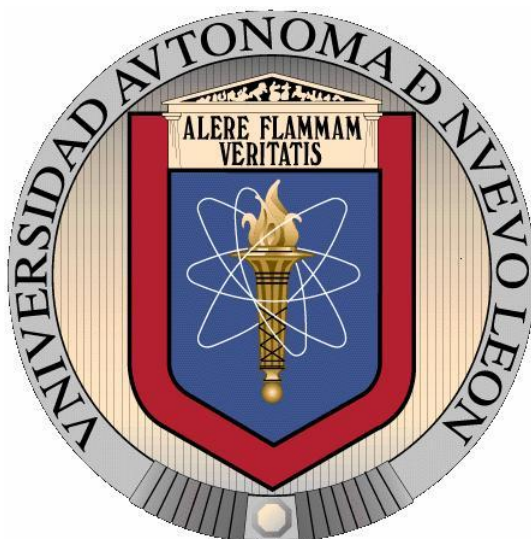


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



“Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante una competencia fundamental en jugadores de balonmano”

Por:

LIC. Flor Janeth Miranda Mendoza

Como requisito para obtener el grado de MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE con acentuación en alto rendimiento deportivo en la Facultad de Organización Deportiva en la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Junio, 2016



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON



FACULTAD DE ORGANIZACION DEPORTIVA

Los miembros del comité de tesis de la división de estudios de posgrado de la Facultad de Organización Deportiva recomendamos que la tesis “**Análisis del comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante una competencia fundamental en jugadores de balonmano**” realizada por Flor Janeth Miranda Mendoza, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con acentuación en Alto Rendimiento Deportivo.

Comité tesis

Dr. Germán Hernández Cruz
Director de tesis

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Co asesora de tesis

MC. José Trinidad Quezada Chacon
Co asesor de tesis

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de la división de estudios de posgrado



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON



FACULTAD DE ORGANIZACION DEPORTIVA

Los miembros del comité de tesis de la división de estudios de posgrado de la Facultad de Organización Deportiva recomendamos que la tesis “**Análisis del comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante una competencia fundamental en jugadores de balonmano**” realizada por Flor Janeth Miranda Mendoza, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con acentuación en Alto Rendimiento Deportivo.

Comité tesis

Dr. Germán Hernández Cruz
Director de tesis

Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero
Co asesora de tesis

MC. José Trinidad Quezada Chacon
Co asesor de tesis

Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero
Subdirectora de la división de estudios de posgrado

Contenido

Introducción	1
Planteamiento del problema	10
Preguntas científicas	10
Hipótesis	10
Objetivos	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Marco teórico	12
Características del balón mano	12
Terreno de juego	12
Características físicas de los jugadores.	15
Somatotipo	16
Sistemas energéticos	17
Sistema nervioso autónomo	18
Variabilidad de la frecuencia cardiaca	20
Medidas de dominio de tiempo	22
Parámetros del dominio de tiempo	23
Medidas de dominio de frecuencia	24
Medidas no-lineales	26
Medidas geométricas	27
La VFC en el deporte	28
Creatina quinasa	30
Investigaciones relacionadas con CK en el deporte	34
Fatiga	36
Fatiga central	37
Fatiga periférica	38
Fatiga crónica	39
Métodos de medición de la fatiga	40
Rendimiento Físico	41
Entrenamiento deportivo	42
Control del rendimiento deportivo	43
Control físico	45

Control biológico	46
Capitulo 2. Metodología	48
Tipo de estudio	48
Población y muestra	48
Inclusión	48
Exclusión	49
Variables	49
Dependientes	49
Independientes	49
Métodos	49
Procedimiento	49
Determinación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca	50
Determinación de la Creatin Kinasa	51
Protocolo de toma de muestras	51
Realización del test	52
Análisis estadístico	52
Resultados	53
Discusión	59
Limitaciones	64
Conclusiones	64
REFERENCIAS	66

INTRODUCCIÓN

La planificación del entrenamiento puede ser todo un reto para entrenadores, puesto que requieren maximizar positivamente las adaptaciones fisiológicas de los atletas evitando sobrecargas y lesiones por lo que el control de las cargas es esencial para maximizar las adaptaciones al entrenamiento (Buchheit, et al., 2013).

En el ámbito deportivo, uno de los primeros parámetros utilizados para el control de la capacidad funcional del deportista y su adaptación a las cargas de entrenamiento es la frecuencia cardíaca (FC) (Sánchez, Romero, & Ortís, 2013). La aplicación más importante del monitoreo de la FC en el deporte es la evaluación de la intensidad del ejercicio realizado (Achten & Jeukendrup, 2003).

Inicialmente los cuestionarios y diarios fueron utilizados para medir el entrenamiento pero fueron sustituidos por métodos más objetivos basados en mediciones fisiológicas, tales como el consumo de oxígeno o la concentración de lactato en sangre, sin embargo estas medidas requieren equipos específicos y se utilizan principalmente en el contexto de la investigación científica. Por el contrario, otros métodos basados en la FC parecen más adecuados para el uso diario y la aplicación práctica (Saboul, Balducci, Millet, Pialoux, & Hautier, 2015). Tal como la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) la cual es el resultado entre la interacción del sistema nervioso autónomo y el sistema cardiovascular ya que nos proporciona información en la modulación entre el sistema simpático y parasimpático (de la Cruz, López, & Naranjo, 2008).

La VFC es un marcador fisiológico que a través de sus parámetros nos permite monitorear el equilibrio entre la rama simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo, dependiendo de la intensidad de las cargas aplicadas mediante el ejercicio y la recuperación del atleta. Recientemente la VFC se ha sugerido como una herramienta útil no invasiva para la asimilación y adaptación de las cargas al entrenamiento y la fatiga tanto en condiciones de entrenamiento como de competencia (Wallace, Slattery, & Coutts, 2014).

Justificación de la investigación

El deporte de alto rendimiento es sumamente demandante puesto que exige la máxima preparación física exponiendo al límite la capacidad funcional del cuerpo, sometiendo a niveles altos de estrés o cargas de trabajo las cuales son posible resistir a través de procesos de adaptación que ocurren a nivel fisiológico. Entre las adaptaciones más comunes que aparecen ante estos procesos, es la capacidad cardiovascular la cual se ve aumentada, siempre y cuando los estímulos o cargas que se apliquen sean las adecuadas, por el contrario esto podría tener repercusiones serias en la salud de los atletas. Es por ello que los entrenadores recurren a la utilización de todas las herramientas posibles para incrementar los resultados deportivos.

Actualmente el uso de la VFC como método para el control del entrenamiento es de fácil acceso, y no invasivo brindando una gran ventaja al momento de realizar evaluaciones físicas, puesto que no genera un estrés extra en el atleta, por lo que la investigación toma relevancia en su utilización para la medición del rendimiento en atletas.

Esta investigación puede dar pie a entrenadores para la utilización de más herramientas en el trabajo de campo, en las que se obtengan parámetros que ayuden a tener un mejor control de las cargas, tanto la adaptación como en posibles sobre entrenamientos, con el fin de mejorar el control del entrenamiento y por ende conseguir mejor rendimiento en los atletas.

Por último puede servir como base para futuras investigaciones en diferentes disciplinas deportivas tanto en situaciones de entrenamiento como competencia, puesto que son pocos los investigadores en el país que abordan este tema.

Planteamiento del problema

Como influye la acumulación de fatiga durante varios partidos de una competencia fundamental en la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la CK en atletas universitarios.

Preguntas científicas

¿Cómo se comportan los parámetros de dominio de tiempo de la VFC durante una competencia fundamental?

¿Cómo se comporta la CK durante una competencia fundamental?

¿Los parámetros de dominio de tiempo de la VFC son indicadores objetivos de la acumulación de fatiga tras una competencia fundamental?

Hipótesis

- Los indicadores de dominio de tiempo de la VFC y la CK se verán afectados por la fatiga acumulada durante la competencia fundamental.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la variabilidad de la frecuencia cardiaca como indicador de recuperación tras una competencia fundamental en atletas universitarios de balonmano.

Objetivos específicos

- Analizar la variabilidad de la frecuencia cardiaca en los periodos de pre competencia, al final de la competencia y 24, 48 y 72 horas posterior a la competencia.
- Analizar la CK en los periodos de pre competencia, al final de la competencia y 24, 48 y 72 horas posterior a la competencia.

MARCO TEÓRICO

Características del balón mano

Terreno de juego

Es un rectángulo de 40 metros de largo por 20 de ancho que consta de dos áreas de portería y un área de juego. Las líneas más largas se llaman líneas de banda y las más cortas líneas de gol. Todas las líneas del terreno forman parte de la superficie que encierran. Las líneas de gol medirán 8 cm de ancho entre los postes de la portería mientras que las otras líneas serán de 5 cm de ancho.

- **El área de portería.** está definida por la línea del área de portería (línea de 6 metros).
- **La línea de golpe franco:** línea de 9 metros es una línea discontinua; se marca a tres metros por fuera de la línea del área de portería. Tanto los segmentos de la
- **La línea de 7 metros:** será de 1 metro de largo y estará pintada directamente frente a la portería. Será paralela a la línea de gol y se situara una distancia de 7 metros de ella (medida desde la parte posterior de dicha línea hasta el exterior de la línea de 7 m) (ver Fig. 1).
- **La línea de restricción del portero:** (la línea de 4 metros) será de 15 cm de longitud y se traza directamente delante de la portería. Es paralela a la línea de gol y se sitúa a una distancia de 4 metros de ella

(medida desde la parte posterior de dicha línea hasta el exterior de la línea de 4 metros); (ver Fig. 1).

- **La línea central:** conecta los puntos medios de las dos líneas de banda (ver Fig. 1).
- **La línea de cambios:** (un segmento de la línea de banda) para cada equipo se extiende desde la línea central a un punto situado a una distancia de 4,5 metros de ella. Este punto final de la línea de cambio está delimitado por una línea que es paralela a la línea central, extendiéndose 15 cm hacia dentro de la línea de banda y 15 cm hacia afuera de ella (ver Fig. 1).
- **La portería:** está situada en el centro de cada línea exterior de portería. Las porterías deben estar firmemente fijadas al suelo o a las paredes que están detrás de ellas. Sus medidas interiores serán de 2 metros de alto y tres de ancho. Las porterías tendrán una red que deberá estar sujeta de tal forma que un balón lanzado dentro de la portería normalmente se quede dentro de ella.
- **Tiempo de juego:** normal para todos los equipos con jugadores mayores a 16 años es de dos tiempos de 30 minutos. El tiempo de descanso es normalmente de 10 min.
- **El balón:** está fabricado de piel o material sintético. Debe ser esférico. La superficie no debe ser brillante o resbaladiza.

El tamaño de los balones es decir, la circunferencia y el peso, según las diferentes categorías de los equipos son:

- 50-60 cm y 425-472 gr (tamaño 3 IHF), categoría masculina absoluta y masculina juvenil (más de 16 años);
- 54-56cm y 325-375 gr (tamaño 2 IHF) categorías femenina absoluta y femenina jóvenes (mayor de 14 años) y masculina jóvenes (de 12 a 16 años);
- 50-52 cm y 290-330 gr (Tamaño 1 IHF) categorías femenina jóvenes (de 8-14 años) y masculina jóvenes (de 8 a 12 años).

El equipo: se compone de hasta 14 jugadores No más de 7 jugadores pueden estar presentes en el terreno de juego al mismo tiempo. El resto de los jugadores son reservas.

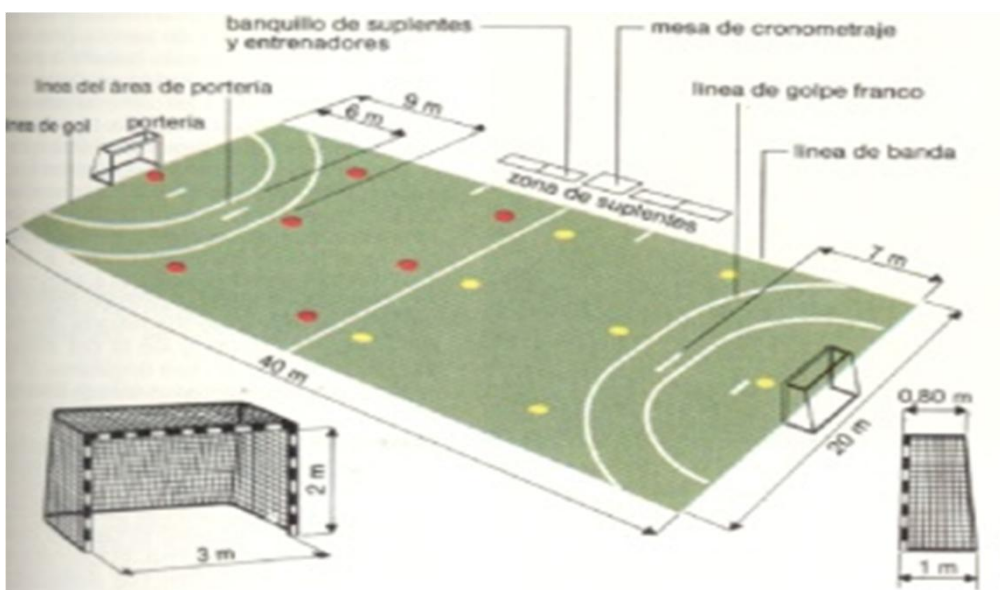


Figura 1. Medidas de la cancha de balón mano.

