda mi vida, a ellos les debo todo.

A mis hermanos.

Germán y Yovana por motivarme a ser mejor cada día.

A mis familiares.

Por todo el apoyo que me han dado.

A mi pareja.

Por apoyarme e inspirarme en cada una de mis acciones y acompañarme durante este camino.

A mis asesores.

Quienes me ayudaron a lo largo de la realización de este trabajo y de quienes más he aprendido.

A la Facultad de Organización Deportiva.

Por brindarnos tantas oportunidades de aprendizaje.

A mis amigos y compañeros y familia “Team Lab”.

Dr. Germán, Dra. Blanca, Dra. Myriam, Dra. Marina, Dr. Garrido, Janeth “la gran doctorcita”, Raúl, Zeltzin, Lili-Ana, Anita-Bean, Dulce “Chuchu”, Vanessa, Héctor y Alejandro “Rojo”.

A mis compañeros y amigos de la maestría.

Por motivarme y hacer más ligero el realizar el posgrado.

A mi tutora.

Dra. Myriam por velar por el lado personal del estudiante.

Al equipo de bádminton representativo de Nuevo León.

Principalmente al Dr. Garrido, Dra. Marina, Marco Garrido, Marco Antonio Garrido Salazar y Christian por ayudar y permitir la realización del trabajo.

A quienes me apoyaron en la realización del trabajo.

Karina, Jesús, Jorge.

A mis profesores a lo largo de mi formación.

Verónica, Leticia, Francisco, Karla, Grethel, Marquelia, en especial al “Profe Roberto” por todo su apoyo y motivación.

FICHA DESCRIPTIVA

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Organización Deportiva

Fecha de Graduación: Julio, 2020

L.E.D. José Rodolfo Rentería Moreno

Título del Producto Integrador: Valoración de la Carga Interna de Entrenamiento de Bádminton Mediante el Método “RMSSD-Slope”.

Número de Páginas: 52

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento Deportivo.

Resumen de la tesina:

Introducción: El análisis de la carga interna de entrenamiento puede ayudar a la planificación de las cargas externas de entrenamiento y a la prevención de lesiones relacionadas con la fatiga.

Justificación: Evaluar el funcionamiento de la RMSSD-Slope con el objetivo de que posteriormente pueda ser utilizada por entrenadores de bádminton como un método de determinación de la carga interna.

Objetivos:

- Comparar el método RMSSD-Slope con otras metodologías que evalúen la carga interna de entrenamiento.
- 1. Evaluar la relación intra-sujeto, comparar la tendencia grupal y evaluar la relación grupal de las variables RMSSD-Slope y Stress Score Post-ejercicio
- 2. Evaluar la relación grupal de la RMSSD-Slope y el RPE
- 3. Observar el comportamiento de los valores inter-sujeto de la RMSSD-Slope en cada una de las sesiones de entrenamiento.

Metodología: Es un estudio cuantitativo no experimental de tipo descriptivo con alcance correlacional longitudinal.

Resultados: Se encontraron valores individuales de r^2 mayor a 0.5 entre las variables Stress Score Post y RMSSD-Slope, demostrando una relación inversa entre estas variables con una correlación de -.738.

Conclusiones: Se refuerza que la determinación de la carga interna de trabajo en un deporte intermitente a través del método RMSSD-Slope, es un método efectivo.

Firma del Asesor Principal:

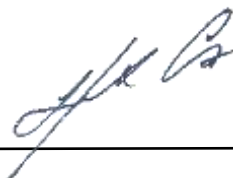


Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo I.....	4
Marco Teórico.....	4
Bádminton.....	4
Modalidades del Juego.	4
Estructura del Juego.....	4
Área de juego.....	6
Red del área de juego.	6
Postes.....	7
Características del implemento (raqueta).	8
El área de cuerda.	8
La raqueta.	8
Volante.....	8
Demandas físicas del bádminton.....	9
Carga de trabajo.....	10
Medición carga externa.	11
Medición carga interna.	11
Métodos subjetivos de medición de carga interna	11
Escala de Borg.	11
sRPE.....	13
TQR.....	14
Métodos objetivos de medición de carga interna.....	15
Parámetros Bioquímicos.....	15
Parámetros Basados en la Frecuencia Cardíaca.	16
TRIMP.....	16
Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC).....	16
Sistema Nervioso Autónomo.	17
Aplicación de la VFC.....	18
Métodos de medición de la VFC.	19
Métodos del Dominio del Tiempo.	19
Métodos Estadísticos.....	19
Métodos Geométricos.....	20

Métodos del Dominio de la Frecuencia	21
-Diagrama de Dispersión de Poincaré o Gráfico de Poincaré	21
La VFC en el Deporte.....	22
RMSSD-Slope.....	23
VFC en Bádminton.	24
Capítulo II.....	25
Metodología.....	25
Diseño	25
Población.....	25
Muestra.....	25
Criterios de Inclusión	25
Criterios de Exclusión.....	25
Instrumentos.....	26
Procedimiento.....	26
Consideraciones Éticas.....	27
Análisis Estadístico	28
Capítulo III.....	29
Resultados.....	29
Capítulo IV.....	38
Discusión	38
Conclusión.....	40
Referencias.....	41
Apendices.....	48
A. Análisis de variabilidad de la frecuencia cardíaca a través del software Kubios.....	48
B. Plantilla RMSSD-Slope.....	49
C. Escala RPE	50
D. Evaluación de práctica	51
Resumen Autobiográfico	52

Introducción

El entrenamiento deportivo se lleva a cabo mediante la planificación y control de las cargas de trabajo con el objetivo de maximizar las adaptaciones fisiológicas de los deportistas y evitar lesiones y sobrecargas (Kenttä y Hassmén, 1998). La carga de trabajo se puede catalogar en dos tipos, estas son: carga externa (CE) y carga interna (CI). La carga externa es todo aquel trabajo físico (actividad) que realiza el atleta (Bourdon et al., 2017) y la manera en la que el atleta asimila y responde a la carga externa administrada es lo que se denomina como CI (Impellizzeri, Marcora y Coutts, 2018). La monitorización de la carga interna en los deportistas resulta importante debido a que se podría conocer el impacto de la carga externa sobre su organismo y con base en ello planificar y adecuar las próximas cargas externas de entrenamiento buscando mantener su estado de salud y bienestar evitando lesiones relacionadas a la fatiga y de esta manera contribuir a la mejora del rendimiento (Halsón, 2014; Bourdon et al., 2017). Existen algunos métodos para llevar a cabo la monitorización de la carga interna, tanto de manera subjetiva, como objetiva y en dependencia de la variable de carga interna que se busque analizar (Borresen y Lambert, 2008; Lambert y Borresen, 2010; Bourdon et al., 2017; McLaren et al., 2017). Recientemente Naranjo y colaboradores (2019) diseñaron una herramienta basada en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) para determinar la CI, y mencionan que resulta útil tanto en deportes continuos como intermitentes.

Planteamiento del Problema

Llevar a cabo la cuantificación de la CI a través de métodos subjetivos puede resultar impreciso en algunas ocasiones debido a las circunstancias tan variantes en las que se encuentre el deportista. De igual manera los resultados obtenidos a través de métodos basados en la frecuencia cardíaca suelen resultar con cierta imprecisión debido a la modalidad del deporte y al aumento desproporcionado que en ocasiones presenta la frecuencia cardíaca (Borresen y Lambert, 2009). Si nos basamos en algunas variables fisiológicas precisas, suelen resultar invasivas y/o costosas al momento de la obtención de la muestra a analizar (parámetros bioquímicos) (Palacios et al, 2015).

Es por ello que esta herramienta basada en una variable fisiológica (VFC) y en su recuperación inmediata posterior a una carga de entrenamiento “RMSSD-Slope”

(nombrada así por el comportamiento en pendiente que presenta la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de los intervalos R-R adyacentes *RMSSD* posterior a una carga de trabajo) resulta de gran interés, ya que la VFC es un método preciso y no es invasivo, ni costoso (Rodas et al., 2008). Sin embargo, aunque se ha comprobado su utilidad durante competencias de bádminton, aún no se ha utilizado a lo largo de varias sesiones de entrenamiento en este deporte (Naranjo, Nieto-Jiménez y Ruso-Álvarez, 2019).

Con base en ello nos hemos planteado la siguiente pregunta de investigación ¿qué relación tiene la RMSSD-Slope con otros indicadores de carga interna en jugadores de bádminton en distintas sesiones de entrenamiento?

Justificación

Monitorear frecuentemente la CI de los deportistas suele ser de gran utilidad ya que puede ayudar a reducir lesiones producidas por el sobre-entrenamiento generado a partir de la exposición a altas cargas de entrenamiento y el desconocimiento de cómo el deportista está respondiendo a estas cargas, además puede contribuir a una planificación más específica de acuerdo a las adaptaciones que se buscan obtener (Halson, 2014).

Por ello resulta *conveniente* llevar a cabo la investigación ya que se evaluará el funcionamiento de esta herramienta en entrenamientos de bádminton con relación a otros indicadores de carga interna, proporcionando a los entrenadores de este deporte un nuevo método para monitorizar la CI de entrenamiento y con base en los valores de carga interna lograr efectuar cambios en sus planificaciones en caso de ser necesario, buscando maximizar el rendimiento de sus deportistas.

Nuestro estudio es *viable*, ya que se cuenta con deportistas de bádminton que representan al estado de Nuevo León en competencias a nivel nacional, teniendo acceso a las instalaciones en donde llevan a cabo sus entrenamientos, haciendo posible la monitorización de los deportistas a lo largo de los entrenamientos ya que se cuenta con los instrumentos y personal necesarios.

Objetivo general

Comparar el método RMSSD-Slope con otras metodologías que evalúen la carga interna de entrenamiento.

Objetivos específicos

1. Evaluar la relación intra-sujeto, comparar la tendencia grupal y evaluar la relación grupal de las variables RMSSD-Slope y Stress Score Post-ejercicio
2. Evaluar la relación grupal de la RMSSD-Slope y el RPE
3. Observar el comportamiento de los valores inter-sujeto de la RMSSD-Slope en cada una de las sesiones de entrenamiento.

Capítulo I

Marco Teórico

Bádminton

El bádminton es un deporte en el cual su objetivo de juego es mantener un móvil denominado volante de un lado al otro del área de juego, la impulsión del volante se lleva a cabo por medio de una raqueta y este debe lograr pasar por arriba de una red sin que toque el suelo, esto con la intención de que caiga en el suelo dentro de los límites del área de juego del contrincante y poder marcar un punto a su favor (Badminton World Federation, 2010).

Modalidades del Juego.

Este deporte puede ser jugado en distintas modalidades o pruebas, estas son: modalidades o pruebas individuales, también llamadas “singles” en donde hay un jugador de cada lado de la cancha y se enfrentan entre sí (individual o singles masculino e individual o singles femenino) y modalidades o pruebas de dobles, en donde hay una pareja que son equipo de cada lado del área de juego y se enfrentan por parejas (dobles masculino, dobles femenino y dobles mixto) (Badminton World Federation, 2010).

Estructura del Juego.

En todas las modalidades ya mencionadas se juega por partidos, los cuales se conforman de tres juegos o sets. Un juego lo gana el primer jugador que marque 21 puntos y el partido es ganado por aquel que gane 2 de los 3 juegos o sets. Si el juego o set se desarrolla de manera que el puntaje se coloca en 20 puntos para cada jugador, ahora la regla para ganar cambia, y ganará el jugador que logre marcar una ventaja de dos puntos sobre su oponente; sin embargo, esto solo puede ser llevado a cabo hasta el punto número 29 ya que el set o juego debe terminar cuando uno de los dos jugadores obtenga el punto número 30; y el jugador que gane un juego (set) será el primero en realizar el servicio en el próximo. Para ganar un punto, el jugador contrario debe cometer una falta (se considera falta: si el servicio no es correcto, si el volante queda atrapado en la red, si es golpeado por el compañero del receptor, si el volante no pasa la red, si el volante toca el techo o paredes laterales, si el volante toca a un jugador o su vestimenta, entre otras situaciones) o el volante debe dejar de estar en juego por haber tocado la superficie de la cancha dentro del área de juego del oponente (Badminton World Federation, 2010).

Haciendo una interpretación del reglamento del bádminton a nivel internacional: los partidos, juegos o sets y puntos no tienen un tiempo definido para desarrollarse, esto va a ir en dependencia de los jugadores y las capacidades con las que cuentan.

Antes de que comience el partido, se realiza un sorteo para los jugadores y el jugador o jugadores (ya sea que se esté jugando en individuales o dobles) que ganen el sorteo, decidirá sobre servir o recibir primero y el lado de la cancha sobre el que quiere empezar a jugar (Badminton World Federation, 2010).

Al comienzo de cada partido, juego y después de que uno de los jugadores marque un punto, se pone en marcha el juego por medio de un servicio o saque; este servicio se debe ejecutar con el volante a menos de 1.15 metros sobre la superficie de la cancha en el instante en el que la raqueta lo golpee y debe ser golpeado primeramente por la parte de su base (Badminton World Federation, 2010).

En modalidad individual o singles, los jugadores deben servir y recibir en sus respectivas áreas de juego del lado derecho cuando el servidor no haya anotado o haya anotado un número par de puntos en ese juego; y cuando el servidor haya anotado un número impar de puntos en ese juego deben servir y recibir del lado izquierdo de sus respectivas áreas de juego (Badminton World Federation, 2010).

