



## **Universidad de Concepción del Uruguay Centro Regional Rosario**

### **Facultad Ciencias de la Comunicación y de la Educación**

# **EFFECTO DE LA PRIVACIÓN DE 24 HORAS DE SUEÑO SOBRE EL MÁXIMO CONSUMO DE OXÍGENO ESTIMADO A TRAVÉS DE LA PRUEBA COURSE NAVETTE EN FUTBOLISTAS AMATEURS**

Tesina aspirante a lograr el Ciclo de Licenciatura en Educación Física con Orientación en Ciencias del Ejercicio

Autor: BOHL Mariano Adolfo.  
Profesor de Ed. Física

Tutor: ROMANI Carlos Adrián.  
Máster en Ciencias del Deporte

Gualeduaychú, Octubre de 2018

## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	Pág. 06
Glosario	Pág. 07
Introducción	Pág. 10
CAPÍTULO I	
Planteo del problema	Pág. 12
Objetivo general	Pág. 15
Objetivos específicos	Pág. 15
Justificación	Pág. 16
CAPÍTULO II	
Revisión de la literatura	Pág. 18
Antecedentes	Pág. 18
Marco teórico	Pág. 23
Funciones del sueño	Pág. 23
Etapas del sueño	Pág. 26
Ciclo circadiano	Pág. 29
Resistencia	Pág. 30
Continuum energético	Pág. 31
Course Navette	Pág. 34
CAPÍTULO III	
Hipótesis general	Pág. 37
Operacionalización de la variable	Pág. 38
Metodología aplicada	Pág. 39
Población y muestra	Pág. 39

Material y método	Pág. 40
Procesamiento de la información y análisis de los datos.	Pág. 42
CAPÍTULO IV	
Análisis e interpretación de los resultados	Pág. 43
Discusión	Pág. 45
Conclusiones	Pág. 58
Recomendaciones	Pág. 49
Bibliografía	Pág. 50

## LISTA DE TABLAS

Figura 1. Factores dietéticos y relación con el sueño	Pág. 25
Figura 2. Resumen sueño REM y NREM	Pág. 28
Figura 3. Interrelación de sistemas energéticos	Pág. 32
Figura 4. Planilla prueba Course Navette	Pág. 36
Figura 5. Esquema de experimento y variables	Pág. 39
Figura 6. Representación gráfica del terreno a utilizar	Pág. 41
Figura 7. Planilla registro grupo experimental	Pág. 43
Figura 8. Planilla registro grupo control	Pág. 43
Figura 9. Datos estadísticos	Pág. 44
Figura 10. Diagrama de cajas y bigotes	Pág. 44
Figura 11. Cuadro comparativo VO <sub>2</sub> máx. en relación a parámetros de referencia.	Pág. 44

## **ANEXOS**

Anexo 1. Consentimiento informado Pág. 57

Anexo 2. Estudios previos: Privación de sueño y merma en el rendimiento aeróbico. Pág. 58

Anexo 3. Estudios previos: Privación de sueño y estabilidad en el rendimiento aeróbico. Pág. 59

Anexo 4. Fotos de la realización de la prueba Course Navette en las instalaciones del Club Black River Pág. 69

## RESUMEN

Ante la evidencia empírica y científica que constata la reducción en la cantidad de horas de sueño en deportistas previo a competiciones o eventos importantes, y la percepción de los mismos, que la reducción no influye de manera negativa en la performance deportiva surgió la inquietud de determinar si la privación de sueño afecta el consumo máximo de oxígeno, parámetro trascendental para el rendimiento óptimo del cualquier disciplina o deporte.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar si la privación de 24 horas de sueño reduce el consumo máximo de oxígeno estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en futbolistas amateurs de la segunda división del Club Black River de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú en el año 2018.

Con un diseño de tipo cuasiexperimental debido a la falta de aleatorización en la selección de la muestra, participaron 16 futbolistas masculinos con una edad comprendida entre los 18 a los 28 años, de la primera división del club Black River el cual se encuentra en la segunda división del fútbol en la Liga de fútbol de Gualeguaychú en el año 2018. Los participantes fueron asignados aleatoriamente para conformar el grupo control: 8 futbolistas descansaron ad libitum (descanso habitual), dejando a consideración de los mismos la cantidad de horas destinadas al sueño; mientras que, el grupo experimental se constituyó por 8 futbolistas que dejaron pasar 24 horas desde su último despertar, es decir, privación de 24 horas de sueño.