([https://totalbalonmano.wordpress.com/2013/01/30/que-es-el-hanball /](https://totalbalonmano.wordpress.com/2013/01/30/que-es-el-hanball/))

Características físicas de los jugadores

El balonmano es un juego de mucha rapidez con saltos, constantes sprint, cambios de dirección, contacto de alta velocidad y movimientos técnicos específicos. El juego de balonmano requiere realizar un gran número de acciones de alta intensidad (Chaouachi et al., 2009). Es por ello que altos niveles de fuerza y potencia muscular así como la capacidad aeróbica son importantes para la participación exitosa en la elite de las ligas de balonmano (Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau & Gorostiaga, 2007).

Entender la técnica y las demandas físicas del juego es esencial por muchas razones (Karcher & Buchheit, 2014). Para poder entender estas características es muy importante hacerlo de una manera individualizada con respecto a las diferentes posiciones que se tienen en el deporte.

Karcher & Buchheit (2014). Mencionan que la distancia total durante los partidos de balonmano muestra diferentes variaciones en los recorridos de acuerdo a las posiciones, esto debido a que la naturaleza del juego exige diferentes demandas, este tipo de factores son determinantes.

Tabla 1. Características físicas por posición.

Cualidad física	Posición			
Fuerza	Lateral	Pívot	Alas	Portero
	Hipertrofia, fuerza máxima y explosiva	Hipertrofia	Explosividad	Fuerza explosiva y reacción.
Velocidad	Distancia de sprint más corta.	Distancia de sprint más corta.	Distancia de sprint mayor.	No necesaria para el buen funcionamiento.

Somatotipo

El estado antropométrico de los jugadores es indispensable en los procesos de entrenamiento, recientes estudios de investigación que se ocupan del perfil morfológico destacan que el jugador de balonmano se caracteriza por la acumulación de cuerpo atlético y prevalencia del somatotipomesomórfico y ectomorfo, pronunciado longitudinal del esqueleto (Srhoj, Marinović, and Rogulj; 2002). Concluye que en el balonmano hay una predominancia del componente mesomórfico, esto refiere que los jugadores presentan una musculatura desarrollada, pero acompañada de un grado de adiposidad.

El somatotipo en jugadores de equipos europeos muestra un perfil mesomorfo-ectomorfo con dominancia en mesomorfia, demuestra un buen desarrollo de la musculatura con altos valores de altura y bajo porcentaje de grasa subcutánea (Urban, Kandrác, & Táaborsky, 2010). Concluyendo que el somatotipo óptimo para el desarrollo de las habilidades técnico-tácticas en jugadores de balonmano resalta la mesomorfia, es decir jugadores con un buen desarrollo muscular.

Sistemas energéticos

Los sistemas energéticos están divididos en energía aeróbica y anaeróbica, los cuales proporcionan la energía durante el ejercicio y actúan en diferentes momentos dependiendo de la intensidad y duración de este.

Energía anaeróbica: significa energía que se puede obtener de alimentos sin la utilización simultánea del oxígeno.

Energía aeróbica: significa energía que se puede obtener de los alimentos solo mediante el metabolismo oxidativo, es decir en presencia de oxígeno (Guyton, 1997).

Los sistemas energéticos son influenciados por la intensidad y tiempo de las actividades musculares, los valores de potencia y la duración de la inicial aceleración de intensa actividad muscular pueden afectar las características energéticas de toda la actividad causando cambios en el estado metabólico del cuerpo (Volkov, Tambovtseva, & Jurikov, 2012). Un parámetro indicador del

potencial del metabolismo anaeróbico, son cambios de producción de ácido láctico máximo que es capaz de alcanzar el sujeto con la ejecución de un esfuerzo supra máximo(García, Navarro, Ruiz; 1996).

Karcher and Buchheit (2014),mencionan que la estimación de la utilización del sistemaenergéticoanaeróbico se puedehacermediantemediciones de lactatoensangre, mientras que las demandasaeróbicas son estimadasmediantegrabaciones de la frecuenciacardiacaasociandoesta con el VO2.Esto debido a que el VO2 es un parámetro que nos permite evaluar la capacidad de resistencia de un sujeto ante esfuerzos de baja intensidad y larga duración (García, Navarro, Ruiz; 1996).

La demanda de un gran número de acciones de alta intensidad en jugadores de balonmano desencadenan en gran medida la glucólisis anaeróbica y tomando en cuenta la duración individual de juego por partido de 32-53 minutos las repeticiones de sprint a alta intensidad y acciones de tiro el metabolismo aeróbico se manifiesta en altos niveles (Karcher & Buchheit, 2014). Concluyendo que el balonmano es un deporte en el que es indispensable el desempeño de ambos sistemas energéticos.

Sistema nervioso autónomo

El sistema nervioso autónomo (SNA) es un sistema predominante aferente que transmite impulsos desde el sistema nervioso central a la periferia de los órganos(Freeman, 2006)es la parte del SNA que se encarga de realizar aquellas función que son de carácter involuntario (Cachadiña, Torres., & Orellana, 2012).

Sus efectos incluyen en el control de los recursos humanos tales como la fuerza contráctil del corazón, constricción y dilatación de los vasos sanguíneos, la contracción y relajación muscular en varios órganos y las secreciones glandulares. Los nervios autónomos constituyen la totalidad de las fibras eferentes que dejan el Sistema Nervioso Central, a excepción de los que inervan el músculo esquelético. Hay algunas fibras aferentes autonómicas (es decir, a partir de la periferia al SNC) que inervan los barorreceptores y quimiorreceptores de la carótida sinusal y arco aórtico, que son importantes en el control de frecuencia cardíaca, presión arterial, y la actividad respiratoria (Freeman, 2006).

El sistema nervioso autónomo tiene como principal función mantener un equilibrio interno bajo diferentes condiciones. Este a su vez se divide en sistema simpático y parasimpático, ambas divisiones actúan en conjunción con otros sistemas en la mayoría de las funciones de nuestro organismo, tanto en condiciones normales como en las de emergencia (Malik, 1996). Las divisiones del sistema simpático y parasimpático está basado en diferencias anatómicas y funcionales (Freeman, 2006).

La actividad simpática provoca excitación cardíaca, vasoconstricción, disminución de la función gastrointestinal y constricción de esfínteres entre otros, siendo pues el sistema simpático el encargado de liderar todas aquellas funciones relacionadas con algún tipo de mecanismo de estrés. Por otro lado, la actividad parasimpática provoca la respuesta opuesta a la simpática, por lo que el sistema nervioso parasimpático es aquel que predomina en situaciones de relajación (Cachadiña et al., 2012).

El aumento de la actividad simpática y la disminución de la parasimpática se asocian a niveles de fatiga tanto diaria como crónica (Tanaka et al., 2011). El buen funcionamiento de los mecanismos de alimentación y retroalimentación son esenciales para una respuesta del organismo en los cambios homeostáticos asociados con el estrés del ejercicio agudo (Farquhar & Greaney, 2015). Evidencias de investigaciones han sugerido que las actividades del sistema nervioso autónomo se ven afectadas por el ejercicio en condiciones normales y de enfermedad (Zhang, 2007). Un buen estado de condición física puede modificar la respuesta autonómica al ejercicio agudo (Farquhar & Greaney, 2015).

Las evaluaciones del sistema autonómico han jugado un papel muy importante en mostrar el rol del sistema nervioso autónomo en diversas condiciones como arritmias cardíacas, repentina muerte inexplicable, trastornos del sueño, hipertensión y obesidad (Freeman, 2006).

Una menor variabilidad de la frecuencia cardíaca es un fuerte marcador de riesgo de eventos adversos en individuos normales y en pacientes con una amplia gama de enfermedades, lo que refleja el papel vital del sistema nervioso autónomo en el mantenimiento de salud.

Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

La VFC como método no invasivo para evaluar la regulación autonómica de la frecuencia cardíaca se empezó a utilizar como finalidades diagnósticas en 1965 pero no fue aplicada en el ámbito de la medicina deportiva hasta 1966, que fue

cuando aparecieron los primeros aparatos portátiles de registro de la FC los cuales permitieron realizar mediciones de campo con la fiabilidad y calidad de los electrocardiogramas de laboratorio(Rodas & Pedret, 2008).

Por 20 años, la VFC ha sido extensamente usada como un método no invasivo para la estimación de la regulación autonómica cardiaca(Saboul et al., 2015), se define como la variación de la frecuencia del latido cardiaco durante un intervalo de tiempo definido con anterioridad (Aubert, Seps, & Beckers, 2003), nunca superior a 24 horas en un análisis de períodos circadianos consecutivos (Rodas & Pedret, 2008).

La VFC proporciona información que permite la evaluación de las interacciones entre los sistemas simpático y parasimpático por lo tanto, la VFC refleja la capacidad del corazón en diferentes demandas fisiológicas (Naranjo, et al. 2015),de tal manera que este análisis nos proporciona un estudio de la actividad del SNA sobre el corazón(de la Cruz Torres et al., 2008).

En recientes años, la VFC ha sido usada cada vez más en investigaciones médicas y psicológicas como un método para la estimación fiable de la modulación vagal de la actividad cardiaca del nodo sinusal(Kaufmann, Sütterlin, Schulz, & Vögele, 2011). Sin embargo la VFC también puede proporcionar información útil sobre la función adaptativa a un estímulo de entrenamiento dado (Martin Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, Poulos, & Bourdon, 2010).

En el ámbito deportivo uno de los primeros parámetros utilizados para el control de la capacidad funcional del deportista y su adaptación a las cargas de los entrenamientos ha sido la frecuencia cardiaca (Sánchez et al., 2013).

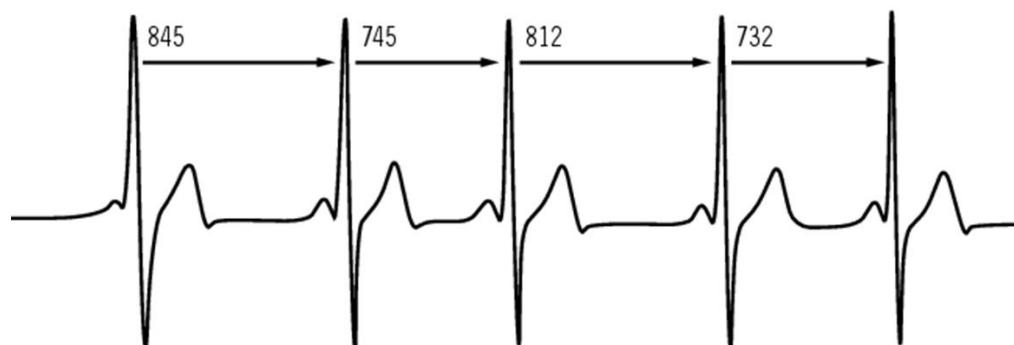


Figura 2. Figura de los intervalos RR Tomada de (www.polar.com)

La medición de la VFC es basada en el análisis de los intervalos consecutivos RR y dentro de los parámetros más utilizados para evaluar la VFC son los de dominio de tiempo. Esto puede ser medido de diferentes formas con ECG, ondas de pulso, tonos cardiacos o métodos similares. Generalmente, las medidas de la VFC pueden ser divididas en: dominio de tiempo, dominio de frecuencia, no-lineales y geométricas(Medina, 2011).

Medidas de dominio de tiempo

Pueden ser derivadas de las mediciones directas de los normales intervalos (NN intervalos) de instantáneos ritmos cardiacos o de diferencias entre NN

intervalos (Koenig, Jarczok, Wasner, Hillecke, & Thayer, 2014). Obtiene valores por estadística descriptiva tradicional como media y variación. El uso de las mediciones de dominio de tiempo para delinear la modulación autonómica de la frecuencia cardíaca es útil porque las evaluaciones de dominio de tiempo no requieren la rigurosa adquisición y crítico análisis (Millis et al., 2010).

Parámetros del dominio de tiempo

RR: Intervalo entre latido y latido.

RRSD: Es la desviación estándar de todos los intervalos RR del periodo medio. Es un indicador independiente de las frecuencias para definir el concepto de la variabilidad total.

RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos. Este parámetro informa de las variaciones a corto plazo de los intervalos RR y se utiliza para observar la influencia del Sistema Nervioso Parasimpático (SNP) sobre el sistema cardiovascular, se asocia directamente a la variabilidad a corto plazo.

SDNN: Desviación estándar de los periodos NN (o RR) con una media de medida de 5 min.

pNN50: porcentaje de intervalos RR consecutivos, que discrepan más de 50 ms entre sí un valor elevado de pNN50 nos proporciona valiosa información acerca de variaciones altas espontáneas de la FC.

Entre ellos la mejor información pronóstico es proporcionada por la desviación estándar de intervalos RR (SDRR) y el porcentaje de diferencias superior a 50 ms en intervalos sucesivos RR (pNN50). SDRR inferior a 50 ms y pNN50 inferior al 3% identifican a los pacientes con una severa disminución de VFC mientras que SDRR mayor que 100 ms y PRR50 mayor que 3% indica una normal variabilidad.

Los índices más empleados para el análisis de dominio de tiempo con grabaciones cortas son la desviación estándar de la serie de tiempo RR (SDNN) considerado como un índice general de VFC, y el de la serie de tiempo RR diferenciada (RMSSD) que se utiliza como una medida sustituta de la actividad SNP. Ambos índices trabajan de la misma manera (García, G, Fernández C, Capdevila, P & Ramos C, 2013).

Medidas de dominio de frecuencia

Las medidas de frecuencias de la VFC se obtienen a partir de una transformación matemática, habitualmente la transformada de Fourier (Rodas & Pedret, 2008). En estas medidas se utilizan métodos paramétricos y no paramétricos para analizar la densidad espectral de potencia (PDS) de la VFC permite el cálculo de los diferentes componentes espectrales de grabaciones de corto y largo plazo de la VFC. Las mediciones de corto plazo se caracterizan por tres diferentes componentes espectrales (Koenig et al., 2014).