Por otra parte, en modalidad dobles un jugador del lado del servicio deberá realizar el servicio o saque desde el lado derecho de su respectiva área de juego cuando el lado del servicio no haya anotado o haya anotado un número par de puntos en ese juego; y cuando el lado del servicio haya anotado un número impar de puntos en ese juego, se realizará el servicio del lado izquierdo. La pareja equipo de jugadores que sirvió por última vez permanecerá en la misma cancha de servicio desde dónde sirvió por última vez y se aplica el patrón inverso a la pareja del receptor. El jugador del lado receptor parado en la cancha de servicio diagonalmente opuesta al servidor será el receptor. La pareja de jugadores que están sirviendo y ganan un punto deben cambiar de lado, de modo que el compañero debe realizar el servicio ahora (Badminton World Federation, 2010).

Una vez que el servicio ha sido devuelto, cualquiera de los jugadores del lado del servicio y cualquier jugador del lado receptor puede golpear el volante desde cualquier

posición dentro de su área de juego, hasta que el volante deje de estar en juego (Badminton World Federation, 2010).

Durante el transcurso de una jugada no existen interrupciones o detenimiento del juego debido a su objetivo, a menos que algún jugador cometa una falta o gane el punto, por ello los jugadores siempre están en constante movimiento tratando de mantener el volante en juego (Badminton World Federation, 2010).

Área de juego.

El área de juego sobre la cual se lleva a cabo todo lo mencionado anteriormente, es un rectángulo delimitado por líneas distinguibles de 40mm, preferiblemente de color blanco o amarillo y todas las líneas forman parte del área que definen (Badminton World Federation, 2010).

Para las modalidades individuales y durante el juego, el terreno está delimitado por unas líneas interiores y unas líneas de fondo. Para las modalidades de dobles y durante el juego, el terreno está delimitado por unas líneas exteriores. Dando mayor área de juego a modalidad de dobles que a modalidad individual; esto es por reglamento (Badminton World Federation, 2010).

Red del área de juego.

En el centro de la cancha se encuentra una red que delimita el espacio de acción de cada uno de los jugadores que se enfrentan, la cual está hecha de un cordón fino de color oscuro con una malla de no menos de 15mm y no más de 20mm; con una profundidad de 760mm y al menos 6.1 metros de ancho. La parte superior de la red es bordeada con una cinta de color blanco de 75mm doblada sobre un cable que atraviesa la cinta. Esta cinta debe descansar sobre el cordón o cable. El cordón o cable se estirará firmemente al ras de la parte superior de unos postes. La parte superior de la red desde la superficie de la cancha debe estar a 1.524 metros en el centro de la cancha y 1.55 metros sobre las líneas laterales para dobles. No habrá espacios entre los extremos de la red y los postes. Si es necesario, la profundidad total de la red en los extremos se atará a los postes (Badminton World Federation, 2010).

Postes.

La red es sostenida por dos postes, uno en cada extremo, estos deben tener una altura de 1.55 metros desde la superficie de la cancha y permanecerán verticales cuando la red esté tensada. Los postes se colocan en las líneas laterales de dobles, independientemente de si se están jugando individuales (singles) o dobles. Los postes o sus soportes no se extenderán dentro de la cancha más allá de las líneas laterales (Badminton World Federation, 2010).

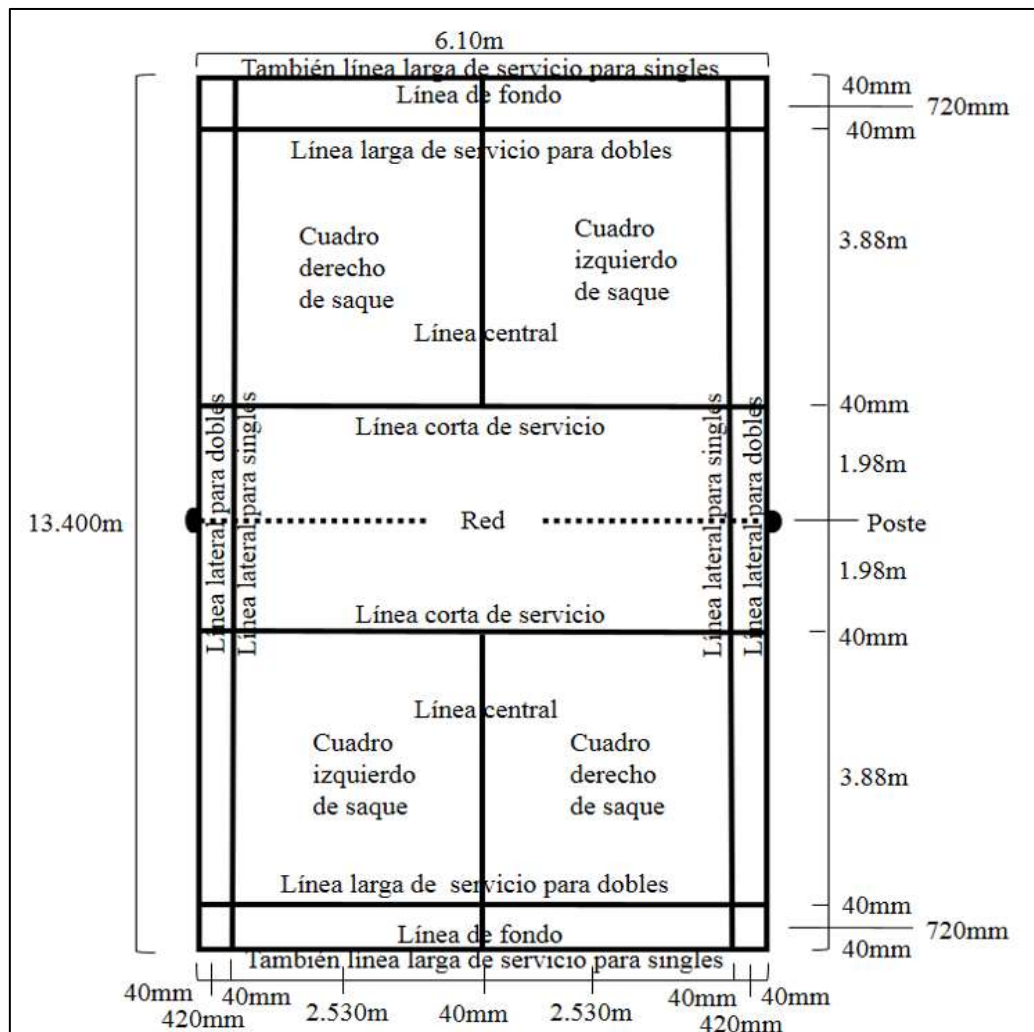


Figura 1. Área de juego de bádminton. Elaboración propia

Características del implemento (raqueta).

Como se ha mencionado antes, el volante debe ser impulsado por el área de juego mediante el uso de una raqueta, esta raqueta debe ser un marco que no exceda los 680mm de longitud total y 230mm de ancho total. El mango es la parte de la raqueta destinada a ser agarrada por un jugador. El área de cuerda es la parte de la raqueta con la que se pretende que un jugador golpee al volante (Badminton World Federation, 2010).

El área de cuerda.

Deberá ser plano y consistir en un patrón de cuerdas cruzadas, alternativamente entrelazadas o unidas donde se cruzan; y no debe exceder los 280mm de longitud total y 220mm de ancho total. Sin embargo, las cuerdas pueden extenderse a un área que de otro modo sería la garganta, siempre que el ancho del área de cuerda extendida no exceda los 35mm; y la longitud total del área ensartada no exceda los 330mm (Badminton World Federation, 2010).

La raqueta.

Debe estar libre de objetos y protuberancias adheridos distintos de los utilizados única y específicamente para limitar o evitar el desgaste, la vibración, o para distribuir el peso, o para asegurar el mango con un cordón a la mano del jugador, y que tengan un tamaño razonable y colocación para tales fines; y estará libre de cualquier dispositivo que permita a un jugador cambiar materialmente la forma de la raqueta (Badminton World Federation, 2010).

Volante.

El volante es el elemento más importante del juego y deberá estar hecho de materiales naturales y/o sintéticos. Independientemente del material con el que esté hecho, las características de vuelo generalmente serán similares a las producidas por un volante emplumado natural con una base de corcho cubierta por una fina capa de cuero (Badminton World Federation, 2010).

El volante cuenta con 16 plumas fijas en la base. Las plumas deben tener una longitud uniforme entre 62mm y 70mm cuando se miden desde la punta hasta la parte superior de la base. Las puntas de las plumas deben descansar en un círculo con un diámetro de 58mm a 68mm. Las plumas se sujetan firmemente con hilo u otro material

adecuado. La base es de 25mm a 28mm de diámetro y redondeada en la parte inferior. El peso debe ser de 4.74gr a 5.50 gr (Badminton World Federation, 2010).

En caso de que se utilice un volante sintético, este debe cumplir con las características del volante natural en cuanto a dimensión, peso y vuelo (Badminton World Federation, 2010).

Un volante puede llegar a tomar velocidades muy elevadas debido a la impresión de fuerza sobre él por parte de los jugadores de bádminton, como consecuencia, los partidos de bádminton suelen ser muy intensos debido a los movimientos rápidos que los jugadores realizan en función de cumplir el objetivo de juego.

Demandas físicas del bádminton

Faccini y Dal Monte (1996) mencionaron que los jugadores de bádminton deben tener la capacidad aeróbica y anaeróbica bien desarrolladas debido a que los procesos anaeróbicos satisfacen las demandas de energía asociadas con acciones intensas y repetitivas, pero breves; y el metabolismo aeróbico proporciona el suministro continuo de energía que permite al jugador soportar la duración de un partido (alrededor de 30 minutos).

Por otra parte, Cabello (2000) realizó una tesis en donde analizó las características de las competencias de bádminton y con base en los resultados obtenidos de las acciones de juego menciona que el bádminton es un deporte que se basa en esfuerzos explosivos en los cuales del total de jugadas alrededor del 90% son llevadas a cabo por medio de la vía anaeróbica aláctica, predominando el metabolismo de los fosfágenos (ATP y PC) y en menor medida el metabolismo anaeróbico láctico (debido a que en un partido de bádminton se presentan acciones intensas, pero, también hay periodos breves de baja intensidad o sin actividad), sin embargo, esto será en dependencia del número de jugadas que se presenten y de la duración de las mismas. También menciona que estas acciones de alta intensidad son llevadas a cabo con mucha frecuencia por lo que los jugadores mantienen una alta intensidad a lo largo de los partidos; debido a esto, el esfuerzo cardiovascular es muy elevado, teniendo como conclusión que este deporte a nivel competitivo demanda en gran medida de la potencia aeróbica para lograr mantener estos esfuerzos repetitivos de alta intensidad, también a modo de conclusión hace una

recomendación para llevar a cabo el entrenamiento en la cual menciona que deberían estar basados en acciones de intervalos cortos pero intensos de 15 a 20 segundos y muy cortos de 6 a 10 segundos.

Majumdar y colaboradores (1997) analizaron algunas variables bioquímicas (lactato, urea, CPK, ácido úrico) durante entrenamiento de cancha y competencia en bádminton con el objetivo de conocer sus características y demandas, demostrando que los entrenamientos de bádminton en ocasiones suelen ser más intensos que las competencias. También menciona que un entrenamiento demasiado intenso puede provocar efectos adversos en la coordinación, afectando en los jugadores las acciones que requieren de habilidades.

Bird (2016) cuantificó la carga de entrenamiento de jugadores de elite de bádminton durante un campamento de entrenamiento intensivo y competencia olímpica utilizando el método sRPE y como conclusión resaltó que se deben tener en cuenta las cargas de entrenamiento diarias para obtener las adaptaciones deseadas y de esta manera optimizar el potencial de rendimiento de los atletas.

Carga de trabajo

La carga de trabajo se clasifica en dos tipos: carga externa (CE) y carga interna (CI). La carga externa es todo aquel trabajo físico (actividad) que realiza el atleta, ya sea en entrenamiento o competencia (Bourdon et al., 2017) y la manera en la que el atleta asimila y responde (psicofisiológicamente) a la carga externa administrada es lo que se denomina como CI (Impellizzeri et al., 2018).

Existen algunos métodos para valorar la carga de trabajo, esto va en función del tipo de carga que se desee medir, pudiéndose clasificar en métodos para medir la carga externa y métodos para medir la carga interna, ya sea en entrenamiento o competencia (Halsón, 2014).

La monitorización de las cargas de trabajo en los deportistas es importante debido a que se podría conocer el impacto sobre su organismo y con base en ello planificar y adecuar las próximas cargas de entrenamiento buscando mantener su estado de salud y bienestar evitando lesiones relacionadas a la fatiga y de esta manera contribuir a la mejora del rendimiento (Halsón, 2014; Bourdon et al., 2017).

Medición carga externa.

Algunos métodos para monitorear la carga externa, dependiendo de la modalidad, pueden ser: tiempo (tiempo total de realización de la actividad), frecuencia de la actividad, distancia recorrida durante la actividad, conteo de las repeticiones de movimientos, velocidad, mediciones con GPS, análisis de video tiempo-movimiento, acelerometría, entre otros (Lambert y Borresen, 2010; Bourdon et al., 2017). En el caso concreto del bádminton se han utilizado: duración de la actividad, conteo de las repeticiones de movimientos (Majumdar et al., 1997; Cabello, 2000) análisis de video tiempo-movimiento (Faccini y Dal Monte, 1996) GPS y acelerómetros (Abdullahi, Coetzee y Van Den Berg, 2017).

Medición carga interna.