Concluyendo que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), para seguir profundizando sobre la temática se recomienda: la medición directa del VO<sub>2</sub> máx; el uso de alguna otra prueba indirecta para la estimación del consumo máximo de oxígeno, una muestra futbolística con un historial deportivo más desarrollado o que provengan de alguna disciplina o deporte diferente, o bien la posibilidad de realizar privaciones parciales de sueño.

**Palabras claves:** privación, sueño, consumo máximo de oxígeno, prueba Course Navette.

## GLOSARIO

*Ácido gama aminobutírico:* es un aminoácido no proteico, es el principal neurotransmisor inhibitorio en el sistema nervioso central (SNC).

*Alfa-lactoalbúmina:* es una proteína del suero de la leche que puede encontrarse en la leche de la mayoría de las hembras.

*Circunducciones:* movimiento circular o semicircular de una extremidad alrededor del eje del cuerpo. Movimiento circular de una extremidad o del ojo.

*Colinérgico:* dicese de las estructuras nerviosas que se activan o estimulan, a través de la acetilcolina.

*Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.):* la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo.

*Cortisol:* hormona glucocorticoide sintetizada por la glándula suprarrenal que tiene efectos sobre el metabolismo de los glúcidos, aumentando la gluconeogénesis, los lípidos y las proteínas. También actúa en la homeostasis del agua y los electrolitos y la supresión del sistema inmune.

*Eje hipotálamo-pituitario-adrenal:* es un conjunto complejo de influencias directas e interacciones retroalimentadas entre el hipotálamo, una parte del cerebro hueca con forma de fuelle, la glándula pituitaria, una estructura en forma de haba localizada bajo el hipotálamo y la glándula adrenal o suprarrenal, una glándula pequeña, pareada y de forma piramidal localizado en la parte superior de los riñones.

*Electrocardiograma (ECG):* gráfico o trazo que representa la actividad eléctrica del corazón.

*Electroencefalograma (EEG):* registro gráfico de la actividad eléctrica generada por la corteza cerebral.

*Electromiograma (EMG):* registro gráfico de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos

*Electrooculograma (EOG):* estudio de los movimientos oculares a partir de la respuesta miográfica obtenida con electrodos cerca de los músculos de los ojos.

*Función somática:* comprende un complejo organismo consistente en centros de recepción y proceso, cuya función es producir modalidades de estímulo tales como el tacto, la temperatura, la propiocepción (posición del cuerpo) y la nocicepción (dolor).

*Galanina:* Péptido de 29 aminoácidos, presente en el sistema nervioso central y periférico, que posee efectos moduladores del comportamiento alimentario, especialmente de la ingesta de grasas, así como un efecto estimulante de la liberación de la hormona de crecimiento e inhibidor de la respuesta de insulina a la administración de glucosa.

*Glucocorticoides:* son hormonas secretados por las células de las capas fascicular y reticular de la corteza suprarrenal que actúan sobre el metabolismo intermedio de las grasas y las proteínas en el organismo.

*Histamina:* amina idazólica que se encuentra involucrada en las respuestas locales del sistema inmune. La histamina desempeña una función en la quimiotaxis de glóbulos blancos como los eosinófilos. Además, también regula funciones fisiológicas en el estómago y actúa como neurotransmisor en el sistema nervioso central.

*Imágenes hipnagógicas:* es una alucinación auditiva, visual y/o táctil que se produce poco antes del inicio del sueño

*Metionina:* aminoácido esencial no polar que contiene azufre.

*Neurotransmisores:* Sustancias bioquímicas liberadas por las neuronas que actúan sobre otras neuronas o más raramente sobre otros tipos de células (como las células musculares).

*Noradrenalina:* catecolamina con múltiples funciones fisiológicas y homeostáticas y que puede actuar como hormona y como neurotransmisor en los nervios adrenérgicos posganglionares.

*Núcleo supraquiasmático:* es el centro principal de regulación de los ritmos circadianos

*Orexina:* Las orexinas o hipocretinas son péptidos, pequeñas moléculas compuestas por cadenas de aminoácidos.



*Resistencia:* es la facultad de efectuar durante un tiempo prolongado, una actividad con una intensidad dada, sin disminución de la eficacia.

*Sensación subjetiva de esfuerzo (SSE):* es un indicador volitivo muy extendido para medir la intensidad percibida durante la realización de actividades que requieren esfuerzo físico.