- VLF (muy baja frecuencia): En este rango de frecuencias (0,003 a 0,04 Hz) muy bajas muestran las influencias hormonales, vaso-motoras y

termorreguladoras y también la influencia del sistema renina-angiotensina-aldosterona.

- LF (baja frecuencia): situada entre 0,04 y 0,15 Hz. es la zona más controvertida en su interpretación ya que puede atribuirse a influencias del SNS y/o a las del SNP.
- HF (alta frecuencia): Se encuentra situada entre 0,15 y 0,4 Hz. la HF está claramente relacionada con la actividad del SNP y tiene un efecto relacionado con la relajación sobre la FC. La frecuencia respiratoria también juega un papel importante en la influencia sobre este espectro de la frecuencia como se expondrá posteriormente, la frecuencia respiratoria afecta de manera significativa las medidas de la VFC). cuando cambia la frecuencia respiratoria de manera destacable también cambia el pico de HF, esto demuestra hasta qué punto es importante la influencia de la frecuencia respiratoria. el pico HF se anula con la administración de atropina.

En el caso de las grabaciones a largo plazo encontramos los siguientes componentes espectrales:

- TP (total power): potencia total. Este parámetro se considera el espectro general. Es la varianza de todas las componentes de los intervalos RR inferiores a 0,4 Hz.
- ULF (ultra lowfrequency): Abarca el rango de frecuencias inferiores a 0,003 Hz. Son más visibles en periódicos largos de medida (24 horas) y se han

asociado de manera muy significativa con el parámetro SDANN de la variable del tiempo.

Medidas no-lineales

Medidas cualitativas de la VFC, miden la estructura o complejidad de las series de intervalos RR como pueden ser una serie aleatoria, una periódica o una normal pueden tener la misma medida de SDNN, pero su estructura y organización interna pueden ser completamente distintas). Hay diversas técnicas de medidas no-lineales de la VFC, entre las que más destacan:

Diagrama de Poincaré: también llamado diagrama de dispersión, uno de los diagramas no-lineal más usados y estudiados en el registro de la VFC. Los intervalos RR se transportan a un diagrama de dispersión de 2 dimensiones. El diámetro longitudinal de la elipse describe de manera absoluta la desviación a largo plazo de la FC, y el diámetro transversal caracteriza los cambios de la FC. Con el cálculo de las desviaciones estándar de los diámetros longitudinal y transversal se cuantifican los cambios espontáneos y a largo plazo de la VFC. Los parámetros que se analizan en este diagrama son:

SD1: Desviación estándar de los intervalos ortogonales de los puntos RR_i , RR_{i+a} al diámetro transversal de la elipse, haciendo referencia al eje corto de la elipse

SD2: Desviación estándar de los intervalos ortogonales de los puntos RR_i , RR_{i+a} al diámetro longitudinal de la elipse, haciendo referencia al eje largo de la elipse.

Powerlawslope: en un análisis espectral de 24 horas en ritmo sinusal, se observa un aumento de la amplitud del espectro al disminuir la frecuencia. Esta relación se puede representar como un diagrama logarítmico donde el eje vertical representa el logarítmico de la amplitud y el eje horizontal representa el logaritmo de la frecuencia. El parámetro se obtiene a partir de la pendiente de la curva espectral resultante para muy bajas frecuencias.

HeartRateTurbulence: método analítico de reciente aparición que se basa en evaluar la dispersión (perturbación) en los intervalos posteriores a un complejo ventricular prematuro. El cálculo se realiza determinando la curva máxima de cada secuencia de 5 latidos con intervalos sin alteraciones posteriores al complejo ventricular primario(Rodas & Pedret, 2008).

Medidas geométricas

Las medidas geométricas suponen un apartado independiente, ya que se basan en la creación de histogramas confeccionados a partir de los valores RR. A partir de estos histogramas se genera un triángulo a través de la unión de la punta más alta de cada intervalo. De aquí se extrae matemáticamente el índice geométrico de la VFC, que es el área de ese triángulo dividida por el área del modal bin. El cálculo de este parámetro minimiza la influencia de los intervalos RR anómalos, de los artefactos o de los complejos ectópicos.

El estudio de la HRV en atletas ha sido considerada una valiosa herramienta para investigar cambios a largo plazo en relación con el ejercicio y la

actividad del SNA durante el ejercicio, así como para supervisar la aptitud y la frescura. (Koenig et al., 2014).

La VFC en el deporte

A lo largo del tiempo la VFC ha sido utilizada como una herramienta en la cuantificación de las cargas de entrenamiento, se han realizado investigaciones que han mostrado parámetros del comportamiento de la variabilidad en diferentes poblaciones y diferentes periodos de entrenamiento, tal como lo muestra Podstawski et al. (2014) que evaluó el impacto del nivel de actividad física sobre parámetros de la VFC tales como los de dominio de tiempo y espectral análisis antes y durante un periodo de competición, el estudio fue realizado a 11 jugadores de voleibol de primera liga analizados durante dos periodos de entrenamiento encontrando diferencias significativas en los diferentes parámetros analizados, durante la competición mostraron que hay un mayor incremento en el porcentaje de baja frecuencia (LF) por lo que concluyeron que un alto nivel de actividad física de jugadores de voleibol durante los periodos evaluados podría haber contribuido a una reducción en el tono vagal y un cambio en el equilibrio del sistema nervioso autónomo en la dirección del sistema simpático, que puede ser el resultado de sobreentrenamiento. Dellal et al. (2015) examinaron los diferentes modos de ejercicio de entrenamiento tradicionales y como afectan la función de reactivación parasimpática cardíaca en futbolistas de elite la muestra que utilizaron fueron 22 jugadores internacionales de futbol que participaban en la UEFA champions league, los jugadores desarrollaron diferentes métodos de entrenamiento incluyendo de corta duración, ejercicios intermitente, en línea o con cambios de

dirección, ejercicios de 50% 50% donde realizaban un esfuerzo máximo por el mismo tiempo de recuperación y dicho estudio reveló que función de reactivación parasimpática cardíaca varió después de los diferentes ejercicios. Por lo tanto, este estudio proporciona información interesante para el control del entrenamiento y el perfil de la recuperación de los jugadores, con el objetivo de facilitar una planificación más eficiente y la manipulación de las estrategias de recuperación de entrenamiento.

Garrido, de la Cruz, Garrido, Medina, & Naranjo(2009) analizó la VFC en reposo y tras jugar tres partidos sucesivos a un deportista masculino juvenil durante un campeonato de bádminton de máximo nivel, con el objetivo de establecer la relación entre los cambios de la VFC y la acumulación de trabajo físico en un corto periodo de tiempo encontrando que a medida que se disputan los partidos el atleta muestra un descenso progresivo de los parámetros de la VFC mientras que la frecuencia cardíaca aumenta progresivamente. Mostrando que al acumularse partidos en un torneo de bádminton de máximo nivel existe una reducción de la VFC, llegando a valores que, de tomarse en reposo, serían considerados de riesgo para la salud cardiovascular del deportista. Concluyendo que todo esto podría tener importancia en la utilización de la VFC como indicador de fatiga en los deportistas.

Bricout, DeChenaud, and Favre-Juvin (2010) realizó la estimación de los parámetros de la VFC mediante la grabación de la frecuencia cardíaca durante diferentes cargas deportivas. Los principales resultados obtenidos muestran que la VFC es una herramienta objetiva no invasiva para la monitorización de la

administración de las cargas en el entrenamiento de los jóvenes deportistas. Mostrando que bajo el efecto de un aumento de las limitaciones físicas y psicológicas que un partido de fútbol representa, la relación LF / HF se eleva de manera significativa; reflejando una mayor estimulación simpática, que más allá de ciertos límites podrían ser relevantes para prevenir la aparición de un estado de fatiga.

Mazon et al. (2013) Investigaron los efectos de las cargas selectivas del modelo de periodización sobre la modulación autonómica de la variabilidad del ritmo cardíaco (VFC) y marcadores de estrés endógenos antes y después de un período de competencia en jugadores de voleibol. El protocolo experimental para la evaluación de VFC consistió en utilizar análisis espectral de series de tiempo compuesto por los intervalos R-R derivados de electrocardiograma obtenido en la posición supina y durante la prueba de inclinación. Mostrando que la selección de las cargas en el modelo de periodización no cambió la modulación autonómica cardíaca de la VFC, pero promueven adaptaciones beneficiosas en los atletas.

Creatina quinasa

La CK es una proteína globular dimérica que consiste en dos subunidades con una masa molecular de 43-45 kDa para cada subunidad. Se amortigua ATP celular y las concentraciones de ADP catalizando el intercambio reversible de fosfato de alta energía vínculos entre la fosfocreatina y ADP producidos durante la contracción. Existen al menos cinco isoformas de CK: tres isoenzimas en el citoplasma (CK-MM, CK-MB, CK-BB), y dos isoenzimas (no sarcoméricas y

sarcoméricas) en mitocondrias que se incrementan en las miopatías mitocondriales. Estas son proteínas conocidas como tetrámeros macro-CK debido a su gran tamaño molecular de la polimerización de las isoenzimas CK-MM y CK-BB con IgG en el tipo I, y con CK mitocondrial en el tipo II. La presencia de isoenzimas macro-CK tiene valor pronóstico. Muchos estudios informaron de la presencia de Macro-CK tipo I en los pacientes que desarrollaron cardiovascular o autoinmune patologías, mientras que macro-CK tipo II se encontró en los pacientes con condiciones malignas. Las isoenzimas citoplasmáticas (CK-MM, CK-MB, CK-BB) proporcionan información específica en tejido lesionado debido a su distribución en los tejidos. CK-MM se encuentra en varios dominios de la miofibras donde el consumo de ATP es alto, y es un marcador de la enfermedad del músculo. El ejercicio extenuante que daña las células del músculo esquelético estructura a nivel de sarcolema y Z-discos resultados en un aumento de la CK total. De hecho, MM-CK es una enzima citosólica una específicamente a la miofibrilarsituada en el sarcómero, una estructura compleja que contiene al menos 28 proteínas diferentes. Cuando el ejercicio intensidad está dentro del rango normal del metabolismo, el músculo el tejido se ejerce sin cambios significativos en permeabilidad de la membrana. Sin embargo, cuando la intensidad del ejercicio excede este rango aparecen cambios de permeabilidad y enzimas en la circulación de acuerdo con la vía se ha mencionado anteriormente (Brancaccio, Lippi, and Maffulli, 2010).

La creatin quinasa (CK) es un sustrato metabólico que se encuentra en un 98 % en el tejido muscular (Montero, Peinado, Ortega, & Gross, 2006). La enzima

de la CK es encontrada en diferentes órganos clasificándose por su ubicación: CK 1 (BB) que se encuentra principalmente en el cerebro, CK 2 (MB) principalmente cardiaco y CK 3 (MM) principalmente músculo esquelético (Brancaccio, Limongelli, & Maffulli, 2006).

La CK se filtra dentro de los plasmas procedentes de las fibras músculo esqueléticas cuando estas son demandadas por repetidas e intensas contracciones. Bajo condiciones de catalismo la concentración de CK en suero muestra un mayor incremento que la concentración de suero de otras proteínas musculares. Como resultado y aun que su validez como marcador de lesión inducida por el ejercicio ha sido cuestionada, la CK ha sido extensamente usada como un marcador de la intensidad del ejercicio (Mougios, 2007).

Los niveles de creatín quinasa son dependientes de la edad, género, raza, masa muscular, actividad física y condiciones climatológicas. Los niveles de CK altos en sujetos aparentemente sanos puede correlacionarse con niveles altos de entrenamiento físico (Vetter, 2007).

Las competencias deportivas imponen una energía sustancial mecánica y cargas emocionales en los humanos, esto refleja entre otras cosas un número de propiedades biológicas y hematológicas, que muestran diferencia significativa entre atletas y no atletas en muestras sanguíneas recolectadas en reposo. La más prominente entre estas propiedades es la creatín quinasa (Mougios, 2007).

En los atletas, el estudio de la CK en reposo y después del ejercicio podría ser una herramienta importante para los entrenadores y los médicos. Los atletas

tienen mayor CK de reposo en comparación con sujetos no entrenados, probablemente debido a la mayor masa muscular y el entrenamiento diario realizado. Sin embargo, después del ejercicio, la actividad sérica CK depende del nivel de deformación: a pesar de que los atletas experimentan mayor dolor muscular cuando en comparación con los sujetos no entrenados, su actividad sérica máxima es menor (Paola Brancaccio, Maffulli, & Limongelli, 2007).

Alguna de las enzimas y proteínas comúnmente analizadas en el daño muscular inducido por el ejercicio incluye a la CK, lactato deshidrogenasa, aspartatoaminotransferasa y la mioglobina. De todos estos análisis, la actividad de la CK en plasma parece ser el mejor indicador de la gravedad del ejercicio y el efecto en el tejido (Lazarim et al., 2009).

La CK es una variable comúnmente utilizada en el control del entrenamiento, ya que algunos trabajos muestran una relación entre la CK y parámetros del entrenamiento como el volumen e intensidad (Molina et al., 2010). El comportamiento de la CK incrementa después del ejercicio y se alcanza un pico a las 24 horas pudiendo permanecer elevada de 48 a 72 horas (P Brancaccio et al., 2006).

La CK es un buen indicador a tener en cuenta en la planificación del entrenamiento de hecho, es un parámetro cada vez más demandado por los entrenadores hasta el punto de que a la fecha existen aparatos de fácil utilización. Se considera que valores superiores a 200 U/l pueden significar que la carga ha

sido excesiva, de manera que parece aconsejable se realice un entrenamiento de recuperación(Montero et al., 2006).