Por otra parte, existen distintos métodos para evaluar la carga interna, esto irá en dependencia de la variable de carga interna que se vaya a analizar y en función de esto podemos hacer clasificaciones: métodos subjetivos, entre los cuales podemos mencionar la escala de Borg o Rate Perceived Exertion (RPE) (Borg, 1998), Sesión RPE (sRPE) (Foster et al., 2001) y Total Quality Recovery (TQR) (Kenttä y Hassmén, 1998). Otra clasificación puede ser métodos objetivos, en los cuales podemos catalogar a parámetros bioquímicos (CK, Urea, Lactato, Ácido úrico, entre otros) y parámetros basados en la frecuencia cardíaca (TRIMP, VFC, entre otros) (Borresen y Lambert, 2008; Lambert y Borresen, 2010; Bourdon et al., 2017; McLaren et al. 2017). Algunos indicadores de carga interna que se han utilizado en bádminton, son: lactato (Faccini y Dal Monte, 1996; Cabello, 2000) urea, CK, ácido úrico (Majumdar et al., 1997) sRPE (Bird, 2016) y VFC (Garrido, De La Cruz, Garrido, Medina y Naranjo, 2009).

Métodos subjetivos de medición de carga interna

Escala de Borg.

También conocida como RPE por sus siglas en inglés (Rate Perceived Exertion) o Escala de Esfuerzo Percibido es una escala desarrollada por Gunnar Borg alrededor de los años 60's (Borg, 1998), la cual nos puede proporcionar información sobre la sensación de qué tan pesada o agotadora resulta una actividad física. Pudiendo utilizarla en diferentes contextos según la situación; como es el caso del creador de la escala, quien la ha utilizado en personas con alguna patología, personas que se encuentran en rehabilitación, hasta en

deportistas. El concepto de esfuerzo percibido está estrechamente relacionado con la intensidad del ejercicio y las sensaciones que tenga el sujeto a nivel musculoesquelético, cardiovascular y pulmonar. Es por ello, que su aplicación resulta tan enriquecedora para los entrenadores y personal que desee estar enterado del efecto de la realización de alguna actividad física (carga externa de trabajo) sobre el deportista (carga interna de trabajo). Cabe resaltar que Borg utilizó dos tipos de escala, una que va del número 6 al número 20 (figura 2) y otra que va desde el número 0 hasta el número 10 (figura 3). Una de estas dos escalas se le mostraba al sujeto que se pretendía evaluar mientras realizaba la actividad o una vez que había terminado la actividad física o el esfuerzo objetivo a analizar y se le realizaba la siguiente pregunta “¿Qué tan pesado y/o extenuante es el ejercicio para ti?” (Borg, 1998).

6	Nulo
7	
8	
9	Muy ligero
10	
11	Moderado
12	
13	Algo duro
14	
15	Duro
16	
17	Muy duro
18	
19	Muy, muy duro
20	Máximo, extenuante

Figura 2. Escala de Borg (RPE) del 6 al 20. Modificado de (Borg, 1998)

0	Relajado
0.5	Muy, muy ligero
1	Muy ligero
2	Ligero
3	Moderado
4	
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Extremadamente duro
●	Máximo

Figura 3. Escala de Borg (RPE) del 0 al 10. Modificado de (Borg, 1998)

Aunque este parece ser un método muy efectivo para evaluar la carga interna de los sujetos sometidos a alguna carga de trabajo, es muy importante tomar en cuenta características intrínsecas de los sujetos, debido a que se pueden presentar valores distintos de acuerdo a la personalidad, la motivación, el estado de ánimo, entre otros factores psicológicos que pueda presentar el sujeto al momento de la evaluación (Borg, 1998).

sRPE.

Es un método subjetivo que estima la carga de trabajo de actividades que no se mantienen a una misma intensidad ya sea en entrenamiento o competencia. Esto lo hace a través de un dato numérico. Este dato deriva de dos factores utilizados. El primer factor es una escala de Borg adaptada por Foster para que fuera más entendible por los deportistas en contexto, a quienes se les realizaba la pregunta “¿Cómo estuvo tu entrenamiento?” con relación a la intensidad o el esfuerzo con que llevaron a cabo la actividad (aproximadamente 30 minutos después del entrenamiento) y los deportistas debían seleccionar como respuesta una de las opciones del 0 al 10 plasmadas en la escala que se les mostraba (figura 4) (Foster et al., 2001).

0	Relajado
1	Muy, muy leve
2	Leve
3	Moderado
4	Algo pesado
5	Pesado
6	
7	Muy pesado
8	
9	
10	Máximo

Figura 4. Escala RPE utilizada por Foster. Modificado de (Foster et al., 2001)

El segundo factor es la duración de la sesión de entrenamiento representada en minutos. El número señalado en la escala se multiplica por los minutos de la duración del entrenamiento y de esta manera se obtiene un dato numérico, el cual nos puede proporcionar información sobre las cargas de trabajo percibidas, ya que, si graficamos los datos obtenidos de cada sesión de entrenamiento, podemos observar el comportamiento que va teniendo la periodización del entrenamiento, esto desde una perspectiva de las sensaciones del deportista que lleva a cabo el entrenamiento (Foster, Daines, Hector, Snyder y Welsh et al. 1996; Foster et al. 2001).

TQR.

Por sus siglas en inglés Total Quality Recovery o Calidad de Recuperación Total es un instrumento desarrollado por Kenttä y Hassmén (1998) con el objetivo de proporcionar información sobre la recuperación psicofisiológica. Cabe resaltar que este instrumento fue presentado por primera vez en el año 1996 por los mismos autores como un producto académico (Tesis Doctoral no accesible). De este instrumento se derivan dos tipos de evaluación, una objetiva y otra subjetiva y en ambas se deben tomar en cuenta factores de recuperación que el autor señala (nutrición e hidratación, sueño y descanso, relajación y estado emocional, y estiramiento y descanso activo).

La evaluación objetiva consiste en asignarle un puntaje (establecido por el autor) a cada uno de los factores ya mencionados que influyen en la recuperación, este puntaje será asignado con base en la conducta del deportista entorno a la recuperación en las últimas 24 horas (Kenttä y Hassmén, 1998).

Por otra parte, la evaluación subjetiva está basada en la escala de esfuerzo percibido (RPE), funciona por medio de la percepción de recuperación que tenga el atleta y debe seleccionar algún número de las posibles respuestas de la escala (figura 5), para ello, el deportista debe tomar en cuenta los factores que influyen en la recuperación y relacionarlos con las últimas 24 horas (Kenttä y Hassmén, 1998).

6	
7	Muy, muy poco recuperado
8	
9	Muy poco recuperado
10	
11	Poco recuperado
12	
13	Razonablemente recuperado
14	
15	Bien recuperado
16	
17	Muy bien recuperado
18	
19	Muy, muy bien recuperado
20	

Figura 5. Escala utilizada en TQR subjetivo. Modificado de (Kenttä y Hassmén, 1998)

Métodos objetivos de medición de carga interna

Parámetros Bioquímicos.

Los parámetros bioquímicos se pueden utilizar para medir el impacto del entrenamiento a largo plazo o el efecto agudo del ejercicio, siendo una herramienta útil para evaluar y monitorear el estado de salud y de rendimiento de los deportistas (Palacios et al., 2015) siendo posible detectar cambios que pueden ser asociados a riesgo de lesión y sobre-entrenamiento (Lee et al., 2017).

Algunas sustancias que pueden ser buenos indicadores son: cortisol, testosterona, CK, creatinina, ácido úrico, urea, interleucina-6, leucocitos, entre otros (Palacios et al., 2015).

Sin embargo, analizar biomarcadores puede ser un método invasivo y al que podría no tenerse fácil acceso debido a los instrumentos que se utilizan para analizar las muestras ya que de acuerdo con Palacios (2015) la mayoría de los biomarcadores se miden en sangre, orina y saliva. Además, algunos rangos de referencia de biomarcadores validados son útiles solo para población en general y no para atletas. Y para solucionar estos inconvenientes se tendrían que realizar mediciones repetidas y establecer rangos de

referencia personalizados, pero, podrían fluctuar día a día o semana a semana (Lee et al., 2017).

Parámetros Basados en la Frecuencia Cardíaca.

TRIMP.

El TRIMP (Training Impulse) o estímulo de entrenamiento por su traducción al español, es una herramienta que se utiliza para cuantificar las cargas de trabajo con base en la respuesta individual de cada sujeto. El primer método de TRIMP fue llevado a cabo por Banister (1991) y con el paso del tiempo fueron surgiendo más métodos derivados del primero, diferenciándose en que los autores realizaban ajustes para volverlo más específico de acuerdo a la situación en que se fuera a utilizar (deporte continuo, deporte intermitente, individualización, el sexo del sujeto, entre otros). Sin embargo, en la ecuación que utilizan para determinar la carga de trabajo hay algo que los caracteriza: 1) Utilizan el tiempo de duración de la actividad 2) Utilizan valores de frecuencia cardíaca (en reposo, máxima alcanzada durante la actividad y promedio de la actividad) y 3) Algunos incluyen un factor de ponderación cuyo origen puede ser cuestionable (Banister, 1991; Edwards, 1994; Stagno, Thatcher y Van Someren, 2007; Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'Ottavio y Castagna, 2009).

Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) se define como las variaciones en el tiempo (expresadas en milisegundos) que ocurren entre los latidos cardíacos consecutivos, esto basado en los intervalos R-R. Se denomina “NN” al intervalo R-R ya que alude a “normal-to-normal” llamado así a un intervalo normal del complejo QRS de una grabación electrocardiográfica (Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

En los inicios de la puesta en práctica de la VFC solo era posible realizar mediciones en condiciones clínicas con la utilización de un electrocardiógrafo, sin embargo, con el paso del tiempo fueron surgiendo nuevos dispositivos prácticos, no invasivos y capaces de realizar registros de una manera válida y fiable en cualquier lugar, incluso durante la realización de actividad física (Rodas, Pedret, Ramos y Capdevila, 2008).

Para el análisis de la VFC se hace una lista ordenada de los tiempos entre latidos (expresados en mili segundos) la cual se denomina serie de tiempo, y la representación gráfica de esta serie de tiempo se denomina tacograma en el cual el eje vertical representa los intervalos RR en milisegundos y el eje horizontal representa el tiempo transcurrido (Rodas et al., 2008).

Sistema Nervioso Autónomo.

El funcionamiento del corazón sucede principalmente por un sistema de conducción eléctrica intrínseco, el cual le da la capacidad contraerse (latir), sin embargo, su actividad puede ser modificada por sistemas extrínsecos (Wilmore y Costill, 2004).

Uno de los sistemas extrínsecos que tiene influencia sobre el corazón es el sistema nervioso autónomo (Wilmore y Costill, 2004) este sistema ayuda con la homeostasis respondiendo a las sensaciones viscerales percibidas de forma inconsciente, operando por medio de arcos reflejos (Tortora y Derrickson, 2006).

El sistema nervioso autónomo tiene dos ramificaciones: el sistema nervioso parasimpático (SNP) y el sistema nervioso simpático (SNS) (Wilmore y Costill, 2004).

El SNP actúa sobre el corazón mediante el nervio vago, este nervio tiene un efecto depresor que genera una disminución de la frecuencia de los latidos (Wilmore y Costill, 2004) y como consecuencia la VFC aumenta. Este sistema predomina en situaciones de calma (reposo) (Wilmore y Costill, 2004).

Por otra parte, el SNS incrementa la frecuencia de los latidos, esto por efecto de unas hormonas llamadas catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) las cuales provocan una mayor frecuencia y fuerza de las contracciones del corazón (Wilmore y Costill, 2004) lo que ocasiona que la VFC disminuya. Este sistema predomina en situaciones que requieren una activación o puesta en marcha (sistema de lucha o huida) (Wilmore y Costill, 2004). Una situación clara en donde hay una mayor activación del SNS es durante la realización de actividad física ya que provoca una disminución de la actividad del SNP, ocasionando una disminución de la VFC (Goldberger et al., 2006).

Estos sistemas con frecuencia se oponen entre sí, sin embargo, siempre están en constante funcionamiento buscando mantener un equilibrio (Wilmore y Costill, 2004)

Es posible obtener información sobre el SNS y el SNP a través del análisis de la VFC (Task Force, 1996).

Aplicación de la VFC.

La relación que existe entre la frecuencia cardíaca (FC) y la VFC es inversa, es decir, a mayor variabilidad de la frecuencia cardíaca, menor FC y viceversa (Rodas et al., 2008).

La VFC tomó relevancia por primera vez en el ámbito clínico debido a qué se confirmó que era un predictor fuerte de mortalidad después de un infarto agudo de miocardio (Task Force, 1996). En sujetos sanos en reposo se presenta una alta variabilidad de la frecuencia cardíaca lo cual demuestra una mejor adaptabilidad del sistema y es característico de la condición de salud y en sujetos que se presenta una baja variabilidad de la frecuencia cardíaca se traduce en una peor adaptabilidad del sistema, esto suele ser característico de patologías cardio-vascular (infarto de miocardio) y no cardiovascular (neuropatía diabética), el envejecimiento y la condición de estrés (Task Force, 1996; Rodas et al., 2008).

Posteriormente se comenzó a utilizar en el ámbito deportivo como una herramienta para analizar la tolerancia a las cargas de trabajo lo que podría ayudar a planificar programas de entrenamiento para la obtención de una respuesta favorable en el rendimiento (Pichot et al., 2000; Kiviniemi, Hautala, Kinnunen y Tulppo, 2007; Rodas et al., 2008; Plews, Laursen, Stanley, Kilding y Buccheit, 2013).