*Serotonina:* monoamina neurotransmisora sintetizada en las neuronas serotoninérgicas del sistema nervioso central y en las células enterocromafines del tracto gastrointestinal que se encarga de regular el apetito, equilibrar el deseo sexual, controlar la temperatura corporal, la actividad motora y las funciones perceptivas y cognitivas.

*Sistema endocrino:* es el conjunto de órganos y tejidos del organismo, que segregan un tipo de sustancias llamadas hormonas, que son liberadas al torrente sanguíneo y regulan algunas de las funciones del cuerpo.

*Sistema inmunológico:* es la defensa natural del cuerpo contra las infecciones, como las bacterias y los virus. A través de una reacción bien organizada, su cuerpo ataca y destruye los organismos infecciosos que lo invaden.

*Triptófano:* aminoácido esencial para el hombre que se encuentra en la mayoría de las proteínas.

*Vigilia:* Situación de estar despierto.

## INTRODUCCIÓN

Para alcanzar el óptimo rendimiento en el accionar deportivo es necesaria una adecuada recuperación, condición básica del principio de supercompensación y recuperación para que el deportista pueda llegar a cumplir con los objetivos propuestos. La recuperación consiste en un proceso básico de regeneración y reequilibrio celular que tiene lugar tras las modificaciones sufridas por realizar actividad física, una inadecuada recuperación puede repercutir en precipitar la fatiga ante cualquier tipo de esfuerzo físico limitando la eficiencia del mismo.

Un aspecto sustancial que asegura una efectiva recuperación es la calidad y cantidad de horas destinadas al sueño (las recomendaciones sobre la cantidad de sueño se sitúan alrededor de 8 horas diarias cada noche Ordóñez, F. M. et al 2017) factor que puede ser infravalorado por el deportista, o bien puede ser perturbado dando como resultado la reducción en la cantidad horas de sueño.

Ante la vivencia propia del autor en su carrera deportiva, reportes anecdóticos de dirigidos y colegas, sumado a trabajos de investigación como los publicados por Erlacher, D. et al 2011 y Juliff, L. et al 2015 que informan sobre la reducción de horas de sueño previo a un evento o competencia importante, y la percepción de los mismos, que la reducción no influye de manera negativa en la performance deportiva se desprende el interrogante de la posible consecuencia del descanso inadecuado puede ejercer en una población deportiva representativa a la ciudad de Gualeguaychú, Entre Ríos; escogiendo por el deporte más popular de la ciudad, el fútbol, y su posible efecto sobre el consumo máximo de oxígeno, parámetro trascendental para el rendimiento del deporte en cuestión.

Para introducirnos a la temática se realizó una revisión bibliográfica buscando la posible relación entre la reducción en la cantidad de horas de sueño y su posible efecto en la resistencia, capacidad condicional de la Educación Física no encontrando bibliografía concluyente (Martin, B. 1981; Martin, B. and Gaddis, G. 1982; Symons, J. et al 1988; Goodman J. et al 1989; Hi, C. 1991; Sinnerton, S. and Reilly, T. 1992; Cabral de Oliveira, A. 2002; Davenne, D. 2007; Ricardo, J. et al 2008; Azboy, O. and Kaygisiz, Z. 2009; Oliver, S. et al 2009; Van Helder, T. and Radomski, M. 2012; Arbi Mejri, M. et al 2013; Konishi, M. et al 2013; Thun, E. et al

2015; Mejri, M. et al 2016). Estos hallazgos significan que el alcance, la influencia y los mecanismos de la pérdida del sueño que afectan el rendimiento aeróbico siguen siendo contradictorios.

Partiendo del postulado que la privación de 24 horas de sueño reduce el consumo máximo de oxígeno en deportistas adultos amateurs; y ante la imposibilidad de contar con equipos para la medición directa del consumo máximo de oxígeno, se impulsó la implementación de la prueba indirecta Course Navette por su adaptación a las particularidades de la muestra y contexto, además de su alto índice de validez y fiabilidad.

El trabajo de investigación posee un enfoque cuantitativo, con alcance correlacional, y un diseño de tipo cuasiexperimental por la direccionalidad de la muestra, incluyendo al total de jugadores del plantel de primera división del Club Black River perteneciente a la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú; luego de ajustarse a los criterios de inclusión/exclusión la muestra quedó conformada por 16 futbolistas. El presente estudio tiene como objetivo:

Determinar si la privación de 24 horas de sueño reduce el consumo máximo de oxígeno estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en futbolistas amateurs del Club Black River de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEO DEL PROBLEMA**

El sueño es un estado natural caracterizado por la disminución de la actividad motora voluntaria, con un descenso en la respuesta a estímulos (Vilamitjana, J. 2014). Existe una estrecha interrelación entre los procesos de sueño y el estado general de salud física y psicológica de una persona. La cantidad necesaria de sueño en el ser humano está condicionada por factores que dependen del organismo, del ambiente y del comportamiento.