Los jugadores con valores de CK por debajo del límite superior probablemente pudieran exhibir respuestas musculares de adaptación específica al deporte, lo que puede permitir que los atletas jueguen con menores posibilidades de sobrecarga o lesión (Lazarim et al., 2009).

Investigaciones relacionadas con CK en el deporte

El estudio de la CK es muy amplio encontrando muchas investigaciones relacionadas específicamente en el deporte puesto que se toma como una herramienta en el control de las cargas, son muchos los deportes que han utilizado estos parámetros para medir la intensidad de las cargas en diferentes momentos tales como competencias y entrenamientos detectando posibles sobreentrenamiento. Cachadiña (2012) utilizó el análisis de CK, Urea como parámetros bioquímicos para la detección de un posible sobreentrenamiento en remeros de elite españoles , los cuales fueron analizados durante 5 días consecutivos de competencia, quienes concluyeron que aun que no existe una relación directa entre CK/urea y parámetros de VFC, ambos pueden ser indicadores de un mismo fenómeno (sobrecarga). Molina et al (2010),analizo la evolución de parámetros bioquímicos tales como la CK, urea, testosterona y cortisol y controló el entrenamiento durante cinco semanas previas a una competencia en triatletas, en este periodo, se fijó una estructura de los microciclos con un día de carga seguido de otro de recuperación. En los días posteriores a la

carga se tomaron muestras sanguíneas para analizar la concentración de los diferentes marcadores biológicos ya mencionados y el entrenamiento se controló obteniendo datos de las distancias recorridas en natación, ciclismo y carrera. Estos concluyeron que los triatletas de elite, ante un mesociclo controlado y bajo supervisión bioquímica periódica del entrenamiento no parecen percibir ni experimentar síntomas de sobre entrenamiento durante las semanas previas a una competición (McLeellan, D., & Gass, 2011). Estudio a jugadores de rugby con el objetivo de identificar marcadores bioquímicos relacionados con la fatiga después de un partido teniendo como resultado que la función neuromuscular se ve comprometida por hasta 48 horas después de los partidos. Elevada CK a pesar de la recuperación de 120 horas indican que los daños en el tejido muscular después del partido de Liga de rugby pueden persistir durante al menos 5 días posteriores al partido. Cachadiña et al., (2012) Investigó la carga de entrenamiento de 20 atletas de bádminton previo a una competición con la intención de ver la viabilidad que tiene la CK y la urea como herramienta de supervisión de las cargas, donde se determinó la CK y urea por las mañanas e inmediatamente después del entrenamiento. Los resultados mostraron que después de una semana intensiva de entrenamiento hubo un aumento significativo en la CK mientras que la urea aumentó pero no significativamente concluyendo que la CK en suero fue uno de los indicadores bioquímicos para la vigilancia de la carga de entrenamiento de los atletas de bádminton y que tanto CK como urea recuperan lentamente después de una semana de entrenamiento intensivo y entrenamiento intermitente.

Fatiga

La fatiga comprende una extensa gama de estados muy diversos que se caracterizan por el agotamiento del cuerpo y la mente a causa de un esfuerzo físico (Fernández, 2003). La mayoría de los autores que estudian la fatiga coinciden en que la fatiga es la disminución en la capacidad para generar fuerza (Place, Yamada, Bruton, & Westerblad, 2010) y la incapacidad para mantener los requerimientos de energía. Esto envuelve cambios en todos los niveles de las vías motoras, desde el cerebro hasta el trabajo muscular (Bogdanis, Papaspyrou, Theos, & Maridaki, 2007).

Madigan & Pidcoe (2003). Menciona que además de la pérdida de fuerza otro de los cambios que afecta la fatiga es la coordinación de los movimientos, precisión en los movimientos motores, tiempo de la reacción muscular y la capacidad propioceptiva, Iguchi, Tateuchi, Taniguchi, & Ichihashi, (2014), menciona que esto tiene efectos nocivos sobre el cuerpo humano, tales como el aumento de la laxitud ligamentosa y la disminución de la sensibilidad de los receptores mecánicos, dando lugar a alteraciones biomecánicas y factores neuromusculares asociadas con el riesgo de lesiones músculo esqueléticas (Kellis & Kouvelioti 2009).

La fatiga neuromuscular se acompaña a menudo por los aumentos en las calificaciones de dolor muscular y la percepción subjetiva de los marcadores de daño en el plasma, tales como la (CK) (Easthope et al., 2014).

Los atletas de elite a menudo tienen días intensos de entrenamiento o competencia pero no balancear correctamente el entrenamiento y la recuperación puede llevarlos a un estado de sobre entrenamiento lo cual puede resultar en una disminución del rendimiento, fatiga y otros síntomas(Purvis, Gonsalves, & Deuster, 2010). Una adecuada recuperación entre sesiones de entrenamiento o competencia es esencial para minimizar el riesgo de fatiga y optimizar el rendimiento, para mantener el rendimiento los atletas adoptan comúnmente estrategias como masajes, hidroterapia, compresas e inmersión en frío (Stanley, Peake, & Buchheit, 2013).

La fatiga puede ser diferenciada entre la percepción y la disminución de la capacidad para realizar alguna actividad de diferentes formas:

Fatiga central

Fatiga central se refiere a los procesos proximales, a la unión neuromuscular y la fatiga periférica de procesos iguales o distales a la misma(Kumpulainen et al., 2015). Fatiga central incluye factores supraespinales y espinal(Petersen, Hansen, Aagaard, & Madsen, 2007),se ha demostrado que el componente supraespinal de la fatiga central parece estar implicado particularmente en la reducción inducida por la fuerza de las contracciones prolongadas de baja fuerza más que esfuerzos máximos(Zghal et al., 2015).Es definida como una progresiva reducción en la activación voluntaria del músculo durante el ejercicio que puede ser originaria a nivel espinal y supra espinal(Kumpulainen et al., 2015).

Es la disminución de la activación voluntaria de los músculos por el sistema nervioso, si un músculo no recibe la entrada subóptima del SNC no será capaz de desarrollar su capacidad de fuerza máxima. A un aumento de la insuficiencia de activación central en el ejercicio se le llama fatiga central (Zwarts, Bleijenberg, & van Engelen, 2008).

Fatiga periférica

La mayoría de las investigaciones sobre la fatiga han sido realizadas a nivel periférico, se refiere a las propiedades contráctiles musculares, la transmisión y la velocidad de conducción del potencial de acción de las terminaciones nerviosas a través del sarcolema (Petersen et al., 2007). Esta se define como la disminución de la fuerza durante las contracciones, se atribuye principalmente a los cambios en los niveles de iones intracelulares que ejercen un efecto negativo sobre la fuerza contráctil. Durante la fatiga periférica, la acumulación de lactato y de potasio extracelular, junto con una disminución del pH, afecta la excitabilidad de la membrana (Zwarts et al., 2008).

Boyas & Guével (2011), mencionó que los factores implicados en la fatiga periférica incluyen alteraciones en la transmisión neuromuscular, la acción muscular para la propagación del potencial, el acoplamiento excitación-contracción y mecanismos contráctiles relacionados, la transmisión neuromuscular se define como la transformación del potencial de acción del nervio en un potencial de acción muscular y tiene lugar en la unión neuromuscular. Durante la fatiga, este mecanismo puede ser alterado por:

- Insuficientes propagación del potencial de los nervios en las terminaciones nerviosas.
- Un fallo del acoplamiento entre la excitación y la secreción de neurotransmisor en el espacio sináptico
- El agotamiento de neurotransmisores
- La liberación de neurotransmisores reducida
- Una disminución en la sensibilidad de los receptores de acetilcolina post-sinápticas y la membrana post- sináptica

Fatiga crónica

Se ha definido como una disminución de la capacidad para realizar trabajo físico y mental, agotamiento sostenido abrumador, una falta de energía, cansancio y una combinación de éstos. El sobre entrenamiento debido al estrés del ejercicio es considerado ser un tipo de síndrome de fatiga crónica (Kumae, Kurakake, Arakawa, & Uchiyama, 1998). Siendo un riesgo latente en atletas puesto que estudios epidemiológicos y experimentales indican que la fatiga combinada con extremas cargas de trabajo conduce a lesiones(Kellis & Kouvelioti, 2009).

La fatiga muscular es producida por los cambios en la unión neuromuscular debido a la menor liberación de Ca^{2+} iones, lo que provoca inhibición del desarrollo, la reducción de la amplitud de la contracción mecánica y disminución de la velocidad de conducción en las fibras musculares. La alteración de Ca^{2+} iones de liberación se debe a cambios en el pH extracelular, que depende de los mismos mecanismos centrales que impulsan la alteración de propagación

neuromuscular y la frecuencia de descarga reducida de las neuronas motoras espinales (Duque-Muñoz, Aguirre-Echeverry & Castellanos-Domínguez 2014). Una disminución del pH o incremento de la acidez, se cree que contribuye a fatiga.

Existen distintas formas para la evaluación de la fatiga, estas se pueden llevar a cabo con métodos directos e indirectos, de biológico y psicológico. Estos métodos nos brindan información valiosa para la detección de fatiga en atletas, el tipo de herramienta que se utiliza para la medición de este fenómeno depende mucho de los medios con los que se cuentan.

Métodos de medición de la fatiga

La electromiografía (EMG) es una de las técnicas que se han utilizado para estudiar la fatiga muscular (Karabulut, Cramer, Abe, Sato, & Bembem, 2010) o la resistencia de tiempo cuando el músculo no es capaz de sostener una fuerza voluntaria máxima (Lee, Shin, Kim, & Mun, 2009). La amplitud y la frecuencia de la EMG pueden reflejar la activación de la unidad motora y la acción unidad de motor potencial y velocidad de conducción respectivamente. Por lo tanto, la señal de EMG se ha utilizado para investigar los mecanismos de fatiga neuromuscular subyacente (Karabulut et al., 2010).

Por otro lado, el registro de la actividad autónoma cardíaca es un método para el monitoreo de las adaptaciones al entrenamiento y la recuperación del ejercicio (Sánchez et al., 2013). A largo plazo el incremento de la actividad parasimpática es generalmente observada durante la recuperación y muestra correlación con cambios en el rendimiento. A corto plazo los cambios en la

actividad parasimpática aparecerán para saber el tiempo de restauración de la homeostasis. Cambios en la actividad parasimpática surgen como un índice de recuperación global que refleja la respuesta aguda del cuerpo al ejercicio (Stanley et al., 2013). Una de las herramientas de mayor utilidad para la detección de fatiga en la actualidad es la VFC.

Rendimiento Físico

Cuando hablamos de rendimiento en general nos damos cuenta que este es un término relacionado a diferentes ámbitos de la vida cotidiana, por ejemplo la psicología define el rendimiento en general como la cantidad de trabajo resuelto correctamente por un individuo en un tiempo determinado, o como la cantidad y calidad de respuestas producidas (Martin, et. al. 2001). Por otro lado, no podemos describir el Rendimiento Físico (RF) sin tomar en cuenta la condición física puesto que el RF es una consecuencia del trabajo de esta.

La condición física es un componente del desarrollo de rendimiento. Se basa en primer lugar en la interacción de los procesos energéticos del organismo y los músculos, se manifiesta como capacidad de fuerza, velocidad resistencia, y también como flexibilidad; está relacionada asimismo con las características psíquicas que estas capacidades exigen la cual se logra a través del entrenamiento.

Entrenamiento deportivo

El entrenamiento es la forma fundamental de la preparación del deportista, basada en ejercicios sistemáticos, y la cual representan, en esencia, un proceso organizado pedagógicamente con el objeto de dirigir la evolución del deportista (García et al., 1996), es dirigido al desarrollo planificado de ciertos estados de rendimiento deportivo (Martin et al., 2001), el cual tiene implicaciones biológicas, psicológicas y pedagógicas, consiste en un proceso de adaptación del cuerpo a esfuerzos físicos y psicológicos significativos con el fin de obtener buenos resultados en las competiciones (Elena, Georgeta, & Cecilia, 2014). La formación de modelos de entrenamiento sigue varias leyes básicas que incluyen la relación entre la intensidad del entrenamiento y la recuperación. Los sucesivos episodios de intenso entrenamiento y la recuperación tienen criterios específicos. El modelo puede ser realizado para optimizar el rendimiento deportivo y evitar la fatiga excesiva que puede impedir la recuperación. Esto ha sido propuesto como un modelo de dos componentes antagónicos de fatiga y la adaptación (Chalencon et al., 2012).

Hay varios tipos de formación. El entrenamiento físico tiene la finalidad de la elaboración del aparato locomotor, en referencia a todas las habilidades de movimiento general y específico que un atleta tiene que realizar (Elena et al., 2014).

El entrenamiento deportivo puede ser realizado en dos niveles diferentes, los cuales muestran una relación muy estrecha con las capacidades o componentes que condicionan el rendimiento físico estos niveles son:

1. Entrenamiento general fisiológico de la condición física básica o el desarrollo de las capacidades orgánicas:

Preparación cardiovascular, preparación respiratoria y preparación neuromuscular teniendo como resultado la mejora de las capacidades físicas (fuerza, resistencia, amplitud de movimiento y velocidad).

2. Entrenamiento deportivo específico (o búsqueda del máximo rendimiento)

Preparación física especial, técnica, táctica, psicológica, biológica y teórica. (Fernández y Delgado, 2003).