La realización de actividad física con frecuencia provoca una disminución de la FC en reposo lo que se traduce en un aumento en la VFC y un incremento en la modulación vagal en individuos sanos (Sandercock, Bromley y Brodie, 2005). Por otra parte, durante la realización de actividad física, independientemente de la intensidad y la duración del ejercicio, la VFC se reduce hasta casi desaparecer (Naranjo et al., 2019). Una vez que finaliza el ejercicio la frecuencia cardíaca vuelve a sus valores normales de reposo en tan solo unos minutos, mientras que la variabilidad de la frecuencia cardíaca tarda mucho más en recuperar sus valores basales; esta vuelta a la normalidad de la variabilidad de la frecuencia cardíaca es una buena herramienta para analizar la recuperación ya que depende de la intensidad del ejercicio y del estado de forma del sujeto (Naranjo, 2018).

Por tanto, la variabilidad de la frecuencia cardíaca es un índice no invasivo de reactivación parasimpática en la recuperación posterior a la realización de ejercicio (Goldberger, 2006). Por ello, si se lleva a cabo una monitorización habitual de VFC en reposo puede ser un indicador del estado de fatiga de un deportista (Naranjo, 2018).

Métodos de medición de la VFC.

Existen diferentes métodos de medición que se emplean en la VFC y pueden clasificarse en métodos Lineales y No Lineales. Sin embargo, en este trabajo solo se presentarán los métodos que forman parte de los métodos Lineales debido a que se trabajará con una medida que forma parte de este método. Dentro de la clasificación de los métodos lineales se encuentran:

Métodos del Dominio del Tiempo.

Los métodos del dominio del tiempo miden tanto los intervalos entre complejos normales sucesivos (NN) como entre las frecuencias cardíacas instantáneas. Dentro de esta clasificación se encuentran:

Métodos Estadísticos.

En los métodos estadísticos se encuentran los derivados de la media directa de los intervalos NN o FC instantáneas:

*SDNN: Es la raíz cuadrada de la varianza de los intervalos NN.

*SDANN: Es la desviación estándar de las medias de los intervalos NN calculadas en periodos de 5 minutos. Es una estimación de los cambios de frecuencia cardíaca debidos a ciclos mayores de 5 minutos.

*SDNN index: Es la media de las desviaciones estándar de los intervalos NN en períodos de 5 minutos calculada en un registro de 24 horas. Mide la variabilidad debida a ciclos inferiores a 5 minutos.

-También dentro de los métodos estadísticos están los derivados de las diferencias entre intervalos NN:

*RMSSD: Es la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos. Es la media cuadrática de las diferencias entre intervalos NN. En inglés la media cuadrática se denomina RMS (root mean square). Las diferencias se

elevan al cuadrado para eliminar el signo (ya que hay diferencias negativas), se calcula la media y se le extrae la raíz cuadrada. En realidad, se calcula la desviación estándar de estas diferencias.

*NN50: Es el número de diferencias mayores de 50 ms entre intervalos NN sucesivos.

*pNN50: Es el porcentaje de NN50 que se presentan del número total de intervalos NN.

(Task Force, 1996).

También en los métodos del dominio del tiempo se encuentran

Métodos Geométricos.

Las series NN pueden convertirse en un patrón geométrico y hay tres formas generales de utilizar esta aproximación:

Una medida básica del patrón geométrico, como por ejemplo el ancho del histograma de distribución a un determinado nivel, se utiliza directamente como medida de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

El patrón geométrico se interpola a una forma definida matemáticamente (un triángulo o una forma exponencial) y los parámetros de esta función se utilizan como medida de variabilidad de la frecuencia cardíaca.

La forma geométrica se clasifica en diferentes categorías que representan diferentes tipos de variabilidad de la frecuencia cardíaca.

-Triangular Index: Es la integral de la función de densidad de todos los intervalos NN dividida por el máximo de la distribución de densidad (Y). Si se utilizan intervalos NN en una escala discreta, la medida aproximada sería el número total de intervalos NN dividido por el valor máximo de Y.

-TINN: Interpolación triangular de intervalos NN del histograma. Viene definido por la fórmula $TINN = M - N$, siendo M y N aquellos valores por encima y por debajo de los cuales la función tiende a 0.

Los métodos geométricos requieren registros largos (superiores a 20 minutos) y preferiblemente de 24 horas. No pueden utilizarse en registros cortos.

(Task Force, 1996).

En los métodos lineales además de los métodos del dominio del tiempo, también se encuentran

Métodos del Dominio de la Frecuencia.

Este tipo de análisis proporciona la información de cómo se distribuyen la Potencia Total (TP) en las distintas bandas de frecuencia: Ultra Baja Frecuencia (ULF), Muy Baja Frecuencia (VLF), Baja Frecuencia (LF) y Alta Frecuencia (HF), así como la Proporción LF/HF (Task Force, 1996).

Otra herramienta para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca es:

-Diagrama de Dispersión de Poincaré o Gráfico de Poincaré

Naranjo (2018) menciona que es un gráfico en el que cada intervalo RR se representa frente al anterior. En donde sí se representa una serie con alta variabilidad, la representación será una nube de puntos que se ajusta aproximadamente a una elipse y cuanto mayor sea la variabilidad que se presenta en la serie mayor será la amplitud. Este gráfico contiene un diámetro transversal (SD1) y un diámetro longitudinal (SD2). El diámetro SD1 mide, mediante la desviación estándar, la dispersión de la nube en sentido perpendicular a la línea de identidad y el SD2 mide mediante la desviación estándar la dispersión de la nube en sentido perpendicular a su línea de identidad.

El diámetro transversal SD1 tiene un comportamiento proporcional al estímulo parasimpático, y el diámetro longitudinal SD2 tiene un comportamiento inversamente proporcional al simpático (Tulppo, Mäkikallio, Takala, Seppänen y Huikuri, 1996) y como cada uno de estos ejes de alguna manera representa a una rama del SNA la volvía la herramienta más útil para monitorizar los cambios en el equilibrio simpático-parasimpático con la utilización de un cociente derivado de SD1 y SD2. Sin embargo, la información proporcionada por el cociente SD1/SD2 presenta datos difíciles de interpretar debido a que evolucionan en el mismo sentido de aumento o disminución (Naranjo, De La Cruz, Sarabia, De Hoyo y Domínguez, 2015). Debido a la contrariedad que presenta

el cociente $SD1/SD2$, Naranjo y colaboradores (2015) propusieron 2 índices objetivos para el análisis del equilibrio del SNA:

Stress Score (SS):

El Stress Score muestra el comportamiento del SNS y se deriva del diámetro longitudinal ($SD2$), debido a que $SD2$ es la función inversa de la actividad simpática, se propuso expresar el inverso de $SD2$ para obtener un valor directamente proporcional a la actividad simpática (multiplicado por 1000 para que sea un número más manejable) $1000 \times 1/SD2$ (Naranjo et al., 2015) esta variable correlaciona muy bien con RMSSD y SDNN tal como lo muestran Naranjo y colaboradores (2015) además mencionan que valores de sujetos en estado basal en la variable de Stress Score mayor a 10 puede ser un indicador de un exceso en la actividad simpática o una falta de recuperación del sistema nervioso parasimpático.

Con relación a otras variables, en un estudio se encontró una relación inversa entre el Stress Score y el LnRMSSD, en donde a mayor valor de Stress Score, menor valor de LnRMSSD; esto obtenido a través de tomas en sujetos en estado basal previo y posterior a una competencia de alto nivel (Miranda-Mendoza et al., 2020).

Ratio S/PS:

Es la relación de SS a $SD1$ ($SS:SD1$) y su significado expresa una relación entre la actividad simpática y parasimpática. Y mencionan que valores mayores a 0.3 puede indicar una actividad excesiva del sistema nervioso simpático o una ausencia de recuperación en la actividad del sistema nervioso parasimpático, esto en mediciones realizadas a sujetos en estado basal (Naranjo et al., 2015).

La VFC en el Deporte.

Las medidas del dominio del tiempo de corta duración son más consistentes para valorar las adaptaciones del sistema nervioso autónomo al ejercicio, y resulta de mayor utilidad en el deporte por su practicidad al momento realizar los registros ya que pueden ser llevados a cabo en un corto periodo de tiempo, lo cual las vuelve más convenientes para deportistas que tienen el tiempo limitado. Algunas de las variables más utilizadas son: RMSSD, SDRR, SS y LnRMSSD (Buchheit, 2014; Da Silva, 2014; Naranjo, 2018).

La medida LnRMSSD se comenzó a utilizar debido a que no está significativamente influenciada por la frecuencia respiratoria y otros factores tanto internos como externos, lo que la vuelve más adecuada para medidas ambulatorias (Plews et al., 2013).

Otra medida que también se lleva a cabo en el ámbito deportivo es el análisis del promedio o del coeficiente de variación (CV) de los valores obtenidos durante varios días a la semana, esto debido a que con frecuencia se presentan variaciones inter-día e intra-sujeto y vuelven complicada la interpretación de los valores de VFC (Buchheit, 2014).

Algo que resulta interesante en el ámbito del deporte es que durante la realización de ejercicio físico los valores de RMSSD caen sin importar la intensidad o volumen de la actividad (Naranjo et al., 2019). Sin embargo, una vez que termina la actividad, la recuperación a corto plazo de la RMSSD depende de muchos factores, pero, principalmente de la intensidad con que se haya llevado a cabo la actividad (Seiler, Haugen y Kuffel, 2007) por ello Naranjo y colaboradores (2019) diseñaron un indicador de carga interna basado en la manera en que se recupera la RMSSD posterior a una carga de trabajo.

RMSSD-Slope.

Naranjo y colaboradores en el año 2019 llevaron a cabo un estudio en el cual tenían como propósito diseñar un indicador de carga interna basado en la pendiente de recuperación de la RMSSD (RMSSD–Slope) durante la recuperación inmediata (primeros 30 minutos posteriores a la actividad) con el objetivo de proponer la forma de usarlo en el entrenamiento diario (Naranjo et al., 2019).

En el estudio realizaron tomas de VFC seguido de una actividad física continua y mantenida a una misma intensidad. Los resultados obtenidos mostraron que podría ser aplicado para monitorear la recuperación individual después de diferentes cargas de trabajo, dado que la pendiente que forma la RMSSD tiene características muy similares los primeros 30 minutos posteriores a la actividad, pero, diferentes de acuerdo a la intensidad de la carga de trabajo y el individuo (Naranjo et al., 2019).

Para llevar a cabo su aplicación recomendaron medir la RMSSD a lo largo de cualquier período de 5 minutos durante la recuperación dentro de los primeros 30 minutos, excluyendo los primeros 5 minutos debido a la pérdida de estabilidad de la serie temporal derivada del cambio repentino entre el final del ejercicio y el inicio de la recuperación (Javorka, Žila, Balhárek y Javorka, 2002). Entre mayor sea la recuperación de la RMSSD, menor es la carga interna y (Naranjo et al., 2019).

Posteriormente, Ruso-Álvarez y colaboradores (2019) llevaron a cabo un estudio para establecer la utilidad y fiabilidad de la “RMSSD-Slope” como medidor de carga interna en distintas modalidades deportivas. Realizaron mediciones retrospectivas de la pendiente de recuperación de la RMSSD en deportistas de diferentes modalidades deportivas y en diferentes situaciones, entre las cuales incluyen a jugadores de bádminton. La RMSSD-Slope arrojó valores bajos después de que los sujetos se sometieron a cargas de trabajo con intensidad elevada y valores elevados cuando se sometían a cargas de trabajo con intensidad baja. Debido a estos resultados los autores plantean que esos datos refuerzan la validez de esta herramienta, pudiendo ser muy precisa para evaluar la carga interna (Ruso-Álvarez et al. 2019).

VFC en Bádminton.

En bádminton se han llevado a cabo estudios en donde analizan la VFC tras la acumulación de partidos obteniendo como resultado una reducción de los valores de VFC (Garrido et al., 2009; Garrido, De La Cruz, Medina, Garrido y Naranjo, 2011), también han analizado la relación de la VFC con algunos indicadores subjetivos del estado de recuperación (dolor muscular, estado de hidratación, cantidad y calidad de sueño, y estados de ánimo pre competición) en diferentes periodos de juegos (Bisschoff, Coetzee y Esco, 2016), además han analizado si las medidas de VFC pueden servir como predictores de los niveles de rendimiento de jugadores de bádminton (Bisschoff, Coetzee y Esco, 2018). Actualmente, no se han encontrado trabajos de investigación en bádminton en donde evalúen la recuperación a corto plazo (posterior a la carga de trabajo) a través de la VFC. Es por ello que se ha planteado el presente trabajo en entrenamientos de deportistas de bádminton con el objetivo de analizar la utilidad del método “RMSSD-Slope” en el cual sus valores se determinan a través del análisis del comportamiento de la recuperación a corto plazo de la VFC.

Capítulo II

Metodología

Diseño

Es un estudio cuantitativo no experimental de tipo descriptivo con alcance correlacional longitudinal.

Población

Equipo de bádminton representativo del estado de Nuevo León, México.

Muestra

Se tomó una muestra de 13 deportistas jugadores de bádminton que representan al estado de Nuevo León, teniendo como lugar de entrenamiento la Casa de Raquetas del Centro de Alto Rendimiento, ubicada en el Instituto Estatal de Cultura Física y Deporte en Parque Niños Héroes; con un horario de entrenamiento de 09:00 a 11:00hrs de lunes a viernes. Fue una muestra por conveniencia (8 hombres y 5 mujeres) (edad 15.24 ± 2.20 años; peso 61.90 ± 9.62 kg; talla 167.97 ± 6.28 cm). Se les realizó una serie de preguntas para asegurarse que no presentaran alguna patología o limitación para entrenar y que no se encontraban en alguna medicación.

Criterios de Inclusión

Pertenecer al equipo representativo del estado de Nuevo León.