Las recomendaciones sobre la cantidad de sueño se sitúan alrededor de 8 horas diarias cada noche, dependiendo del periodo de la vida en el que encuentre la persona (Miró, E. et al 2002; Kripke, D. et al 2002; Ordóñez, F. M. et al 2017); Es algo muy frecuente que los deportistas no descansen lo que realmente necesitan debido a las demandas del estilo de vida contemporáneo, donde hay una significativa reducción del tiempo del ocio, el descanso y un aumento en el número de entrenamientos, competiciones, presiones del entorno social y el estrés devenido de ello; autores como Savis, J. 1994; García Mas, A. et al 2003; García Ucha, F. et al 2003; Juliff, L. et al 2015; Agüero, S. et al 2015 informan que los atletas de elite duermen menos horas antes de la competición; adicionalmente los atletas de elite consideran poco importante el sueño para el éxito en la competición (Erlacher, D. et al 2011; Juliff, L. et al 2015; Rouba, I. 1999).

El desarrollo de la condición física es un factor decisivo para el rendimiento deportivo, la mejora de la salud y calidad de vida. Uno de los factores determinantes de la condición física es la resistencia (Lee, D. et al 2010; García, G. et al 2013) dependiendo del uso predominante de una vía metabólica u otra distinta, para el aporte en la producción de energía podemos clasificarla en capacidad aeróbica o potencia aeróbica (Pradet, M. 1999), centrándonos en el último parámetro podemos definirla como un esfuerzo de máxima intensidad con una duración aproximada en torno a los 3-6 minutos; su valoración se expresa a través del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx). La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera al VO<sub>2</sub>máx como el mejor indicador del estado cardiorrespiratorio.

Teniendo en cuenta la evidencia del descanso inadecuado de los atletas y la importancia del VO<sub>2</sub> máx. como un factor determinante en el rendimiento deportivo, se realizó una búsqueda de trabajos de investigación, en los cuales, se observó que no existen resultados concluyentes en lo que respecta a la privación de sueño y su influencia en el rendimiento aeróbico (Martin, B. 1981; Martin, B. and Gaddis, G. 1982; Symons, J. et al 1988; Goodman J. et al 1989; Hi, C. 1991; Sinnerton, S. and Reilly, T. 1992; Cabral de Oliveira, A. 2002; Davenne, D. 2007; Ricardo, J. et al 2008; Azboy, O. and Kaygisiz, Z. 2009; Oliver, S. et al 2009; Van Helder, T. and Radomski, M. 2012; Arbi Mejri, M. et al 2013; Konishi, M. et al 2013; Thun, E. et al 2015; Mejri, M. et al 2016). Estos hallazgos significan que el alcance, la influencia y los mecanismos de la pérdida del sueño que afectan el rendimiento aeróbico siguen siendo contradictorios.

Se han propuesto diversas pruebas indirectas para determinar el VO<sub>2</sub> máx; a través de caminar y/o correr aplicando relaciones establecidas de esta capacidad condicional con la frecuencia cardíaca durante el ejercicio o bien con la carga de trabajo que se realiza. (Carrera de la milla, carrera de los 12 minutos, test de 1000 metros, Harvard, Yo-Yo test, Course Navette, etc.) (Alarcón, N. 2011). Ante la necesidad de evaluar con un método que se adapte a los requerimientos particulares de la muestra seleccionada: futbolistas amateurs de la segunda división del Club Black River de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú, con las implicancias que eso conlleva: jugadores con una pobre formación de base en su desarrollo infantojuvenil hasta la actualidad, escasas sesiones de entrenamientos, hábitos perjudiciales para el rendimiento deportivo, etc. y del contexto: necesidad de una evaluación fácil en su ejecución, de bajo costo y mínimos requerimientos, se optó por la utilización de la prueba indirecta Course Navette para la estimación del VO<sub>2</sub> máx. por su alto índice de validez y fiabilidad; justificando estudiar los posibles consecuencias de un descanso inadecuado en futbolistas amateurs para poder luego dejar plasmado un estudio que sirva como referencia a profesores, entrenadores e interesados que trabajen en el deporte o como estudio para seguir profundizando independientemente del resultado.