Teniendo como resultado la mejora del dominio óptimo de ejecución de un gesto motor, la aplicación de los movimientos oportunamente, desarrollo de la personalidad equilibrada con ambiciones de superación, atención, concentración o motivación, recuperación a cargas de entrenamiento y el conocimiento sobre lo que se realiza. El entrenamiento para los deportes está asociado también con una serie de beneficios psicológicos y de salud

Control del rendimiento deportivo

El control del entrenamiento es un medio complejo para el estudio de la eficiencia del entrenamiento. Se trata de un proceso determinado y específico para

una prueba deportiva. El objetivo del control del entrenamiento está basado en la necesidad de contar con información de retroalimentación sobre los efectos del entrenamiento, la adecuación del diseño del proceso del mismo y el patrón de las posibilidades adaptativas de un deportista. El control del entrenamiento ha de partir del conocimiento de los factores que influyen en el rendimiento de los deportistas y de las adaptaciones de cada tipo de carga de entrenamiento generada en el organismo(Viru, 2003).

Para lograr obtener el mejor rendimiento deportivo es necesario una preparación integral, tomando como apoyo todo las herramientas que se tengan a la mano,llevando a cabo la conjunción de diversas disciplinas, entre las más comunes para la evaluación del rendimiento deportivo están las de tipo físicas, biológicas y psicológicas mismas que se realizan a través de diversas pruebas y mediciones, cada una con el objetivo de encontrar parámetros que nos brinden información acerca de los requerimientos propios de cada deportista y deporte.

Viru (2003) menciona cinco principios en el control del rendimiento deportivo

1. Es un proceso realizado con el objetivo de aumentar la eficacia del entrenamiento.
2. se basa en los cambios registrados en los deportistas durante diversas fases del entrenamiento o bajo la influencia de los principales elementos de las actividades deportivas (sesión de entrenamiento, competición, microciclos del entrenamiento).

3. es un proceso altamente específico que depende del evento deportivo, el nivel de resultados del deportista y las diferencias de edad/sexo. En consecuencia, los métodos para el control del entrenamiento deben ser escogidos específicamente para el suceso concreto y las características personales de cada deportista.
4. cualquier método o medición realizados tiene sentido en el control del entrenamiento si proporcionan información fiable relacionada con la tarea que está siendo controlada.
5. la información obtenida partir de las mediciones realizadas debe ser comprensible; es decir, debe ser científicamente válida para poder realizar las necesarias correcciones en el diseño del entrenamiento.

Control físico

La utilización de la valoración física en los deportes es una herramienta imprescindible para mejorar el rendimiento, la cual puedes ser llevada a cabo por medio de evaluaciones de las exigencias físicas en la competición, mismas que nos ofrecen datos para establecer la media del perfil general de los atletas. Todos los deportes tienen requerimientos diferentes es por ello que el control del rendimiento físico debe ser tomando en cuenta de acuerdo a estas diferencias

El control físico consiste en medir y evaluar objetivamente las cualidades que son la base de una determinada función humana y en deportistas las

funciones valoradas serán aquellas que contribuyen a un óptimo rendimiento motor en la competición deportiva (Terrerros, 2003).

Numerosos test de laboratorio y campo han sido desarrollados para evaluar el rendimiento físico en los deportes (Krustrup et al., 2003)

Control biológico

El control bioquímico es una parte del control del entrenamiento, y consiste en obtener los valores de los parámetro metabólicos y/u hormonales que permiten obtener una información más profunda sobre los procesos adaptativos en el organismo del deportista, y que a su vez son de utilidad para la solución de las tareas que intervienen en el control del entrenamiento (Viru, 2013).

En la práctica de la medicina del deporte los objetivos de la valoración funcional suelen ser asistenciales y el más frecuente es el control y evaluación del entrenamiento (Terrerros, 2003).

El empleo de técnicas de valoración funcional permite un diagnóstico fiable de las capacidades del deportista basado en datos objetivos. Para ello hay que elegir test de valoración bien contrastada y que midan variables con comportamiento conocido en función de las fuentes energéticas puestas en acción. Como referencia se comparan valores individuales con los datos estadísticos de deportistas de diferentes niveles, edad y sexos; otro sistema es el de modelos, empleando como referencia los datos correspondientes a valoraciones de deportistas de éxito (Terrerros, 2003).

El control del rendimiento deportivo se puede a cabo por medio de diferentes test de valoración física, de tipo general o específicos a la disciplina que se requiera evaluar.

Pruebas para las diferentes capacidades físicas, estas pueden ser específicas al deporte

Capítulo 2. Metodología

Tipo de estudio

Es un estudio no experimental de tipo transeccional descriptivo (Hernández-Sampieri, 2014).

Población y muestra

La muestra fue constituida por 14 jugadores de balonmano del equipo representativo varonil de Tigres de la U.A.N.L. Los sujetos del estudio fueron informados del procedimiento a seguir al inicio del estudio, y una vez que aceptaron, firmaron una carta de consentimiento informado. Tuvo como sede las instalaciones de la Universidad Autónoma de Nuevo León para la universiada nacional siendo esta la competencia fundamental más importante del equipo durante su ciclo anual. Esta investigación contó con la aprobación del comité de bioética COBICIS (COBICIS-801/2015/124-01HCG) en Investigación en Ciencias de la Salud (ver anexo 1).

Criterios de Inclusión

- Ser jugador legible para la universiada 2015
- No contar con alguna lesión o patología que pudiera alterar el resultado de los análisis
- Aprobar en su totalidad el examen de aptitud física

- Asistencia y realización de todas las pruebas o análisis que requiera la investigación

Criterios de Exclusión

- No aceptar las condiciones del estudio
- Incumplimiento de alguna de las pruebas o análisis

Variables

Dependientes

Marcadores fisiológicos (VFC) y marcadores biológicos (CK).

Independientes

La competencia- ejercicio

Métodos

Procedimiento

Al inicio del estudio a cada participante se le realizó un expediente médico y personal, en el cual contenía datos tales como: nombre completo, edad, fecha de nacimiento, así como también información correspondiente a la posición que desempeña, años de práctica, estado antropométrico, e historial clínico.

La competencia fundamental la cual se estudio fue la universiadaque se llevó a cabo durante el mes de abril de 2015. A todos los sujetos se les

realizaron pruebas de VFC y CK antes de iniciar la competencia, al final de la competencia, a las 24h, 48h y 72 horas terminada la competencia.

Determinación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca

El monitoreo se realizó en un ambiente controlado (iluminación, niveles de perturbación acústica, radiación electromagnética controlada). Utilizando el dispositivo Polar Team 2 en la opción de R-R (latido a latido) con 10 bandas WearLinkwindPolar (Polar Electro OY, Kempele, Finland), cuales se colocan en el tórax de cada atleta. Esto durante 15 minutos en posición supina. El análisis de los datos se llevará a cabo en un software informático Kubios (ver anexo) (versión 2.0 University of Kuopio, Kuopio, Finland).

Se controlarán los hábitos que pudieran altear el resultado de la VFC tales como: descanso, ingesta de sustancias estimulantes, ingesta de alimento previa a la medición, situación emocional, etc. Las medidas de la VFC se realizarán por la mañana ya que en estos periodos resulta mejor herramienta para valorar la fatiga acumulada, ya que refleja mejor los cambios en el sistema nervioso autónomo de acuerdo a las recomendaciones de la TaskForce (1996).

Las variables analizadas son los que se basan en el dominio del tiempo, entendiendo por variables de tiempo los diferentes parámetros estadísticos que resultan de la medición electrocardiográfica de los intervalos NN normales. Estos intervalos NN normales son analizados estadística y matemáticamente para obtener los distintos parámetros. La SDNN es la desviación estándar de todos los intervalos NN del periodo medio, es un indicador independiente de las frecuencias

para definir el concepto de la variabilidad total, rMSSD es la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos. Este parámetro informa de las variaciones a corto plazo de los intervalos NN y se utiliza para observar la influencia del sistema nervioso parasimpático sobre el sistema cardiovascular, pNN50 mide el porcentaje de los intervalos NN consecutivos que discrepan en más de 50 milisegundos entre sí, un valor elevado de pNN50 proporciona valiosa información acerca de las variaciones altas espontáneas de la frecuencia cardíaca (Rodas & Pedret, 2008).

Determinación de la CreatinKinasa.

Protocolo de toma de muestras

Se limpia el área con una sustancia antiséptica (etanol al 70%) permitiendo su secado completamente, se punza con una lanceta al costado izquierdo del dedo, para posteriormente recoger 500 µl de sangre en un tubo heparinizado (microtainer), manteniéndolo en movimientos suaves para evitar su coagulación, se coloca el tubo en la centrífuga a 3000 rpm durante 3 minutos, una vez separado el plasma en la centrífuga se toman 30 µl con una micropipeta automática para colocarse en la tira reactiva específicamente en la zona roja reactiva, cuidando no tocar dicha área, una vez realizado este proceso se coloca la tira reactiva en el reflotron para su lectura, el proceso de lectura dura dos minutos para arrojar el dato final de la concentración de CK en plasma.

Realización del test.

Material necesario adicionalmente (no suministrado por el equipo): ReflotronInstrument; micropipeta automática con un rango de 20 a 200uL y puntas de pipetas, centrífuga clínica, equipo normal de laboratorio para la extracción de sangre.

El aparato confirma con el mensaje “CK” que el código magnético específico del test ha sido leído correctamente. Los segundos transcurridos hasta la aparición del resultado son indicados en visualización digital. La actividad de la CK es evaluada y automáticamente calculada con la ayuda de una función y factores de conversión transferidos al equipo por la banda magnética que se encuentra en cada portareactivo. En función del ajuste del aparato en una unidad convencional o SI y la temperatura de referencia, se indica la actividad enzimática para 25°C, 30°C ó 37°C en U/l o $\mu\text{kat/l}$. retirar el portareactivos usando y eliminarlo de acuerdo con las disposiciones válidas como material biológico.

La eventual alinealidad de la curva de reacción es indicada en el display mediante el signo * antes del resultado de la medición.

Análisis estadístico

Los datos son presentados en estadística descriptiva, para la prueba de normalidad de los datos se utilizó el test Kolgomorov-Smirnov, posteriormente mediante métodos no paramétricos se utilizó la prueba de Friedmann y Wilcoxon. Todas las pruebas estadísticas serán realizadas mediante el SPSS versión 21.

Resultados

En la tabla 3 se presentan las características físicas de los atletas analizados.

Tabla 3.

Características físicas de los jugadores.

Variables	M ± SD
Edad	22 ± 1.8
Peso	84 ± 14
Estatura	1.8 ± 0.06

Los valores son presentados en media ± desviación estándar

En la tabla 4 se presentan los variables de dominio de tiempo de la VFC y los ejes del diagrama de Poincare, así como los valores de la CK en cada toma.

Tabla 4.

Descriptivos de las variables de la VFC y de la CK (media±DE).

	BASAL	PRECOMPETENCIA	FINAL	24 HORAS	48 HORAS	72 HORAS
MRR	942.38 ± 324.89	932.17 ± 122.96	849.56 ± 120.08	976.95 ± 274.39	1060.96 ± 134.71	1014.60 ± 219.33
SDNN	127.68 ± 74.15	73.27 ± 38.80	61.98 ± 26.08	94.46 ± 27.20	117.96 ± 78.75	106.05 ± 42.10
rMSSD	111.3 ± 87.24	60.15 ± 38.06	47.25 ± 36.40	78.50 ± 28.66	86.51 ± 44.26	97.54 ± 51.98
PNN50	40.4 ± 24.54	29.32 ± 19.17	21.48 ± 21.27	34.30 ± 15.74	35.65 ± 19.17	61.98 ± 71.14
SD1	78.58 ± 61.78	42.57 ± 26.92	33.3 ± 25.79	55.57 ± 20.28	61.23 ± 31.31	69.03 ± 36.79
SD2	160.66 ± 88.01	93.71 ± 49.35	80.20 ± 28.99	226.19 ± 409.43	153.04 ± 108.88	131.92 ± 49.94
CK	181.57 ± 160.5	239.42 ± 163.6	685.5 ± 700.8	552.29 ± 555.90	317.8 ± 302.29	195.14 ± 143.1

Los valores son presentados en media ± desviación estándar

En la MRR no se encontraron diferencias significativas en ninguna toma realizada durante el estudio. Se observa en la toma final los valores más bajos de esta variable, tras un periodo de recuperación regresa a los valores normales.

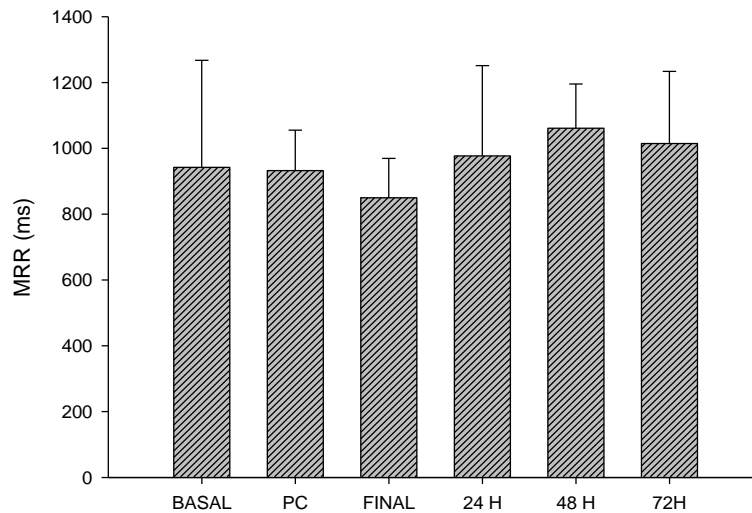


Figura 3. Comportamiento de la MRR en las diferentes tomas.