Tener experiencia en el entrenamiento (mínimo 4 años).

Asistir a los entrenamientos con regularidad.

Haber cumplido con todas las sesiones de entrenamiento que se monitorearon.

No consumir estimulantes o depresivos.

Criterios de Exclusión

No asistir con regularidad a los entrenamientos.

No cumplir con la totalidad de los registros.

Tener alguna lesión.

Instrumentos

Para determinar la estatura y el peso de los sujetos se utilizó la báscula SECA (modelo 220 con capacidad máxima de 220 kg y precisión de 50 gramos) la cual cuenta con un estadiómetro integrado (con una amplitud de 60 cm hasta 200 cm). Para realizar las mediciones de VFC se utilizaron dispositivos Polar H10 (Polar Electro Oy Kempele, FINLANDIA) y la aplicación Elite HRV (Perrotta, Jeklin, Hives, Meanwell y Warburton, 2017) en su versión 4.7.1, la cual está disponible y es gratuita para sistemas operativos Android y iOS. Para el análisis de VFC se utilizó el software Kubios (University of Eastern Kuopio, Finland. Version 2.2). Para evaluar la carga interna de una manera subjetiva se utilizó la Escala RPE de Borg 0-10 (Borg, 1998).

Procedimiento

Antes de comenzar el estudio se solicitó al entrenador del equipo de bádminton representativo de Nuevo León la participación de los deportistas en el estudio. Posteriormente se realizó una reunión con los deportistas y el entrenador en donde se les proporcionó toda la información sobre el procedimiento del estudio y firmaron el consentimiento informado. En otra ocasión se les tomó peso y talla por medio de una báscula con estadiómetro integrado.

Todos los días se llegaba a los entrenamientos y los deportistas se preparaban para comenzar su entrenamiento. Llevaban a cabo su sesión de entrenamiento y una vez que terminaban se les pedía que tomaran asiento para realizarles una toma de VFC, las tomas se realizaron mediante dispositivos Polar H10 y la aplicación Elite HRV. Se colocaba la banda sujetadora junto con el transmisor Polar H10 en el tórax de cada sujeto a la altura de la apófisis xifoides del esternón y el monitoreo se realizaba durante 5 minutos en un ambiente controlado (iluminación, perturbación acústica). Se les pedía a los sujetos que se mantuvieran sentados en una posición de 90° en la articulación de la rodilla y en la articulación de la cadera, con las manos sobre sus piernas y sin realizar movimientos durante la toma. El transmisor captaba la actividad del corazón y enviaba la señal a una tableta (iPad) la cual recibía la información mientras ejecutaba la aplicación Elite HRV.

Para el análisis de la VFC las mediciones se exportaban de la aplicación Elite HRV y se abrían en el software informático Kubios. Cada registro se analizó previamente

para detectar la posible presencia de artefactos y latidos anómalos, aplicando los filtros correspondientes si era necesario. Se utilizó un método del dominio del tiempo, tomando la RMSSD como indicador de la influencia del sistema nervioso parasimpático en el sistema cardiovascular. Esta toma se realizaba dentro de los primeros 30 minutos posteriores al entrenamiento (para analizar la recuperación a corto plazo) evitando los primeros 5 minutos (Javorka et al, 2002).

Además de utilizar la RMSSD como indicador de la influencia del sistema nervioso parasimpático en el sistema cardiovascular, se determinó la pendiente de recuperación de la RMSSD (RMSSD-Slope) mediante el cálculo propuesto por Naranjo y colaboradores (2019) el cual denomina “ $Slope = (RMSSD_{rec} - RMSSD_{ej}) / t$ ”, pero para facilitar el análisis, se utilizó la aplicación elaborada por el autor (la cual se encuentra de forma gratuita en el repositorio de la página virtual de la Universidad Pablo de Olavide <https://rio.upo.es/xmlui/handle/10433/7711>) en donde se asignó el valor de 4 a la RMSSD de ejercicio debido a que no se realizó registro de VFC durante el entrenamiento (Naranjo et al., 2019) y el valor de recuperación se asignó de acuerdo al valor presentado por cada sujeto. Además, se utilizó el índice de estrés (SS) para medir la actividad simpática, el cual se determina realizando un cálculo utilizando el valor de SD2 del diagrama de dispersión de Poincaré (Naranjo et al., 2015).

Por último, una vez que terminaba la toma de VFC, se aplicaba la Escala RPE de Borg de manera individual a cada deportista en donde se les pedía que señalarán un número de la escala del 0 al 10, siendo 0 Relajado y 10 Máximo, como respuesta a la pregunta “¿qué tan intenso estuvo el entrenamiento?”.

Estos registros se llevaron a cabo durante once días, pero, solo se pudieron obtener seis para su posterior análisis.

Consideraciones Éticas

Según la declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS por sus siglas en inglés) en su Version 25 para windows.

Se realizó un análisis descriptivo unidireccional. Posterior a ello se realizó una prueba de correlaciones mediante el coeficiente de correlación de Pearson ($p < .05$) entre las variables. Para las variables de RMSSD-Slope y Stress Score se realizó una regresión lineal.

Capítulo III

Resultados

Se realizaron análisis individuales para determinar la correlación de las variables Stress Score Post y RMSSD-Slope (fig. 6-18) obteniendo valores de r^2 mayores a 0.5 en casi todos los sujetos, excepto en los sujetos 2,5,6 y 12 que presentaron valores de 0.1378, 0.3027, 0.0378 y 0.3927, respectivamente.

SUJETO 1

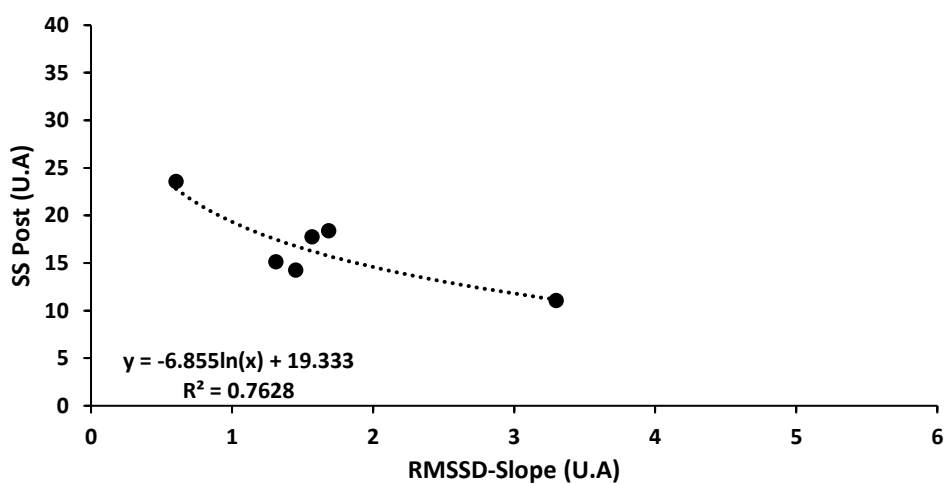


Figura 6. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 1. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias.

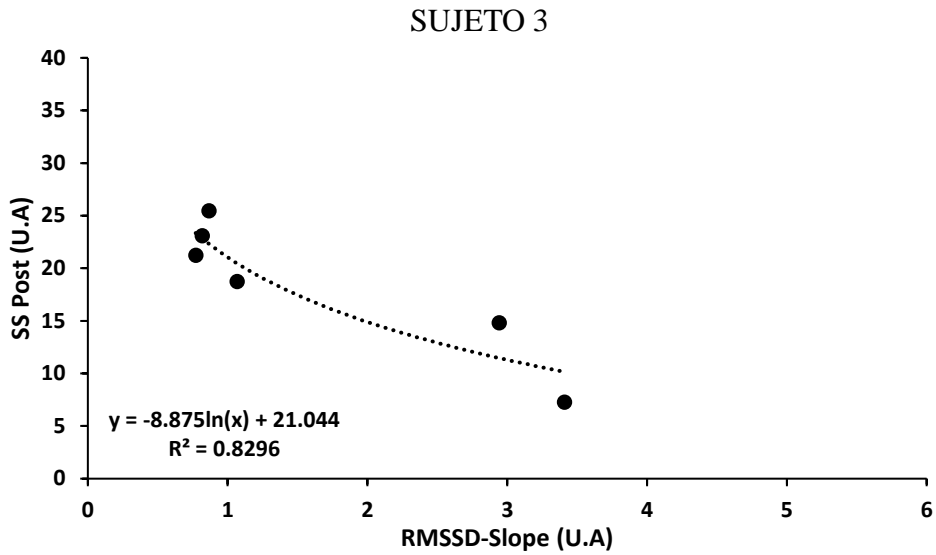


Figura 7. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 2. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A.) = Unidades Arbitrarias.

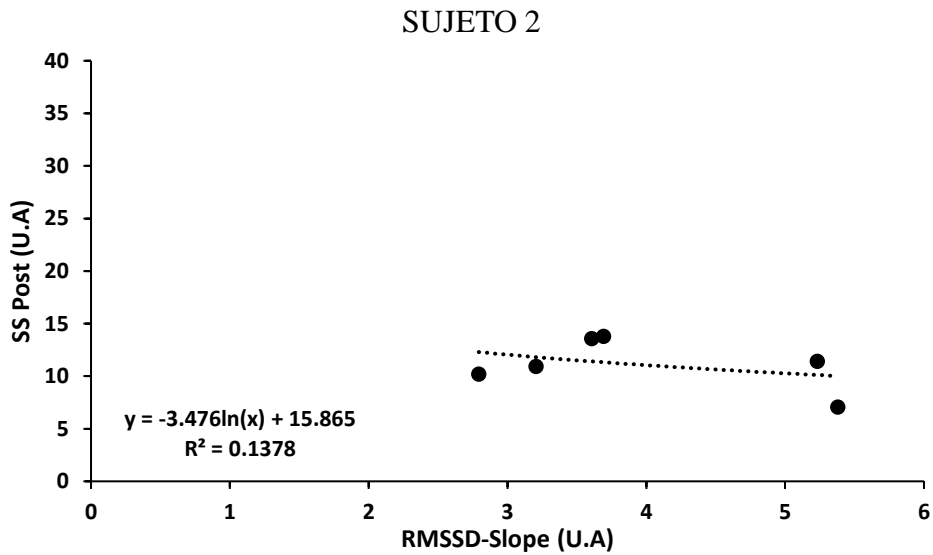


Figura 8. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 3. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A.) = Unidades Arbitrarias.

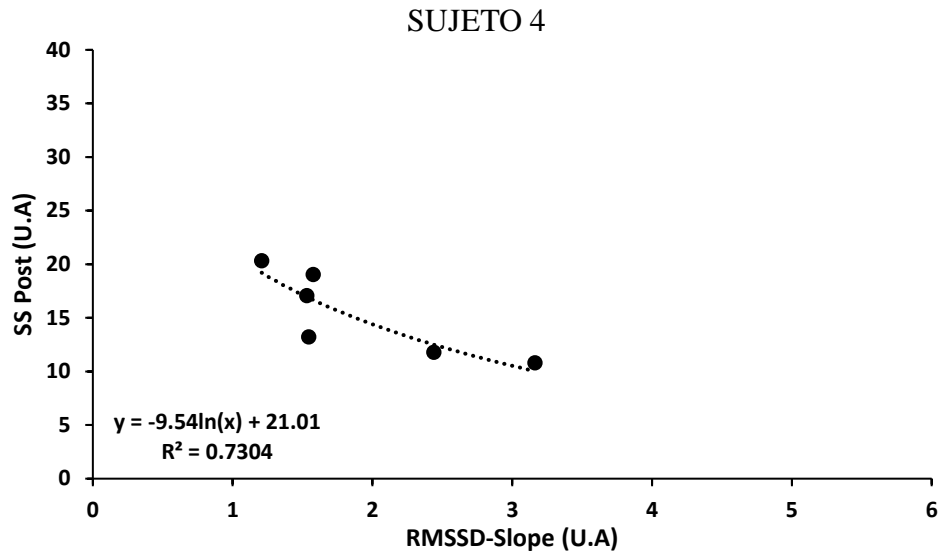


Figura 9. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 4. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias.

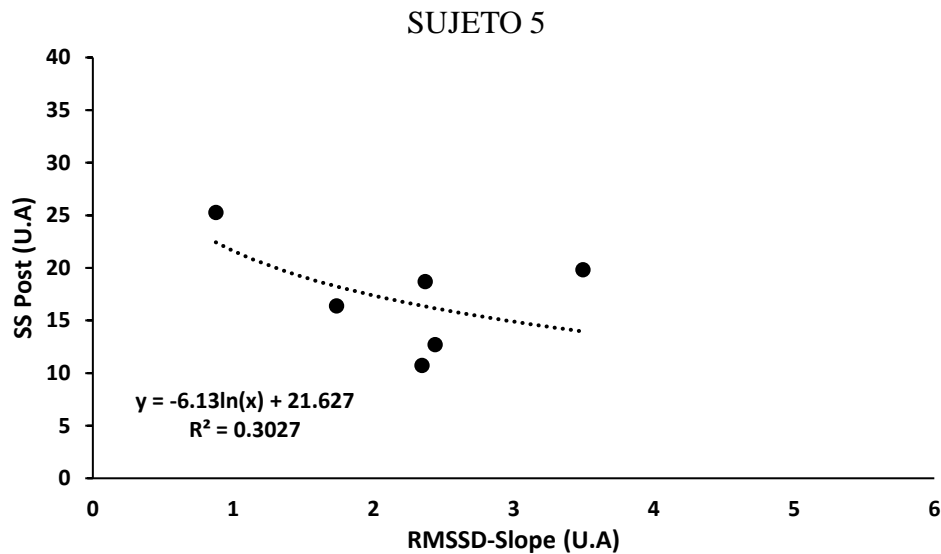


Figura 10. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 5. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias.