El presente trabajo se plantea:

¿La privación de 24 horas de sueño influye sobre el consumo máximo de oxígeno estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en 16 futbolistas del Club Black River de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú en el año 2018?

## **OBJETIVO GENERALES**

Determinar si la privación de 24 horas de sueño reduce el consumo máximo de oxígeno estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en futbolistas amateurs del Club Black River de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar una revisión bibliográfica que acredite los posibles efectos de la privación de sueño sobre el rendimiento aeróbico.

Analizar las diferentes pruebas indirectas para la estimación del VO<sub>2</sub> máx. seleccionando la que más se adapte a las particularidades de la muestra y contexto (índole amateur).

Cotejar el VO<sub>2</sub> máx. obtenido por la prueba indirecta Course Navette de los futbolistas amateurs del Club Black River de la segunda categoría de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú con parámetros de referencia.

Comparar el VO<sub>2</sub> máx. estimado a través de la prueba indirecta Course Navette entre futbolistas amateurs del Club Black River de la segunda categoría de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú con una privación de 24 horas de sueño y con descanso habitual.

## JUSTIFICACIÓN

Es consideración de este autor destacar los reportes en la reducción de horas de sueño previo a una competencia o evento importante en deportistas amateur que alegan confesar a su círculo más íntimo; los principales problemas que aducen para conciliar el sueño son los pensamientos sobre la competencia y el nerviosismo.

Se efectuó una revisión bibliográfica con el propósito de hallar investigaciones que indaguen sobre el sueño previo a una competición importante en deportistas, encontrando material referido exclusivamente a atletas de elite: Un estudio publicado por Erlacher, D en el 2011 investigó la prevalencia de problemas de sueño en 632 atletas de elite alemanes de diversos deportes antes de una competencia o juego importante; reportando que el 68.8% de los atletas experimentan una reducción del sueño en la noche/s antes de un evento deportivo al menos una vez en sus vidas y un porcentaje similar 62.3% tuvo esta experiencia al menos una vez durante el último año (Erlacher, D. et al 2011).

También Juliff, L. en el 2015 estudió el sueño previo a una competencia importante en 283 atletas australianos (futbol, tenis, natación, básquet, gimnasia, ciclismo, etc.) reportando que el 64% de los participantes indicaron que habían dormido peor de lo normal en la noche (s) antes de una competencia o juego importante en los últimos 12 meses, además el 27.7% de los atletas experimentan trastornos del sueño durante los períodos de entrenamiento intenso. Sin embargo el 46.6% creían que esto no tenía influencia en su rendimiento. Concluyendo que se necesita más investigación sobre los efectos de la pérdida aguda del sueño en el rendimiento deportivo. (Juliff, L. et al 2015). Estudios con menos participantes exponen similares resultados (García-Mas, A. & Aguado, F. J. 2007; García Ucha, F. et al 2003; Savis, J. C. 1994).

Ante la evidencia en la reducción en la cantidad de horas de sueño en deportistas previo a competencias o eventos importantes, y la percepción de los mismos, que la reducción no influye de manera negativa en la performance deportiva surge la inquietud de indagar sobre los posibles efectos de la privación de sueño en una población representativa de la ciudad en cual ejerzo mis labores, optando por el deporte más popular de la ciudad, el fútbol, y su posible efecto sobre el consumo



“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

máximo de oxígeno, parámetro trascendental para el rendimiento del deporte en cuestión.

Los resultados del estudio contribuirán a conocer el posible efecto que podría causar la privación de sueño sobre el VO<sub>2</sub> máx. en futbolistas amateurs del Club Black River de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú en el año 2018.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **ANTECEDENTES**

Existe una tendencia a afirmar que la privación del sueño no tiene una influencia directa sobre la potencia anaeróbica. Trabajos científicos como los de Souissi, N. et al 2003; Vardar, S. et al 2007; Taheri, M. and Arabameri, E. 2012 aducen que la potencia anaeróbica (medida a través de la prueba de Wingate (Alarcón, N. 2011)) no se ve afectada por la privación de 24 horas de sueño.

En lo que respecta a la privación de sueño y su influencia en el rendimiento aeróbico no se observan resultados concluyentes, evidenciándose dos posturas:

- La privación del sueño no influye significativamente sobre el rendimiento aeróbico;
- La privación del sueño influye significativamente sobre el rendimiento aeróbico.