Con respecto a la SDNN únicamente se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la toma final con respecto a la toma basal. Los valores estables se pueden observar a las 72 horas finalizada la competencia.

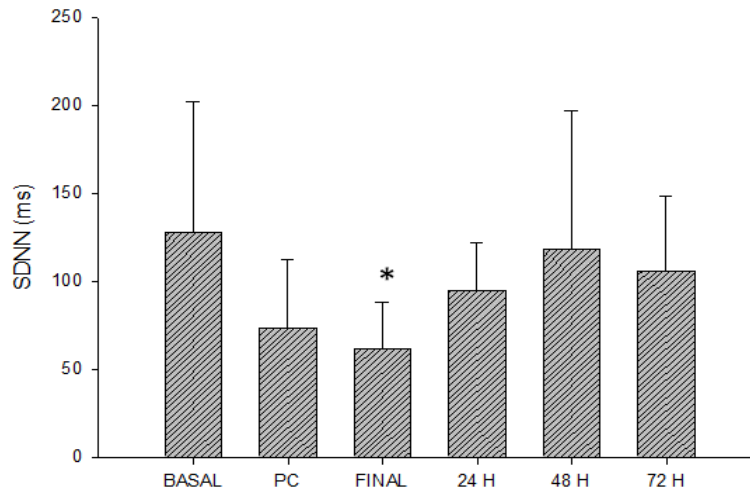


Figura 4. Comportamiento de la SDNN en las diferentes tomas.

La rMSSD también mostro diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la toma final con respecto a la toma basal. Esta variable también muestra un comportamiento similar a la anterior, en donde a las 72 horas se encuentran los valores más estables des pues de una semana de competencia.

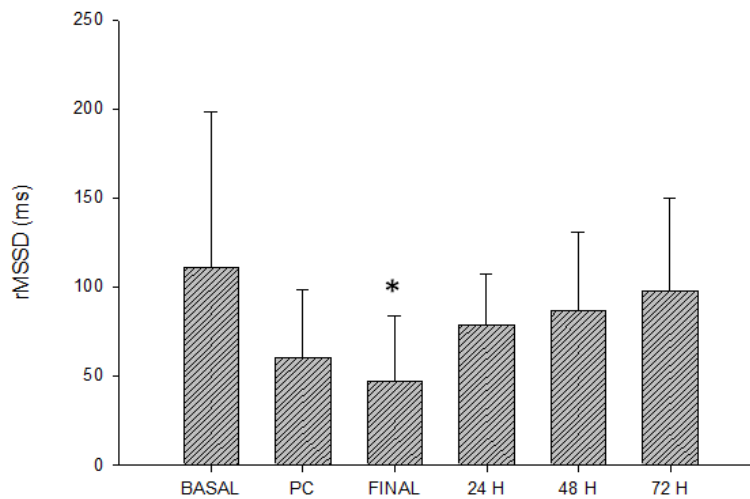


Figura 5. Comportamiento de la rMSSD durante las diferentes tomas.

La pNN50 no mostro diferencia significativa en ninguna de las tomas realizadas durante el estudio.

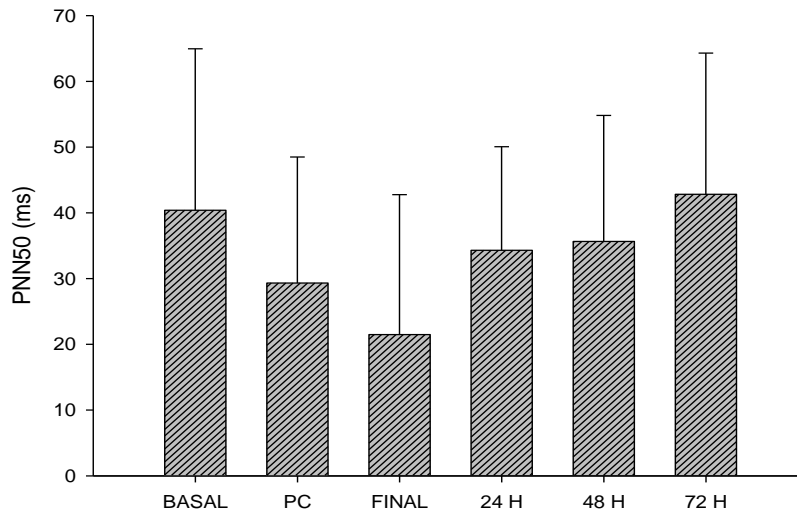


Figura 6. Comportamiento de la pNN50 en las diferentes tomas.

La SD1 encuentra diferencia significativa ($p < 0.01$) en la toma final con respecto a la toma basal

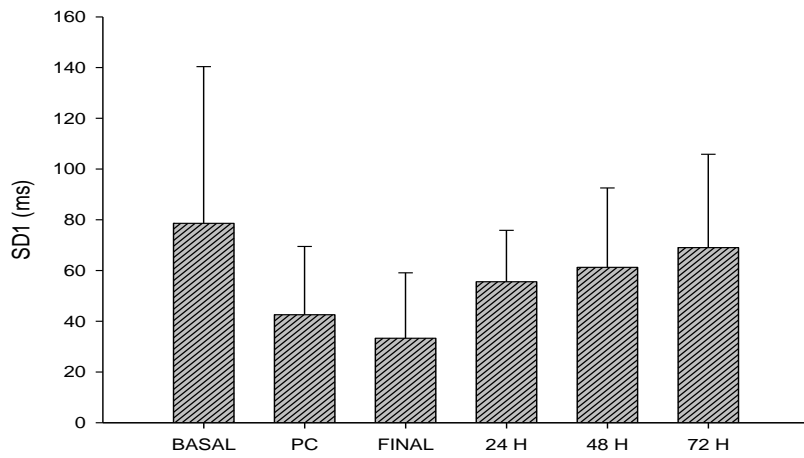


Figura 7. Comportamiento de la SD1 en las diferentes tomas.

En SD2 también encontramos diferencia significativa ($p < 0.01$) en la toma final con respecto a la toma basa.

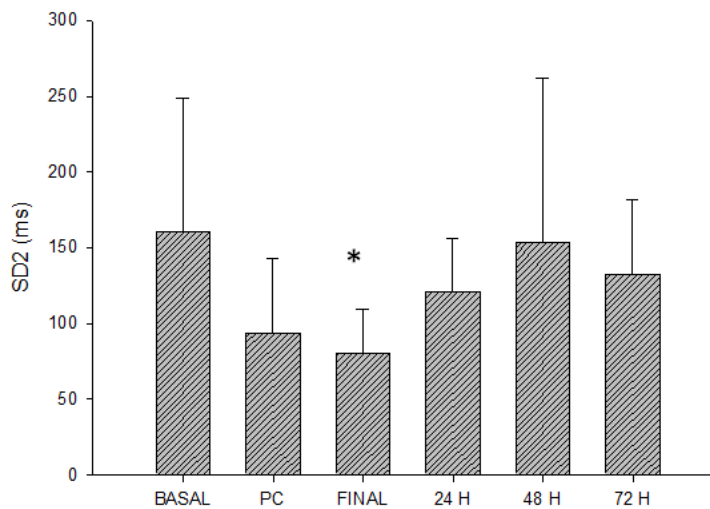


Figura 8. Comportamiento de la SD2 en las diferentes tomas

La CK se utilizó como indicador de la carga provocado por la competencia, encontramos diferencias significativas en la toma final y 24 horas con respecto al inicio ($p < 0.01$) y en la toma de las 24 horas, 48 horas y 72 horas con respecto a la toma final ($p < 0.01$).

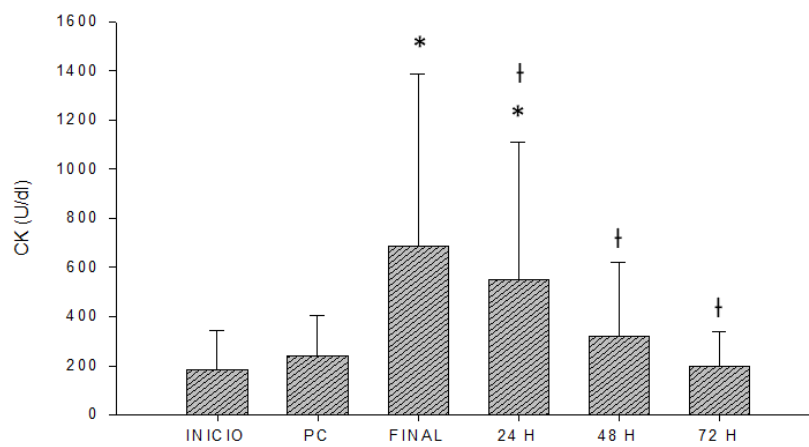


Figura 9. Comportamiento de la CK durante las diferentes tomas.

Discusión

La principal dirección de este trabajo fue observar el comportamiento de la VFC a través del método del dominio de tiempo y métodos no lineales en atletas de balonmano durante una competencia fundamental y su recuperación tras la acumulación de fatiga por los partidos jugados.

Dentro del método de dominio de tiempo las variables más estudiadas son rMSSD y la SDNN las cuales son indicadores de la actividad parasimpática, mismas que en nuestro estudio tienen un comportamiento de disminución al finalizar la competencia con respecto a los valores basales del estudio, evidenciando una baja de la actividad parasimpática, resultados similares fueron encontrados por Naranjo y cols(2015) en 22jugadores de futbol profesionales los cuales fueron evaluados durante una temporada de 11 meses, mostrando que también disminuyen los valores de estas variables (rMSSD y SDMM) tras la aparición de fatiga por la acumulación de las cargas. En el estudio de Garrido y cols, (2009) analizaron a un deportista masculino juvenil durante un campeonato mundial de bádminton de máximo nivel, cuyo propósito fue ver la relación entre los cambios de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la acumulación de trabajo físico en un corto periodo de tiempo, mostrando que a medida que se disputan los partidos las variables de dominio de tiempo tal como la rMSSD y la SDNN disminuyen respecto a las tomas realizadas en reposo concluyendo que tras el cumulo de partidos durante una competencia existe una reducción de los valores de la VFC provocando una disminución de la actividad parasimpática, a diferencia de nuestra investigación esta no realiza un monitoreo de la recuperación para

determinar el tiempo del retorno del dominio de la actividad simpaticovagal y los valores basales de la VFC, en este estudio tampoco realizan análisis estadístico para la determinación de significancias entre las tomas lo cual nos impide ver el momento en el que la fatiga tubo la mayor disminución de VFC. Por otro lado Saboul(2011) realiza un estudio piloto para la cuantificación de las cargas de entrenamiento mediante el uso del TRIM como método objetivo, el RPE como método subjetivo y evaluando también la VFC restringiéndose solamente la variable rMSSD puesto que es especialista en las mediciones de corta duración y en la medición de la modulación vagal aplicado a 11 corredores de larga distancia bien entrenados los cuales se sometieron a evaluaciones durante 4 entrenamientos experimentales con diferentes porcentajes de intensidad que iban desde el 70% al 100%, particularmente la variable de la rMSSD encontraron una disminución tras 5 minutos de finalizar la aplicación de la carga de entrenamiento y regresando a los valores pre sesión a los 30 minutos post ejercicio solamente a la intensidad del 70% mientras en las siguientes sesiones los valores disminuían nuevamente tras los 5 minutos post sesión respecto a la toma pre sesión sin embargo estos no volvían a los valores pre sesión pasados 30 minutos, lo cual podría indicar que los atletas requieren de un mayor tiempo de recuperación tras el cumulo de cargas de entrenamiento además de esto buscaron una relación con dos métodos diferentes para la cuantificación del entrenamiento encontrando que la variable de la rMSSD puede ser un método para la cuantificación del entrenamiento.

Si bien sabemos que los valores de estas variables de VFC tienden a disminuir tras el cumulo de cargas de entrenamiento, no siempre se encuentran diferencias significativas como en el caso de Podstawski et al., (2014) quien evaluó parámetros de VFC como los de dominio de tiempo a 11 jugadores de volibol durante pre competencia y competencia con el objetivo de ver el impacto de la actividad física sobre la VFC quienes tuvieron disminuciones en el periodo de competencia respecto a la pre competencia en las variables de dominio de tiempo como rMSSD y la R-R sin embargo al momento de analizar los datos estadísticamente no encontraron diferencias significativas, excepto en la variable pNN50 donde si encontraron una disminución significativa, caso contrario al de este estudio donde no se encuentra diferencia la variable de la pNN50 y si en la rMSSD.

Por otro lado Garrido y colaboradores(2011) en un estudio muy similar al de nosotros analiza la VFC en reposo y tras la acumulación de 3 partidos de bádminton consecutivos jugados en un corto periodo de tiempo (2 a 3 días) donde la muestra fue conformada por 11 mujeres y 8 hombres bajo el objetivo de evaluar el efecto de la fatiga acumulada además si existían diferencias entre hombres y mujeres. Los parámetros del dominio de tiempo fueron significativamente más bajos tras los partidos respecto a la situación basal, pero sin diferencias entre hombres y mujeres en ninguno de los parámetros en las cuatro evaluaciones, respecto a los diámetros de SD1 y SD2 también tuvieron valores más bajos tras los partidos y sin diferencia entre hombres y mujeres, aunque este estudio es muy similar en nuestro estudio no encontramos diferencias en todas las variables pero

coincidimos en que la mayor significancia es al finalizar los juegos respecto a la toma basal.