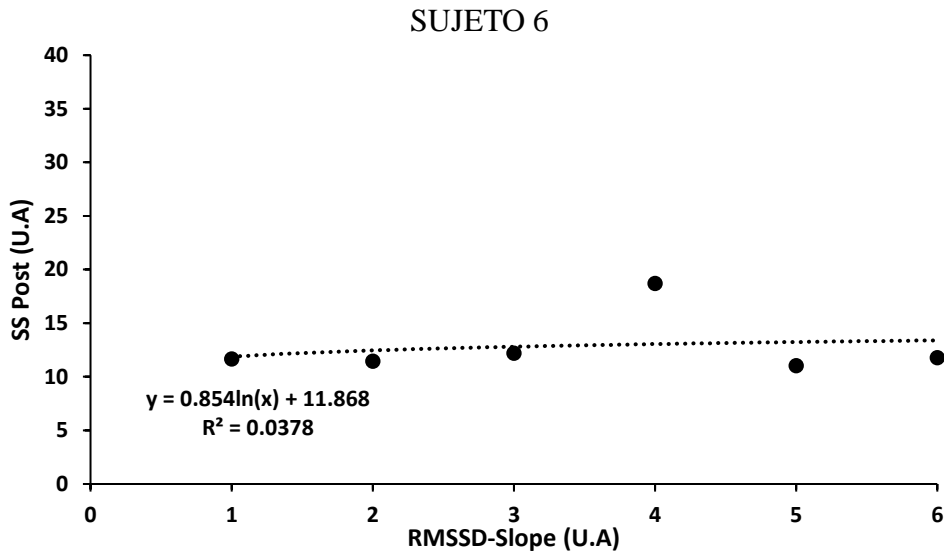


Figura 11. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 6. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias.

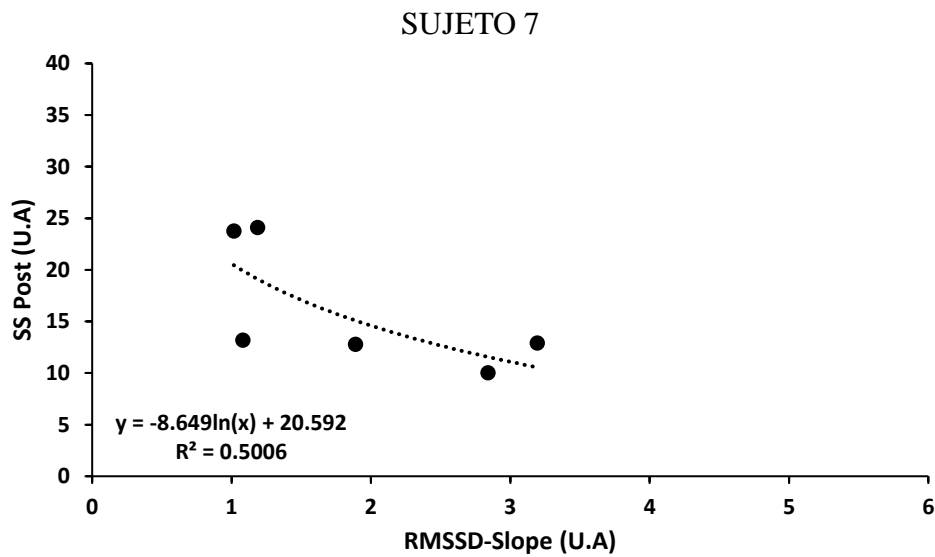


Figura 12. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 7. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias.

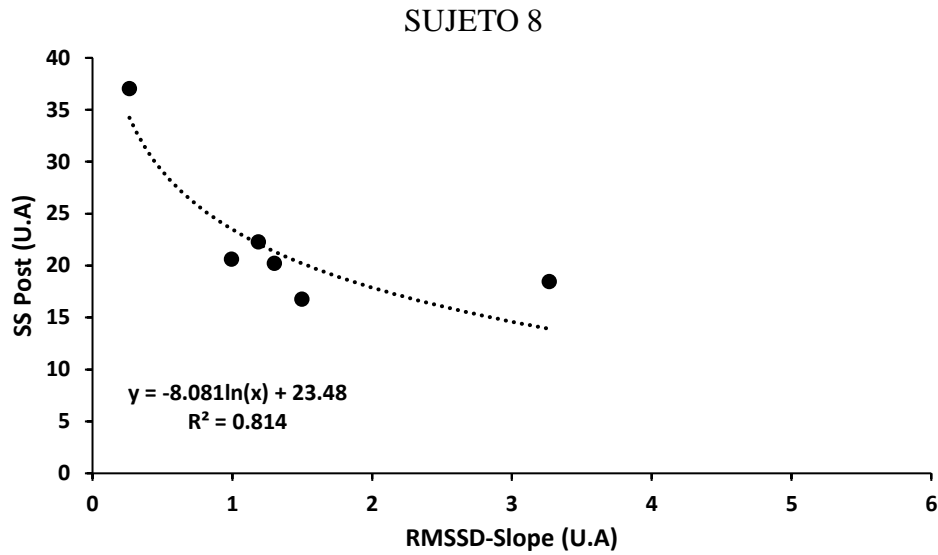


Figura 13. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 8. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias.

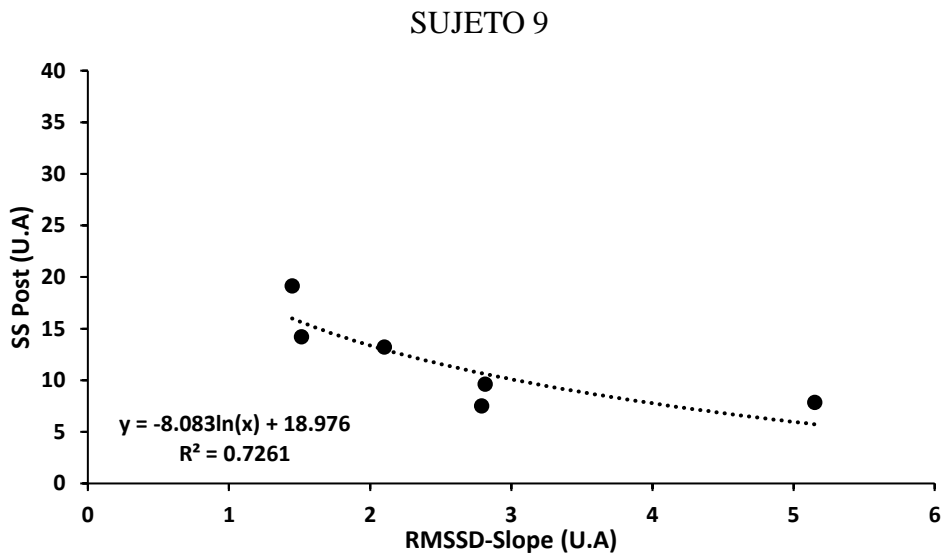


Figura 14. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 9. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias.

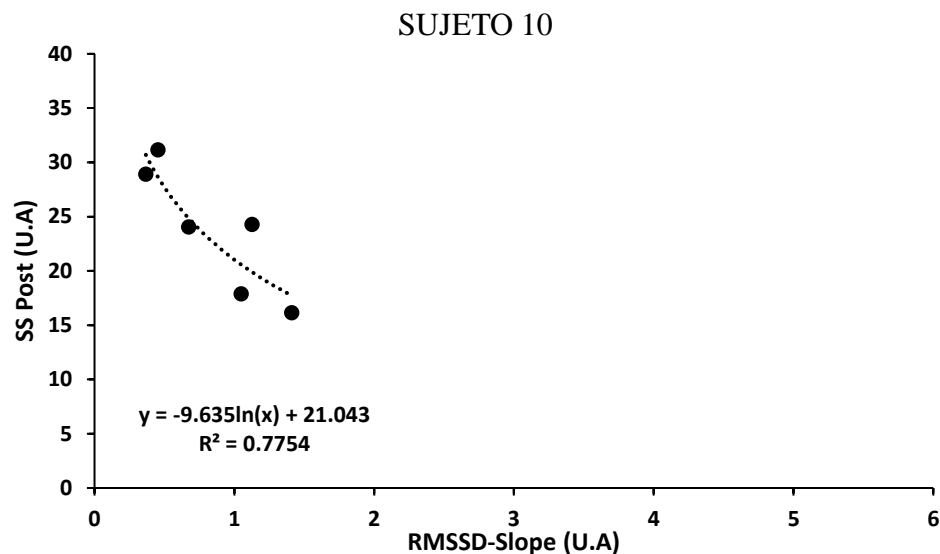


Figura 15. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 10. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A.) = Unidades Arbitrarias.

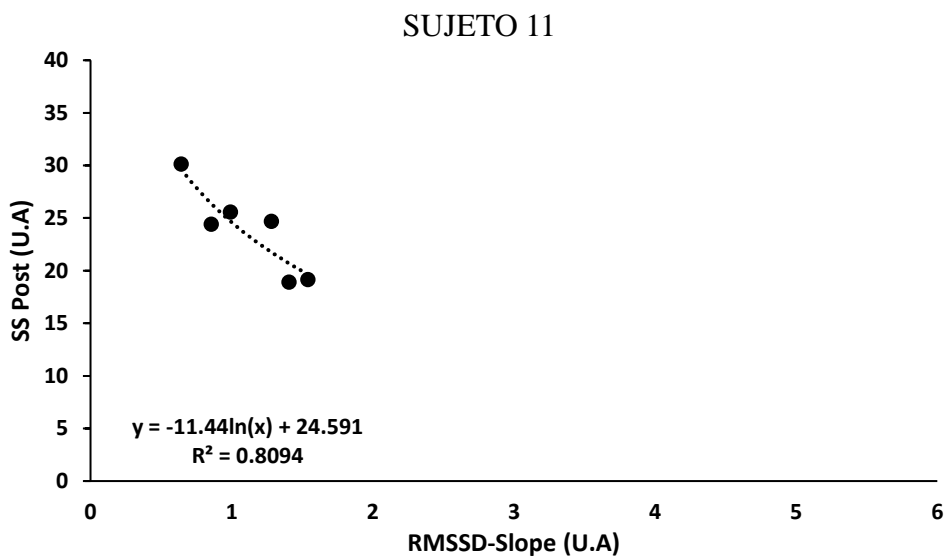


Figura 16. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 11. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A.) = Unidades Arbitrarias.

SUJETO 12

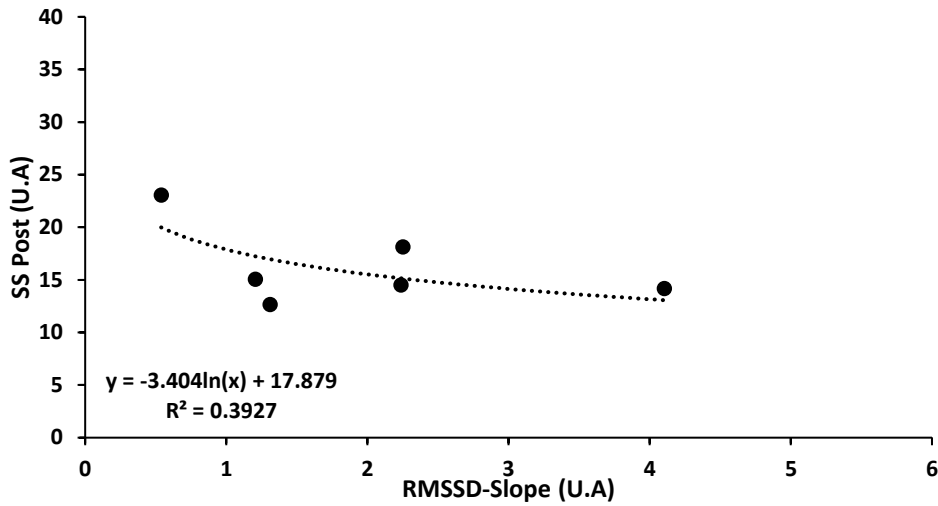


Figura 17. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 12. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A.) = Unidades Arbitrarias.

SUJETO 13

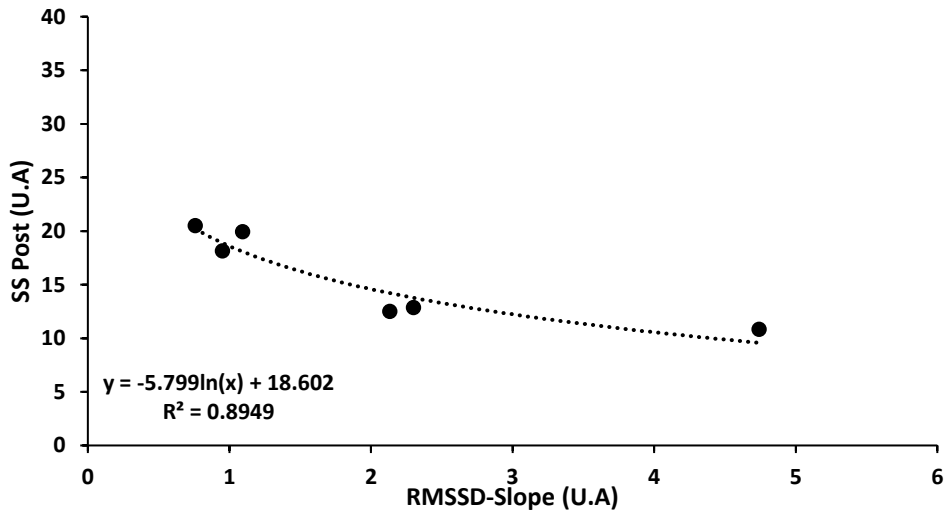


Figura 18. Se presenta la correlación r^2 de la variable SS Post con RMSSD-Slope del sujeto 13. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A.) = Unidades Arbitrarias.