En relación a la primera postura un artículo de revisión científica realizado por Van Helder, T and Radomski, M. 2012 concluye que la privación de sueño de más de 30 horas no afecta las respuestas cardiovasculares, respiratorias, ni el rendimiento aeróbico; en concordancia con el artículo de revisión científica realizado por Ivarsson, T. 2012 donde menciona que una sola noche de pérdida parcial o privación total del sueño no parece afectar el rendimiento físico en seres humanos sanos.

A continuación se resumen algunos de los trabajos de investigación científica sobre los cuales se basaron las revisiones mencionadas.

- Costa Ricardo, J. en el 2008 Investigó el efecto de una noche sin dormir en el rendimiento aeróbico, la frecuencia cardíaca (FC) y el cortisol. El protocolo de ejercicio se realizó en una cinta rodante y consistió en un estado estable de 30 minutos ejecutado a 60% VO<sub>2</sub> máx; luego un ensayo de 30 minutos en donde los participantes corrieron la mayor distancia posible. Concluye que un período de 30 horas de privación del sueño no altera la FC, la distancia recorrida, ni tampoco la concentración de cortisol en plasma en reposo o después de ejercicio.

- Konishi, M. en el 2013 investigó los efectos de una noche de privación de sueño en la máxima oxidación de grasa, FC y el VO<sub>2</sub> máx. durante una prueba de ejercicio graduada hasta el agotamiento. No encontrando diferencias significativas en la máxima tasa de oxidación de grasa, VO<sub>2</sub>máx y la FC.

- Arbi Mejri, Mohamed en el 2014 evaluó los efectos de dos tipos de privación parcial de sueño en el rendimiento aeróbico y la sensación subjetiva de esfuerzo (SSE) utilizando el test indirecto Yo-Yo de recuperación intermitente. No habiendo diferencias significativas entre la distancia total cubierta, y valores percibidos en la escala de esfuerzo (Cabe destacar que dicho estudio no propone la privación total de una noche de sueño).

Es de interés pertinente destacar el meta-análisis realizado por Pilcher, J. en 1996 que a pesar de tener más de 15 años desde su publicación original es cita obligada para analizar la influencia de la privación del sueño en el rendimiento físico; en el cual concluye que el estado de ánimo es más afectado por la privación del sueño que el rendimiento cognitivo o motor. Entre los principales trabajos de investigación científica que cimientan el meta-análisis de Pilcher, J 1996, en concordancia con los trabajos anteriormente sintetizados, se encuentran:

- Martin, B. en el 1981 estudió el efecto de la privación del sueño sobre el rendimiento aeróbico, frecuencia cardíaca pico (FC pico) y la SSE en bicicleta ergométrica en tres cargas de trabajo. Concluyendo que la pérdida del sueño no alteró VO<sub>2</sub> máx, mientras que redujo significativamente la FC pico; las puntuaciones de la SSE aumentaron significativamente durante el ejercicio moderado y pesado.

- Symons, J. et al en el 1989 estudiaron el efecto de 60 horas de privación del sueño sobre las respuestas fisiológicas (volumen espirado, VO<sub>2</sub> máx y FC) en ejercicio anaeróbico (test de Wingate) y aeróbico (pedaleo hasta el agotamiento). Las respuestas fisiológicas no se alteraron significativamente.

- Goodman, J. et al en el 1989 investigaron el efecto de 60 horas de privación del sueño sobre el rendimiento aeróbico (VO<sub>2</sub> máx y la FC pico) en bicicleta ergométrica hasta el agotamiento. El VO<sub>2</sub> máx, la FC pico, y el tiempo hasta el agotamiento no mostraron diferencias significativas.

- Sinnerton, S. and Reilly, T. en el 1992 estudiaron los efectos de la privación parcial de sueño y el desempeño en diferentes parámetros en natación; analizando función pulmonar (capacidad vital, volumen espiratorio forzado), FC en reposo, estados de ánimo, tiempos de natación en 50 y 400 metros. No observaron disminución en la función pulmonar o los tiempos de natación, aunque si afectó los estados de ánimo.

La segunda tendencia esta argumentada sobre los siguientes trabajos de investigación:

Artículos de revisiones científicas como los de Davenne, D. 2009 y Thun, E. 2015 concluyen que la privación de sueño se asocia negativamente con el rendimiento; tanto las vías aeróbicas como anaeróbicas se ven afectadas, así como los procesos de fatiga y recuperación. A continuación se resumen algunos de los trabajos de investigación científica sobre los cuales se basaron las revisiones mencionadas.