Dentro de nuestros resultados encontramos que al aumentar las cargas de entrenamiento hay un descenso de la VFC en las variables de la rMSSD y la SDNN mismos que posterior a una recuperación pasiva de 72 horas estos aumentan pudiendo llegar a valores basales, resultados que son respaldados por la investigación de Leme et al., (2015) que analizan la influencia de un fin de semana con descanso pasivo sobre la VFC en jugadores profesionales de balonmano tras una semana de entrenamiento a los cuales se les realizaron mediciones el día viernes después de la carga semanal de entrenamiento y el lunes 72 horas después de la recuperación pasiva y los cuales determinaron que los jugadores de balonmano fueron beneficiados tras el descanso pasivo, aumentando la actividad parasimpática debido a la reduciendo en los valores de dominio de tiempo en las variables de la rMSSD y SDNN.

Leme et al., (2015) nos dice que una sobrecarga acompañada de una recuperación insuficiente aumenta el riesgo de un sobre entrenamiento manifestándose a través de una reducción de la modulación del sistema nervioso autónomo cardiaco y un incremento de los marcadores inflamatorios en la sangre por lo que consideramos que la Información que encontramos sirve como referencia para la determinación de la recuperación en la utilización de la VFC.

Dentro de la variable de la CK como indicador de la intensidad y la acumulación de fatiga se encontraron aumentos significativos en la toma final

respecto a los valores basales, como también una disminución de los mismos en las tomas posteriores a la final lo cual nos indica que tras el cese de la actividad intensa los valores comienzan a disminuir pudiendo recuperar los valores basales con un tiempo aproximado de 72 horas, en el estudio de (McLeellan et al., 2011) identifico marcadores neuromusculares, biológicos y endocrinos de fatiga en atletas de rugby tras un partido, en el cual la CK aumenta progresivamente hasta 24 horas pos partido empezando a disminuir a las 48 horas y regresando a valores basales 120 horas pos partido.

Los valores de CK aumentarán después de un entrenamiento o competencia de alta intensidad y por el contrario en los valores de VFC disminuirán, como lo reporta Sarabia(2012) en su estudio realizado a 11 remeros del equipo nacional sub 23 masculino español, los cuales fueron sometidos durante 5 días consecutivos en un periodo competitivo a un análisis basado en mediciones de CK/ UREA y VFC quienes muestran que los valores de CK aumentan tras la aplicación de las cargas de entrenamiento, sin embargo aún que los valores tienen la misma tendencia de aumentar, estos discrepan con nuestros resultados siendo más altos en los periodos de competencia, lo que atribuimos a las diferencias en las características del deporte teniendo en el balonmano un mayor daño muscular por el contacto que el juego requiere, notando también que dentro de este estudio las muestras de CK se realizaban solo durante la mañana y no posteriores al ejercicio. Chen et al., (2011) analizó 7 levantadores de pesas después de un entrenamiento con el objetivo de encontrar mediciones fiables para la determinación de la recuperación tras la aplicación de cargas de entrenamiento,

en dicho estudio se realizaron evaluaciones de VFC y CK encontrando como en nuestro estudio que los valores de la CK tras 72 horas de recuperación disminuyen regresando a niveles basales, aunque en este estudio también realizaron un análisis de la VFC no discutimos nuestros resultados de VFC por el hecho de utilizar diferente método (dominio de frecuencia).

Limitaciones

Dentro de las limitaciones de este estudio principalmente encontramos que no hubo un control de la carga interna de los atletas debido a que el estudio fue realizado durante competencia y el reglamento no permite la utilización de pulsómetros por la seguridad de los jugadores, en nuestro estudio evaluamos a 14 atletas de balonmano donde las sustituciones son ilimitadas y no todos tienen el mismo tiempo efectivo de juego, por lo cual se podrían dar sesgos en los datos al realizar promedios con jugadores con mayor participación en los partidos, otra de las limitaciones de nuestro estudio fue que por las dificultades de evaluar durante una competencia no hubo una determinación en el horario para la toma de muestras de variabilidad.

Conclusiones

Como conclusiones tenemos que la medición de la CK es un marcador biológico de gran utilidad como un indicador de la carga provocado por una competencia, sin embargo la practicidad de este marcador en el campo es de difícil acceso por el alto costo de los reactivos y equipo especializado de laboratorio para su análisis.

Concluimos que tras la acumulación de fatiga por una competencia la VFC se ve afectada en diferentes variables tales como la rMSSD y la SDNN las cuales sufren una disminución provocando un desequilibrio entre el sistema nervioso simpático-vagal, dominando la actividad simpática, además que posterior a tres días de descanso la VFC recupera sus valores basales.

La VFC es un método no invasivo de fácil acceso y de utilización en el campo y su principal aplicación en el ámbito deportivo es la de un marcador de estados de carga y recuperación.

REFERENCIAS

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(7), 517–538.
<http://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Med*, 33(12), 889–919. <http://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00003>
- Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Theos, A., & Maridaki, M. (2007). Influence of resistive load on power output and fatigue during intermittent sprint cycling exercise in children. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 313–320. <http://doi.org/10.1007/s00421-007-0507-7>
- Boyas, S., & Guével, A. (2011). Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaptation mechanisms. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54(2), 88–108.
<http://doi.org/10.1016/j.rehab.2011.01.001>
- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., & Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 96–97.
<http://doi.org/10.1136/bjism.2005.020719>
- Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 48(6), 757–767.
<http://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179>
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81-82(1), 209–230.

<http://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>

Bricout, V. A., DeChenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, *154*(1-2), 112–116.

<http://doi.org/10.1016/j.autneu.2009.12.001>

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M. J., Poulos, N., & Bourdon, P. (2010). Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *109*(5), 869–878. <http://doi.org/10.1007/s00421-010-1422-x>

Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... Coutts, A. J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(6), 550–555.

<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.003>

Cachadiña, E. S., Torres., de la C., & Orellana, J. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatin kinasa, urea y variabilidad de la frecuencia cardiaca en remeros de élite españoles. *Archivos de Medicina ...*, *29*, 952–958. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4538352>

Chalencon, S., Busso, T., Lacour, J. R., Garet, M., Pichot, V., Connes, P., ... Barth??l??my, J. C. (2012). A Model for the Training Effects in Swimming Demonstrates a Strong Relationship between Parasympathetic Activity, Performance and Index of Fatigue. *PLoS ONE*, *7*(12), 1–10.

<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0052636>

Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari,

- K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157.
<http://doi.org/10.1080/02640410802448731>
- Chen, J. L., Yeh, D. P., Lee, J. . p., Chen, C. Y., Huang, C. Y., Lee, S., ... Kuo, C. H. (2011). PARASYMPATHETIC NERVOUS ACTIVITY MIRRORS RECOVERY STATUS IN WEIGHTLIFTING PERFORMANCE AFTER TRAINING. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1546–1552.
- de la Cruz Torres, B., López López, C., & Naranjo Orellana, J. (2008). Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise: a study in healthy people and cardiac patients. *British Journal of Sports Medicine*, 42(9), 715–720. <http://doi.org/10.1136/bjism.2007.043646>
- Dellal, A., Casamichana, D., Castellano, J., Haddad, M., Moalla, W., & Chamari, K. (2015). Cardiac parasympathetic reactivation in elite soccer players during different types of traditional high-intensity training exercise modes and specific tests: Interests and limits. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(4), 1–10.
<http://doi.org/10.5812/asjism.25723>
- Duque-Muñoz, L., Aguirre-Echeverry, C. A., & Castellanos-Domínguez, G. (2014). EEG rhythm analysis using stochastic relevance. *IFMBE Proceedings*, 41, 658–661. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-00846-2>
- Easthope, C. S., Nosaka, K., Caillaud, C., Vercruyssen, F., Louis, J., & Brisswalter, J. (2014). Reproducibility of performance and fatigue in trail running. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 207–211.
<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.009>

- Elena, S., Georgeta, N., & Cecilia, G. (2014). Traditional and Modern Means of Recovery in Sports: Survey on a Sample of Athletes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 117, 498–504.
<http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.252>
- Ernst, G. (2014). Heart rate variability. Springer London.
- Farquhar, W. B., & Greaney, J. L. (2015). Autonomic exercise physiology in health and disease. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 188, 1–2.
<http://doi.org/10.1016/j.autneu.2014.11.001>
- Fernández, B, Delgado, M. (2003). La Preparación Biológica en la formación integral del deportista. Barcelona. Editorial Paidotribo.
- Freeman, R. (2006). Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clinical Neurophysiology*, 117(4), 716–730. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.09.027>
- García-gonzález, M. A., Fernández-chimeno, M., Capdevila, L., Parrado, E., & Ramos-castro, J. (2013). An application of fractional differintegration to heart rate variability time series. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 111(1), 33–40. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.02.009>
- Garcia, J, Navarro, M, Ruiz, J. (1996). Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo. Madrid. Editorial Gymnos, S.L.
- Garrido, A., de la Cruz, B., Garrido, M. A., Medina, M., & Naranjo, J. (2009). Medicina del Deporte. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, Vol. 2, Núm. 3, Septiembre, 2009, 2(2), 70–74. <http://doi.org/10.1016/S1888->

7546(14)70058-9

Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. (2007).

Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Female Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860–867. <http://doi.org/10.1055/s-2007-964989>

Guyton, A. C., (1997). Tratado de Fisiología Médica. Editorial McGRAW-HILL

INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 9 edición.

Iguchi, J., Tateuchi, H., Taniguchi, M., & Ichihashi, N. (2014). The effect of sex and

fatigue on lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity during unanticipated side-step cutting. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(1), 41–48. <http://doi.org/10.1007/s00167-013-2526-8>

Issurin, V. (2012). Entrenamiento Deportivo Periodización en Bloques. Barcelona.

Editorial Paidotribo.

Karabulut, M., Cramer, J. T., Abe, T., Sato, Y., & Bembien, M. G. (2010).

Neuromuscular fatigue following low-intensity dynamic exercise with externally applied vascular restriction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 440–447. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.06.005>

Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with

special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44, 797–814.

<http://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>

Kaufmann, T., Sütterlin, S., Schulz, S. M., & Vögele, C. (2011). ARTiiFACT: a tool

for heart rate artifact processing and heart rate variability analysis. *Behavior Research Methods*, 43(4), 1161–70. <http://doi.org/10.3758/s13428-011-0107-7>

- Kellis, E., & Kouvelioti, V. (2009). Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *19*(1), 55–64.
<http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.08.002>
- Koenig, J., Jarczok, M. N., Wasner, M., Hillecke, T. K., & Thayer, J. F. (2014). Heart Rate Variability and Swimming. *Sports Medicine*, *44*(10), 1377–1391.
<http://doi.org/10.1007/s40279-014-0211-9>
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., ... Bangsbo, J. (2003). The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(4), 697–705.
<http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>
- Kumae, T., Kurakake, S., Arakawa, H., & Uchiyama, I. (1998). A study for prevention of chronic fatigue. part 2. effects of strenuous physical exercise performed in a training camp on serum enzyme activity levels and subjective fatigue. *Environmental Health and Preventive Medicine*, *3*(2), 89–95.
<http://doi.org/10.1007/BF02931790> [doi]
- Kumpulainen, S., Peltonen, J., Gruber, M., Cresswell, A., Peurala, S., Linnamo, V., & Avela, J. (2015). The effect of paired associative stimulation on fatigue resistance. *Neuroscience Research*, *95*, 59–65.
<http://doi.org/10.1016/j.neures.2015.01.015>
- Lazarim, F. L., Antunes-Neto, J. M. F., da Silva, F. O. C., Nunes, L. A. S., Bassini-Cameron, A., Cameron, L. C., ... de Macedo, D. V. (2009). The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian

- National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 85–90. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.004>
- Lee, K. Y., Shin, K. Y., Kim, H. S., & Mun, J. H. (2009). Estimating muscle fatigue of the biceps Brachii using high to low band ratio in EMG during isotonic exercise. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 10(3), 147–153. <http://doi.org/10.1007/s12541-009-0060-x>
- Leme, L. C., Oliveira, R. S., de Paula Ramos, S., Nakamura, F. Y., Milanez, V. F., & Leicht, A. (2015). the Influence of a Weekend With Passive Rest on the Psychological and Autonomic Recovery in Professional Male Handball Players. *Kinesiology*, 47(1), 108–114. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=103662472&login.asp&site=ehost-live&scope=site>
- Madigan, M. L., & Pidcoe, P. E. (2003). Changes in landing biomechanics during a fatiguing landing activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(5), 491–498. [http://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00037-3](http://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00037-3)
- Malik, M. (1996). *Heart rate variability*. *European Heart Journal* (Vol. 17). <http://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Martin, D, Carl, K, Lehnertz, K. (2001). *Manual de Metodología del Entrenamiento Deportivo*. Barcelona. Editorial Paidotribo.
- Mazon, J., Gastaldi, A., Di Sacco, T., Cozza, I., Dutra, S., & Souza, H. (2013). Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(1), 114–120. <http://doi.org/10.1111/j.1600->

0838.2011.01357.x

- McLeellan, C. P., D., L., & Gass, G. C. (2011). MARKERS OF POSTMATCH FATIGUE IN PROFESSIONAL RUGBY LEAGUE PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 1030–1039.
- Medina, M. (2011). Heart Rate Variability After Three Badminton Matches . Are There Gender Differences ?, 257–264.
- Millis, R. M., Austin, R. E., Hatcher, M. D., Bond, V., Faruque, M. U., Goring, K. L., ... DeMeersman, R. E. (2010). Association of body fat percentage and heart rate variability measures of sympathovagal balance. *Life Sciences*, 86(5-6), 153–157. <http://doi.org/10.1016/j.lfs.2009.11.018>
- Molina, V. D., Martínez, E. D., Peinado, A. B., Benito, P. J., Calderón, F. J., & Sampedro, J. (2010). Control biológico del sobreentrenamiento en un mesociclo precompetitivo en triatletas de élite: un estudio piloto. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 27(135), 31–40.
- Montero, F. J., Peinado, P. J., Ortega, a, & Gross, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, II, 65–87.
- Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 674–678. <http://doi.org/10.1136/bjism.2006.034041>
- Naranjo, J., & Cruz, B. D. Ia. (2015). Heart Rate Variability: a Follow-up in Elite Soccer Players Throughout the Season. ... *Journal of Sports ...*, 881–886. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/med/26140687>
- Orellana, J. N., De La Cruz Torres, B., Cachadi??a, E. S., De Hoyo, M.,

- & Domínguez Cobo, S. (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 452–457.
<http://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0235>
- Petersen, K., Hansen, C. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2007). Muscle mechanical characteristics in fatigue and recovery from a marathon race in highly trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 385–396. <http://doi.org/10.1007/s00421-007-0504-x>
- Place, N., Yamada, T., Bruton, J. D., & Westerblad, H. (2010). Muscle fatigue: From observations in humans to underlying mechanisms studied in intact single muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 1–15. <http://doi.org/10.1007/s00421-010-1480-0>
- Podstawski, R., Boraczyński, M., Nowosielska-Swadźba, D., & Zwolińska, D. (2014). Heart rate variability during pre-competition and competition periods in volleyball players. *Biomedical Human Kinetics*, 6(1), 19–26. <http://doi.org/10.2478/bhk-2014-0004>
- Purvis, D., Gonsalves, S., & Deuster, P. A. (2010). Physiological and Psychological Fatigue in Extreme Conditions: Overtraining and Elite Athletes. *PM and R*, 2(5), 442–450. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.03.025>
- Rodas, G., & Pedret, C. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: conceptos, medidas y relación con aspectos clínicos (parte II). *Archivos de Medicina Del ...*, (Parte II), 119–127.
- Saboul, D., Balducci, P., Millet, G., Pialoux, V., & Hautier, C. (2015). A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice.