Además, se encontró un comportamiento grupal con una relación inversa entre las variables Stress Score Post y RMSSD-Slope a través de las diferentes tomas (fig. 19)

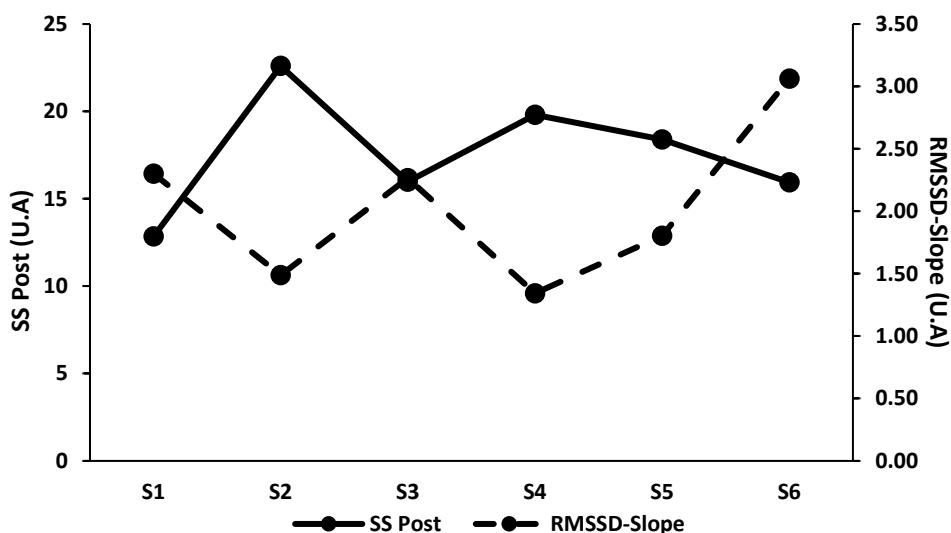


Figura 19. Se muestra el comportamiento grupal de las variables SS Post y RMSSD-Slope durante las diferentes tomas. Nota: SS Post = Stress Score tomado posterior al entrenamiento; RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (U.A) = Unidades Arbitrarias; S1 = Sesión 1; S2 = Sesión 2; S3 = Sesión 3; S4 = Sesión 4; S5 = Sesión 5; S6 = Sesión 6.

Por otra parte, se realizaron correlaciones grupales de las variables RMSSD-Slope con Stress Score Post, obteniendo un valor de $r = -.738$ ($p < .01$). Del mismo modo se correlacionaron las variables RMSSD-Slope y RPE, obteniendo un valor de $r = -.104$.

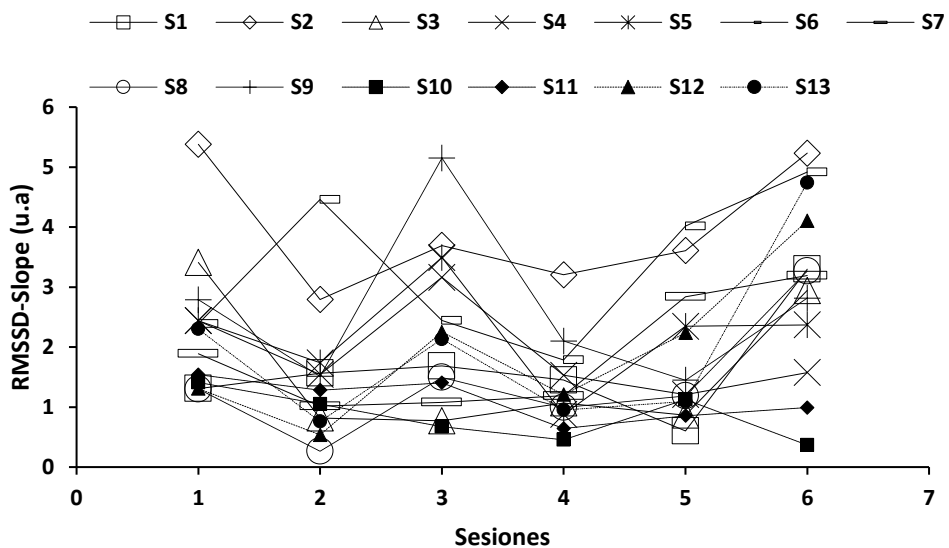


Figura 20. Se muestra la evolución de la variable RMSSD-Slope durante las diferentes tomas. Nota: RMSSD-Slope = pendiente de recuperación de la raíz cuadrada de la media de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos; (u.a) = unidades arbitrarias; S1 = Sujeto 1; S2 = Sujeto 2; S3 = Sujeto 3; S4 = Sujeto 4; S5 = Sujeto 5; S6 = Sujeto 6; S7 = Sujeto 7; S8 = Sujeto 8; S9 = Sujeto 9; S10 = Sujeto 10; S11 = Sujeto 11; S12 = Sujeto 12; S13 = Sujeto 13.

Se observó un comportamiento diferente entre los sujetos en cada sesión de entrenamiento para la variable de RMSSD-Slope, tal como se muestra en la figura 20.

Capítulo IV

Discusión

El propósito de nuestro estudio fue el análisis de la RMSSD-Slope en relación a las cargas de entrenamiento en jugadores de bádminton y las variables Stress Score y la escala RPE, ya que el Stress Score muestra la actividad del sistema nervioso simpático (Naranjo et al., 2015) y la escala RPE es un parámetro que refleja cómo el sujeto percibe el esfuerzo realizado, pudiendo ser un buen indicador de carga interna (Borg, 1998; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi y Marcora 2004).

La correlación llevada a cabo entre las variables RMSSD-Slope y Stress Score arrojó valores elevados, sin embargo, no se han encontrado estudios en los cuales realicen correlaciones entre estas dos variables; aunque tomando en cuenta el estudio de Naranjo y colaboradores (2015) en donde llevaron a cabo correlaciones entre el Stress Score y la RMSSD obteniendo como resultado un valor elevado; a diferencia de su estudio, en el nuestro las tomas fueron realizadas posterior a una carga de trabajo, pero la relación entre estas variables tuvieron el mismo comportamiento, en donde a mayor Stress Score menor RMSSD y de la misma manera menor RMSSD-Slope y a mayor RMSSD o RMSSD-Slope, menor Stress Score. Esto debido a que el Stress Score refleja la actividad simpática (Naranjo et al., 2015) y la RMSSD y RMSSD-Slope reflejan la actividad parasimpática y la recuperación de la actividad parasimpática, respectivamente (Task Force, 1996; Naranjo et al., 2019).

Los valores obtenidos de la correlación entre RPE y RMSSD-Slope fueron muy bajos en comparación con los obtenidos por Naranjo y colaboradores (2019) quienes mencionan que obtuvieron muy buena correlación inversa entre estas variables. La RMSSD-Slope muestra la manera en la que la RMSSD se recupera posterior a una carga de trabajo, reflejando la reactivación del sistema nervioso parasimpático (Naranjo et al, 2019) y por otra parte la RPE refleja la intensidad del ejercicio a través de las sensaciones experimentadas por el sujeto al momento de realizar la actividad (Borg, 1998). Lo que más afecta a los valores de la RMSSD-Slope es la intensidad (Naranjo et al, 2019) en donde a mayor intensidad, menor valor de RMSSD-Slope; sin embargo, en la RPE sucede lo opuesto, a mayor intensidad de la carga de trabajo, mayor valor de RPE (Borg, 1998).

La baja correlación entre estas variables puede ser causa de los valores tan bajos de RPE obtenidos en nuestro estudio, los cuales podrían deberse a factores intrínsecos de los deportistas, tales como: motivación, familiarización con la escala, entre otros (Borg, 1998).

Al igual que Naranjo y colaboradores (2019) y Ruso-Álvarez y colaboradores (2019) y de acuerdo con ellos, se obtuvieron valores de RMSSD-Slope distintos en cada sujeto, lo cual puede deberse a la forma diferente en la que se recupera el sistema nervioso parasimpático de cada sujeto posterior a una carga de trabajo.

La contribución principal de este estudio fue mostrar datos de entrenamiento en bádminton de la variable RMSSD-Slope como método de evaluación de la carga interna y observar una relación con otros métodos de evaluación de la carga interna. Y aunque ya se han presentado datos de RMSSD-Slope en bádminton antes por Ruso-Álvarez y colaboradores (2019) discrepan en que sus datos fueron en competencia.

Otra contribución del estudio es la presentación de valores de la variable Stress Score posterior a una carga de trabajo de carácter intermitente (entrenamiento de bádminton) ya que Naranjo y colaboradores (2015) describen su utilidad solo a través de mediciones matutinas como un parámetro que muestra la actividad del sistema nervioso simpático, pudiendo detectar un exceso de actividad en este sistema, siendo útil como un indicador de asimilación de las cargas de trabajo, lo anterior en el fútbol soccer.

Se recomienda más investigación con relación a la determinación de la carga interna en deportes intermitentes por medio de la RMSSD-Slope en donde se hagan mediciones de la RMSSD durante los últimos 5 minutos del ejercicio para ingresarlos en la fórmula para la determinación de la RMSSD-Slope.

Conclusión

Con base en los resultados podemos concluir que el método RMSSD-Slope basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, es un método efectivo para cuantificar el esfuerzo realizado en los entrenamientos, ya que cuanto mayor estrés en la sesión, menor RMSSD-Slope representaban los jugadores.

Referencias

- Abdullahi, Y., Coetzee, B., y Van Den Berg, L. (2017). Relationship between results of an internal and external match load determining method in male, singles badminton players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 1111-1118. doi: 10.1519/JSC.0000000000002115
- Badminton World Federation. (2010). *BWF*. Recuperado el 16 de 02 de 2020, de: <https://extranet.bwfbadminton.com/docs/document-system/81/1466/1470/Section%204.1%20-%20%20Laws%20of%20Badminton.pdf>
- Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance 2nd ed. MacDougall J. D., H. A. Wenger, & H. J. Green, eds., *Champaign, Illinois: Human Kinetics*.
- Bird, S. P. (2016). Profile of training load in elite badminton players during an intensified pre-olympic training camp and olympic competition. 2016 ASCA International Conference on Applied Strength & Conditioning. Recuperado de: <https://researchonline.jcu.edu.au/46224/>
- Bisschoff, C. A., Coetzee, B., y Esco, M. R. (2016). Relationship between autonomic markers of heart rate and subjective indicators of recovery status in male, elite badminton players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(4), 658-669. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5131220/>
- Bisschoff, C. A., Coetzee, B., y Esco, M. R. (2018). Heart rate variability and recovery as a predictors of elite, african, male badminton players' performance levels. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(1), 1-16. doi: 10.1080/24748668.2018.1437868
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/306039034_Borg%27s_Perceived_Exertion_And_Pain_Scales
- Borresen, J., y Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 16-30. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Quantifying-training->

load%3A-a-comparison-of-and-Borresen-
Lambert/aec011b4f39275e0b380a26481d08f2023d710d0

- Borresen, J., y Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39, 779-795. doi: <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M.C... y Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12,S2-61-S2-170 doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in Physiology*, 5(73), 1-19. doi: 10.3389/fphys.2014.00073
- Cabello, M. D. (2000). Análisis de las características del juego en el bádminton de competición. Su aplicación al entrenamiento (Tesis doctoral). Recuperado de: Bases de datos de tesis doctorales de CAFYD. <https://www.cafyd.com/REVISTA/ojs/index.php/bbddcafyd/article/view/123>
- Da Silva, V. P., De Oliveira, N. A., Silveira, H., Mello, R. G., y Deslandes, A. C. (2014). Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 00(0), 1-11. doi: 10.1111/anec.12237
- Edwards, S. (1994). The heart rate monitor book. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(5): 647
- Faccini, P., y Dal Monte. A. (1996). Physiologic demands of badminton match play. *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*, 24(6), S-64-S-66. doi: 10.1177/036354659602406S19
- Foster, C., Daines, E., Hector, L., Snyder, A. C., y Welsh, R. (1996). Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal*, 95(6), 370-374. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/14508019_Athletic_performance_in_relation_to_training_load

- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., y Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/11645805_A_New_Approach_to_Monitoring_Exercise_Training
- Garrido, E. A., de la Cruz, T. B., Garrido, S. M. A., Medina, C. M., y Naranjo, O. J. (2009). Variabilidad de la frecuencia cardíaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton de máximo nivel. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2(2), 70-74. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323327658006>
- Garrido, E. A., De La Cruz, T. B., Medina, C. M., Garrido, S. M. A., y Naranjo, O. J. (2011). Heart rate variability after three badminton matches. Are there gender differences?. *Archivos de medicina del deporte*. 28(144), 257-264. Recuperado de: http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Original_Heart_rate_257_144.pdf
- Goldberger, J. J., Kiet, L. F., Lahiri, M., Kannankeril, P. J., Ng, J., y Kadish, A. H. (2006). Assesment of parasympatethyc reactivation after exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 290, H2446-H2452. doi: 10.1152/ajpheart.01118.2005
- Halson, S. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), S139-S147. doi:10.1007/s40279-014-0253-z
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., y Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-Based training load in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 36(6) 1042-1047. doi: 10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M y Coutts, A. J. (2018). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-4. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Javorka, M., Žila, I., Balhárek, I. y Javorka, K. (2002). Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 35(8), 991-1000. Recuperado de:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-879X2002000800018&lng=en&tlng=en