- Oliveira, A. en el 2002 verificó el efecto de la privación total como selectiva del sueño, sobre el rendimiento físico y la SSE. Los sujetos fueron sometidos al test de Von Döbeln (estimación del VO<sub>2</sub> máx. a través de la ejecución de una carga sub máxima de trabajo); y a la escala de Borg (Entre otros), utilizando tres tratamientos distintos A – sueño habitual; B – privación total; y C - sueño fraccionado durante la noche. Los resultados mostraron que existen diferencias significativas en relación a la capacidad aeróbica ya sea después de la privación total o privación selectiva. Alterando inclusive la SSE.

- Oliver, S. et al en el 2009 investigaron si la privación de una noche de sueño perjudica las funciones cardiorrespiratorias, la SSE y el rendimiento aeróbico en 30 minutos de ejercicio. La prueba consistió en correr 30 minutos al 60% del VO<sub>2</sub>máx para luego recorrer la máxima distancia en 30 minutos. Hubo una menor distancia cubierta. No hubo diferencias significativas en las funciones cardiorrespiratorias. La percepción de esfuerzo fue similar a pesar de haber recorrido menos distancia.

- Azboy, O. and Kaygisiz, Z. 2009 en el estudiaron el efecto de la privación de sueño en el rendimiento físico en deportistas. Los atletas realizaron exámenes espirométricos y ejercicio incremental en bicicleta ergométrica hasta el agotamiento después de una noche habitual de sueño y una noche de privación del sueño. La

pérdida de sueño disminuyó el tiempo de agotamiento en los jugadores de voleibol y en corredores.

- Mejri, M. et al en el 2016 estudiaron el efecto de una noche de privación de sueño sobre la FC pico, la SSE y el rendimiento aeróbico en ejercicio intermitente, realizando la prueba de recuperación intermitente YoYo test en tres condiciones de sueño: A- noche de sueño habitual, B- privación parcial del sueño al comienzo de la noche y C- privación parcial del sueño al final de la noche. Un efecto significativo de la restricción de sueño se observó en la distancia total cubierta. Sin embargo, no hubo cambios significativos en frecuencia cardíaca pico y SSE después de los dos tipos de privación de sueño parcial en comparación con sueño habitual.

- Hi, Chen en el 1991 Investigó los efectos de la privación del sueño de 30 horas sobre la función cardiorrespiratoria, la potencia aeróbica analizada en prueba incremental, y sobre la capacidad aeróbica medida en prueba hasta el agotamiento al 75 % del VO<sub>2</sub> máx en bicicleta ergométrica. Los resultados mostraron que la potencia aeróbica se redujo (menor tiempo de pedaleo en la prueba incremental), al igual que el VO<sub>2</sub> máx y FC pico. aunque no se encontraron cambios significativos en la capacidad aeróbica (pedaleo hasta el agotamiento).

- Bruce, Martin en el 1981 investigó la FC, SSE y el rendimiento aeróbico con restricción del sueño de 36 horas con carrera en cinta rodante hasta el agotamiento al 80% del VO<sub>2</sub>máx. Los resultados arrojaron que la FC no evidenció modificaciones. Se redujo el tiempo de trabajo al agotamiento, existiendo además un mayor esfuerzo percibido (trabajo científico con más de 15 años desde su publicación original de relevancia).

Ante todo lo expuesto no se observan resultados concluyentes en lo que respecta a la privación de sueño y su influencia en el rendimiento aeróbico.

Muchos de los estudios citados utilizan el concepto de “rendimiento aeróbico”, para remitirse a la resistencia, desde la Educación Física es menester desglosarla para un mayor entendimiento. El hecho de que predominantemente se utilice una vía metabólica u otra distinta, va a depender, fundamentalmente de la intensidad y duración de la actividad física que se realice. De este modo, podemos establecer clasificar el rendimiento aeróbico en función de la vía metabólica de suministro de

energía predominante que ponga en marcha el individuo para satisfacer las demandas energéticas que reclama la actividad que realice.

- Ejercicios de potencia aeróbica; equivalente al  $VO_{2max}$ .
- Ejercicios de capacidad aeróbica; Un esfuerzo de moderada intensidad, pero de gran duración.

Cabe destacar que la clasificación propuesta corresponde a un intento de lograr un simple parámetro de entendimiento universal, ya que en realidad son muchos los factores que influyen en la predominancia metabólica en un esfuerzo físico, estos son: la edad, el sexo, la raza, la nutrición, la ubicación geográfica, la interrelación de sistemas orgánicos, la antropometría, y el nivel de entrenamiento.