European Journal of Sport Science, (February 2015), 1–10.

<http://doi.org/10.1080/17461391.2015.1004373>

Sánchez, J. M., Romero, E. P., & Ortís, L. C. (2013). Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento. *Revista de Psicología Del Deporte*, 22(2), 345–352.

Srhoj, V., Marinović, M., & Rogulj, N. (2002). Position specific morphological characteristics of top-level male handball players. *Collegium Antropologicum*, 26(1), 219–227.

Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Consecutive days of cold water immersion: Effects on cycling performance and heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology*, 113(2), 371–384.

<http://doi.org/10.1007/s00421-012-2445-2>

Tanaka, M., Mizuno, K., Yamaguti, K., Kuratsune, H., Fujii, A., Baba, H., ... Watanabe, Y. (2011). Autonomic nervous alterations associated with daily level of fatigue. *Behav Brain Funct*, 7, 46. <http://doi.org/10.1186/1744-9081-7-46>

Terreros, F, Navas, F, Gomez, M, Aragonés, M. (2003). Valoración Funcional Aplicaciones al entrenamiento deportivo. Madrid. Editorial Gymnos.

Urban, F., Kandrác, R., & Táaborsky, F. (2010). Anthropometric Profiles and Somatotypes of National Teams at the 2010 Men's 20 European Handball Championship. *EHF Web Periodicals*, (October 2015), 21. Retrieved from <http://www.eurohandball.com/publications>

Vetter, N. (2007). Editor's Choice. *British Medical Bulletin*, 84(1), 1–4.

<http://doi.org/10.1093/bmb/ldm035>

Villegas, J. A. G., Farbiarz, J. F., & Montoya, D. L. Á. (1999). Análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. *Iatreia*, 12(2), pág-94.

Volkov, N., Tambovtseva, R., & Jurikov, R. (2012). Metabolic states in athletes during alternate intense muscular activity. *Human Physiology*, 38(4), 402–409.
<http://doi.org/10.1134/S0362119712040159>


Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: Relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 11–20.
<http://doi.org/10.1007/s00421-013-2745-1>

Zghal, F., Cottin, F., Kenoun, I., Reba??, H., Moalla, W., Dogui, M., ... Martin, V. (2015). Improved tolerance of peripheral fatigue by the central nervous system after endurance training. *European Journal of Applied Physiology*.
<http://doi.org/10.1007/s00421-015-3123-y>

Zhang, J. (2007). Effects of exercise and custom-made orthotics on blood pressure and heart rate variability: a randomized controlled pilot study. *Journal of Chiropractic Medicine*, 6(2), 56–65. <http://doi.org/10.1016/j.jcme.2007.04.002>

Zwarts, M. J., Bleijenberg, G., & van Engelen, B. G. M. (2008). Clinical neurophysiology of fatigue. *Clinical Neurophysiology*, 119(1), 2–10.
<http://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.09.126>

Anexos.

 **UANL**
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN CIENCIAS DE LA SALUD CIDCS

Dictamen del Comité de Bioética, COBICIS
Resolución del Comité de Ética / Bioética


Dr. Germán Hernández Cruz
Investigador Principal

**Protocolo: "EFECTO DE UNA DIETA RICA EN POLIFENOLES
SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN EN ATLETAS
UNIVERSITARIOS"**

COBICIS-A-2.0-2010
Versión 03.2 (3-abril-2014)
Vigencia a partir de 3-abril-2014

COBICIS
Comité de Bioética en
Investigación en
Ciencias de la Salud
CONBIOETICA 1 CEI 01920131218
COFEPRIS 103300538X0322

2015


COBICIS
CIDCS-UANL

Monterrey, N.L. a 03 de marzo de 2015

Oficio E-801-001-2015
Asunto: Resolución COBICIS
Hoja 1 / 2**RESOLUCIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA / BIOÉTICA****Dr. Germán Hernández Cruz**
Investigador Principal
Presente.-

REFERENCIA: "EFECTO DE UNA DIETA RICA EN POLIFENOLES SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN EN ATLETAS UNIVERSITARIOS" Protocolo FOD-01-2015. Versión 2.0. Fecha 3-mar-2015. Modalidad y Grupo de la Investigación (COFEPRIS): "A-I". Sitio: Facultad de Organización Deportiva, Folio de Protocolo de Investigación COBICIS 801/2015. Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud, COBICIS, Folio COMBIOÉTICA: 19-CE-01520131218. Dictamen Favorable COBICIS: 801/2015/124-01-HCG. Investigador Principal: Dr. Germán Hernández Cruz. Correo-e: german.hernandez@uanl.mx. Patrocinador: PROMEP, UANL

En cumplimiento a las Buenas Prácticas Clínicas, le informamos:

El Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud del Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud de la UANL, ha evaluado el siguiente documento por Usted sometido:

- 1) **Protocolo:** "EFECTO DE UNA DIETA RICA EN POLIFENOLES SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN EN ATLETAS UNIVERSITARIOS". Versión 2.0, 3-mar-2015
- 2) **Consentimiento Informado:** Versión 2.0, 3-mar-2015
- 3) **Manual del Investigador:** Versión 2.0, 3-mar-2015
- 4) **Tríptico de reclutamiento:** Versión 1.5, 3-mar-2015

Resolución:

Aprobado. Dictamen Favorable. Folio: COBICIS-801/2015/124-01HCGComité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud
COBICIS
COMBIOÉTICA 19CE01520131218 18-Dic-2013
COFEPRIS 803004310322 11-Oct-2010
ID02090982, FWA0017877, IRB00098268Campus de Ciencias de la Salud
Av. José Z. Guzmán y Av. Dr. Carlos Cuatrecasas (Bisagras) s/n
Cd. Salud Centro Monterrey, Nuevo León, México C.P. 64460
Teléfono: +52 (51) 1346 422 ext. 1702 y 1710

Oficio E-801-2015
Asunto: Resolución COBICIS
Hoja 2 / 2

Esta resolución cumple con el apartado 3.1.2 de la Conferencia Internacional de Armonización (ICHM) sobre requerimientos técnicos para el registro de productos farmacéuticos para uso en humanos, Guía Tripartita armonizada de la Conferencia Internacional de Armonización, Lineamientos para la Buena Práctica Clínica (GCP) Artículos 99, 100 y 105 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, México

Toda vez que el protocolo original, así como la carta de consentimiento informado sufran modificaciones, éstas deberán someterse para su re-aprobación.

Atentamente



COBICIS
Comité de Ética en
Investigación
CIDICS, UANL
CONBIOÉTICA
19-CEI-01920131218

Dr. med Eloy Cárdenas Estrada
Presidente del Comité de Bioética en
Investigación en Ciencias de la Salud

Esta Resolución queda registrada ante el Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud con el Folio: **COBICIS-801/2015/124-01HCG**

REFERENCIA: "EFECTO DE UNA DIETA RICA EN POLIFENOLES SOBRE EL ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMACIÓN EN ATLETAS UNIVERSITARIOS" Protocolo FOD-01-2015, Versión 2.0, Fecha 3-mar-2015, Modalidad y Grupo de la Investigación (COFEPRIS): "A-I", SÍMBOLO: Facultad de Organización Deportiva, Folio de Protocolo de Investigación CIDICS 801/2015, Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud, COBICIS, Folio CONBIOÉTICA: 19-CEI-01920131218. Dictamen Favorable COBICIS: 801/2015/124-01-HCG, Investigador Principal: Dr. Germán Hernández Cruz, Correo-e: german.hernandez@uanl.mx . Patrocinador: PROMEP, UANL

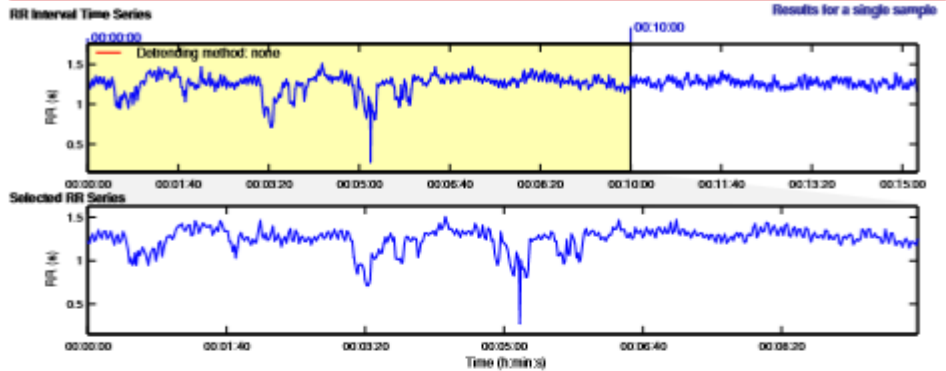
C.c.p. Archivo COBICIS
ECE/888



Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud
COBICIS
CONBIOÉTICA 19CEI01920131218 19-Dic-2015
COFEPRIS 1920861280222 19-Oct-2015
IDIC000082, PNU00017077, 30000000302

Comité de Ciencias de la Salud
Dr. José E. Hernández y Dr. Carlos Coronado (Médicos) c/o
C/A. Blanca Cordero Martínez, Plaza Luján, Monterrey, C.P. 64460
Teléfono: +52 (81) 3340-4075 ext. 1788 y 1742

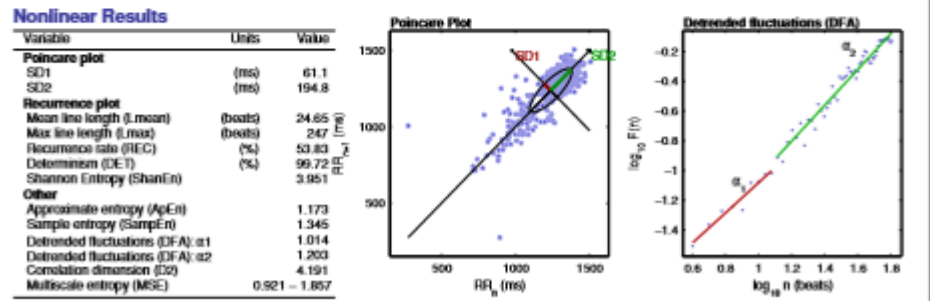
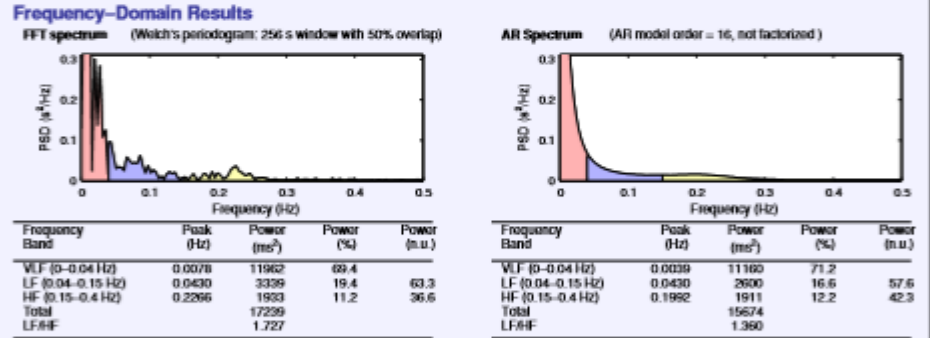
HRV Analysis Results



Time-Domain Results

Variable	Units	Value
Mean RR*	(ms)	1238.2
STD RR (SDNN)	(ms)	144.2
Mean HR*	(1/min)	49.47
STD HR*	(1/min)	10.26
RMSSD	(ms)	86.4
NN50	(count)	234
pNN50	(%)	48.4
RR triangular index		20.167
TINN	(ms)	410.0

Distributions*



*Results are calculated from the non-detrended selected RR series.