- Kenttä, G., y Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery a conceptual model. *Spors Medicine*, 26(1), 1-16. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/13545392_Overtraining_and_recovery_A_conceptual_model
- Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., y Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 743-751. doi: 10.1007/s00421-007-0552-2
- Lambert, M. I., y Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *International Journal of Physiology and Performance*, 5, 406-411. doi: 10.1123/ijsp.5.3.40
- Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L., y Casa, D. J. (2017). Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(10), 2920-2937. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/318613816_Biomarkers_in_Sports_and_Exercise_Tracking_Health_Performance_and_Recovery_in_Athletes
- Majumdar, P., Khanna, G. L., Malik, V., Sachdeva, S., Arif, Md., y Mandal, M. (1997). Physiological analysis to quantify training load in badminton. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 342-245. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/13801441_Physiological_analysis_to_quantify_training_load_in_badminton
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'ottavio, S., y Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2090-2096. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a6a959
- McLaren, S., Macpherson, T., Coutts, A., Hurst, C., Spears, I., y Weston, M. (2017). The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 641-658. doi:10.1007/s40279-017-0830-z

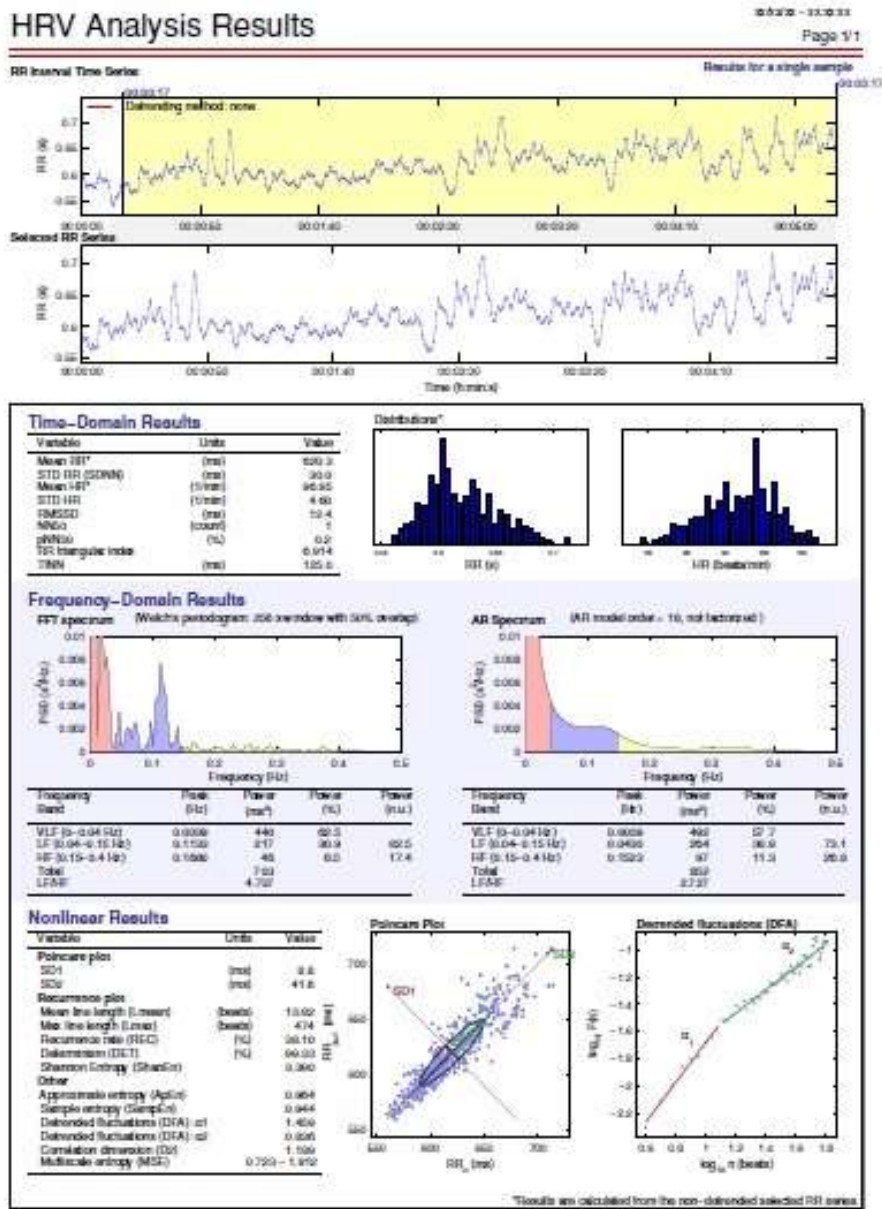
- Miranda-Mendoza, J., Reynoso-Sánchez, L. F., Hoyos-Flores, J. R., Quezada-Chacón, J. T., Naranjo, J., Rangel-Colmenero, B., y Hernández-Cruz, G. (2020). Stress Score y LnRMSSD como parámetros de carga interna durante una competición. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 20(77), 21-35. Doi: 10.15366/rimcafd2020.77.002
- Naranjo O, J. (2018). Variabilidad de la frecuencia cardíaca. Fundamentos y aplicaciones a la actividad física y el deporte. *Fénix Editora. Sevilla*.
- Naranjo, O. J., De La Cruz, T., Sarabia, C. E., de Hoyo, y Domínguez, C. S. (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 452-457. doi: 10.1123/ijsp.2014-0235
- Naranjo O. J., Nieto-Jiménez, C., y Ruso-Álvarez, J. (2019). Recovery slope of heart rate variability as an indicator of internal training load. *Health*, 11, 211-221. doi:10.4236/health.20
- Palacios, G., Pedrero-Chamizo, R., Palacios, N., Maroto-Sánchez, B., Aznar, S., y Gross-González, M. (2015) Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutrición Hospitalaria*, 31,(3), 237-244. Recuperado de: http://oa.upm.es/40814/1/INVE_MEM_2015_208707.pdf
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J-M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Costes, F... y Barthélémy, J. C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 1729-1736. doi: 0195-9131/00/3210-1729/0
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E y Bucheit, M. (2013) Training adaption and heart rate variability in elite endurance athlete: opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43, 733-781. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/249321195_Training_Adaptation_and_Heart_Rate_Variability_in_Elite_Endurance_Athletes_Opening_the_Door_to_Effective_Monitoring

- Rodas, G., Pedret C., C., Ramos, J., y Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de medicina del deporte*, xxv(123), 41-47. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/46727114_Variabilidad_de_la_frecuencia_cardiaca_concepto_medidas_y_relacion_con_aspectos_clinicos_I
- Rodas, G., Pedret C., C., Ramos, J., y Capdevila, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (II). *Archivos de medicina del deporte*, xxv(123), 119-127. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/46727122_Variabilidad_de_la_frecuencia_cardiaca_conceptos_medidas_y_relacion_con_aspectos_clinicos_parte_II
- Ruso-Álvarez, J. F., Nieto-Jiménez, C., Muñoz-López, A., y Naranjo, O. J. (2019). Utility of the "RMSSD-Slope" to assess the internal load in different sports situations. *Health*, 11, 683-681. doi: 10.4236/health.2019.116057
- Sandercock, G. R. H., Bromley, P. D., y Brodie, D. A. (2005). Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(3), 433-439. doi: 10.1249/01.MSS.0000155388.39002.9D
- Seiler, S., Haugen, O., y Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1366-1373. doi: 10.1249/mss.0b013e318060f17d
- Stagno, K. M., Thatcher, R., y Van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629-634. doi: 10.1080/02640410600811817
- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Focer listed in the Appendix). (1996). *Heart rate variability. European Heart Journal*, 17, 354-381. doi: 0195-668X/96/030354
- Tortora, G.J. y Derrickson, B. (2006). El sistema nervioso autónomo. En Tortora, G.J. y Derrickson, B. Tortora, G.J. y Derrickson, B., *Principios de anatomía y fisiología* (13ª ed., págs. 581-605). Editorial Medica Panamericana. ISBN: 978-968-7988-77-1

- Tulppo, M. P., Mäkikallio, T. H., Takala, T. E. S., Seppänen, T., y Huikuri, H. V. (1996). Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, H244-H252. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1003.4703&rep=rep1&type=pdf>
- Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2004). Control cardiovascular durante el ejercicio. En Wilmore, J. H & Costill, D. L., *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (5 ed., págs. 206-222). Barcelona: Paidotribo. ISBN: 84-8019-749-8
- World Medical Association. (2013). World medical association declaration of Helsinki ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of the American Medical Association*, 310(20), 2191-2194. Recuperado de: <https://www.wma.net/wp-content/uploads/2016/11/DoH-Oct2013-JAMA.pdf>

Appendices

A. Análisis de variabilidad de la frecuencia cardíaca a través del software Kubios



B. Plantilla RMSSD-Slope

INFORME INDIVIDUAL DE RECUPERACION Y CARGA INTERNA

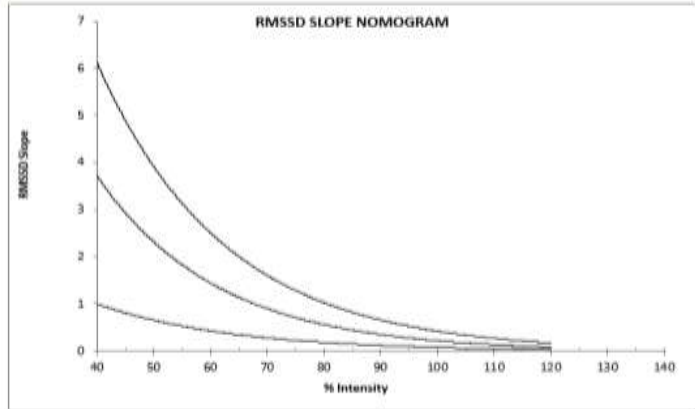
NOMBRE:
 DEPORTE:
 FECHA:

% INTENSIDAD:
 t Recuperación: min.
 (Indique el tiempo transcurrido desde el final del ejercicio)

Ejercicio:
 Recuperación:

Slope: #DIV/0!

PENDIENTE DE RECUPERACIÓN (SLOPE):
 #1DIV/0!



INTERVALOS DE REFERENCIA

%INTENSIDAD	RMSSD SLOPE		
	MALO	BUENO	MUY BUENO
<60	<0.40	0.40-5.00	>5.00
60-75	<0.40	0.40-2.60	>2.60
75-90	<0.75	0.75-1.20	>1.20
>90	<0.10	0.10-0.60	>0.60

VALORACIÓN COMPARATIVA DE LA RECUPERACIÓN Y CARGA INTERNA

DEPORTE:
 FECHA:

TAREA:
 t Recuperación: min.
 (Indique el tiempo transcurrido desde el final de la tarea)

NOMBRE	SUJETO	RMSSD		SLOPE
		Ejercicio	Recuperación	
		1		
		2		
		3		
		4		
		5		
		6		
		7		
		8		
		9		
		10		
		11		
		12		
		13		
		14		
		15		
		16		
		17		
		18		
		19		

The graph is an empty 'RMSSD SLOPE NOMOGRAM' with the y-axis labeled 'RMSSD SLOPE' ranging from 0.00 to 1.00 and the x-axis labeled 'Sujeto' ranging from 1 to 25. It is intended for plotting individual data points for comparison.

C. Escala RPE


Nombre _____	
Fecha _____ Esfuerzo _____	
índice	Descripción
0	Relajado
1	Muy muy leve
2	Leve
3	Moderado
4	Algo pesado
5	Pesado
6	
7	Muy pesado
8	
9	
10	Máximo

D. Evaluación de práctica



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



Evaluación de Desempeño de la Práctica

Datos del alumno:

Matrícula:	1980138
Nombre del Alumno:	Rentería Moreno José Roberto
Programa educativo:	Maestría en Deportes, Fitness y Recreación - ARD
Orientación:	Alta Rendimiento Deportivo


Datos de la Empresa:

Empresa/Institución:	Facultad de Organización Deportiva
Departamento/Área:	Coordinación de Deportes - Equipo Representativo

Evaluación

	Excelente	Buena	Regular	Mala
Aistencia	✓			
Conducta	✓			
Puntualidad	✓			
Iniciativa	✓			
Colaboración	✓			
Comunicación	✓			
Habilidad	✓			
Resultados	✓			
Conocimiento profesional de su carrera	✓			


Observaciones:




Oscar Ferrera Arce
Nombre y firma del tutor responsable de la práctica



Coach Enrique del Real
Puesto del tutor responsable de la práctica



Sello de la Institución Dependencia
COORDINACION DE DEPORTES



Visión 2020 UANL
"Estrategia de desarrollo sustentable y responsable"

Avda. Universidad s/n. Ciudad Universitaria, C.P. 66000
San Martín de los Andes, Nuevo León, México
Tel: (52) 52 40 19 00 - 08 40 49 00
E-mail: info@uanl.mx / www.uanl.mx

Resumen Autobiográfico

JOSÉ RODOLFO RENTERÍA MORENO

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en
Alto Rendimiento Deportivo

Tesina: Valoración de la carga interna de entrenamiento en bádminton mediante el método
“RMSSD-Slope”

Campo temático: Fisiología del ejercicio

Lugar y fecha de nacimiento: Hermosillo, Sonora, México el 13 de agosto de 1996

Lugar de residencia:

Procedencia académica: Licenciatura en Entrenamiento Deportivo en la Universidad Estatal de
Sonora

Experiencia propedéutica y/o profesional:

E-mail: renteriamorenorodolfo@gmail.com