Es necesario resaltar además la diversidad de pruebas para la estimación del rendimiento aeróbico, las mismas van desde pruebas incrementales, pruebas de máxima distancias recorridas en determinado tiempo, pruebas hasta el agotamiento a un porcentaje determinado del  $VO_{2max}$ , o bien pruebas indirectas de campo para la estimación del  $VO_{2max}$ .

## **MARCO TEÓRICO**

### **Funciones del sueño**

Vilamitjana, J. 2014 define al sueño como un estado natural caracterizado por la disminución de la actividad motora voluntaria, con un descenso en la respuesta a estímulos, del mismo modo, Carskadon, M. and Dement, W. 2011 aducen que el sueño es un estado conductual reversible donde un individuo está perceptualmente desconectado del medio ambiente y no responde a él. Se le conciernen múltiples procesos:

### **El sueño y los procesos cognitivos**

El papel restaurador del sueño sobre el cerebro afecta a los procesos cognitivos como a la memoria, el aprendizaje, la atención, etc. Por ejemplo, períodos cortos (3 a 6 horas) o períodos largos (más de 24 horas) de privación de sueño, tiene como consecuencia un aumento en la potencia (amplitud) de las ondas de baja frecuencia, también llamadas ondas lentas del electroencefalograma (EEG). Adicionalmente, la potencia de las ondas lentas va decayendo conforme se recupera el tiempo de sueño perdido, por lo tanto hay una relación directamente proporcional con el tiempo de vigilia. Esto ha sugerido que la falta de sueño induce cambios sobre las propiedades eléctricas de las neuronas. De modo que en los primeros ciclos del descanso, que contiene la casi totalidad del sueño de ondas lentas, estaría implicada la fase de neurogénesis y formación de nuevas proteínas.

Otra función es la reorganización funcional de los circuitos neuronales, con la finalidad de que los mismos resulten más efectivos. Esta nueva organización de conexiones neuronales tiene sentido que se realice mientras estamos desconectados de la interacción del medio ambiente, ya que durante la vigilia es precisamente donde existe mayor activación de la actividad cerebral, la cual permite la formación de nuevas sinapsis por efecto del aprendizaje (Vilamitjana, J 2014).

### **El sueño y la función somática**

La segunda acción del sueño es con la función somática, enfatizando el efecto restaurativo del sueño sobre los sistemas inmunológico y endócrino, respectivamente.

La privación de sueño retrasa la recuperación del eje hipotálamo-pituitario-adrenal y produce alteraciones del feedback glucocorticoidal. Así, la falta de sueño puede disminuir la resistencia al estrés y acelerar los efectos de un exceso glucocorticoidal en el metabolismo y las funciones cognitivas.

El sueño también ejerce efectos beneficiosos sobre el sistema inmune. Hay evidencias firmes de que el sueño y los ritmos circadianos determinan cambios en el estado del sistema inmune. Recíprocamente, cuando el sistema inmune está afectado por una agresión externa, como el estrés, el sueño sufre importantes modificaciones (Vilamitjana, J 2014).

### **El sueño y la función neurometabólica**

Existen varios neurotransmisores en el cerebro que están involucrados en el ciclo sueño-vigilia. Estos incluyen a la serotonina, ácido gama aminobutírico, orexina, hormona concentradora de melanina, colinérgico, galanina, noradrenalina e histamina. Por lo tanto, las intervenciones nutricionales que actúan sobre estos neurotransmisores en el cerebro influyen también sobre el sueño.

Los precursores dietéticos pueden influenciar la tasa de síntesis y función de un pequeño número de neurotransmisores, incluyendo a la serotonina. La figura 1 resalta los medios por los cuales la dieta puede influenciar el sistema nervioso central a través de la producción de serotonina y metionina.

La síntesis de serotonina es dependiente de la disponibilidad de su precursor en el cerebro, el aminoácido L-triptofano (Trp). El Trp se transporta a través de la barrera hematoencefálica por un sistema que comparte otros transportadores que incluyen varios aminoácidos neutros largos (LNAA). Por lo tanto, el índice de Trp/LNAA en sangre es crucial para el transporte de Trp hacia el cerebro y se puede



“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

lograr un incremento en este índice consumiendo triptófano puro o proteína rica en triptófano (Van Loon, L 2013).

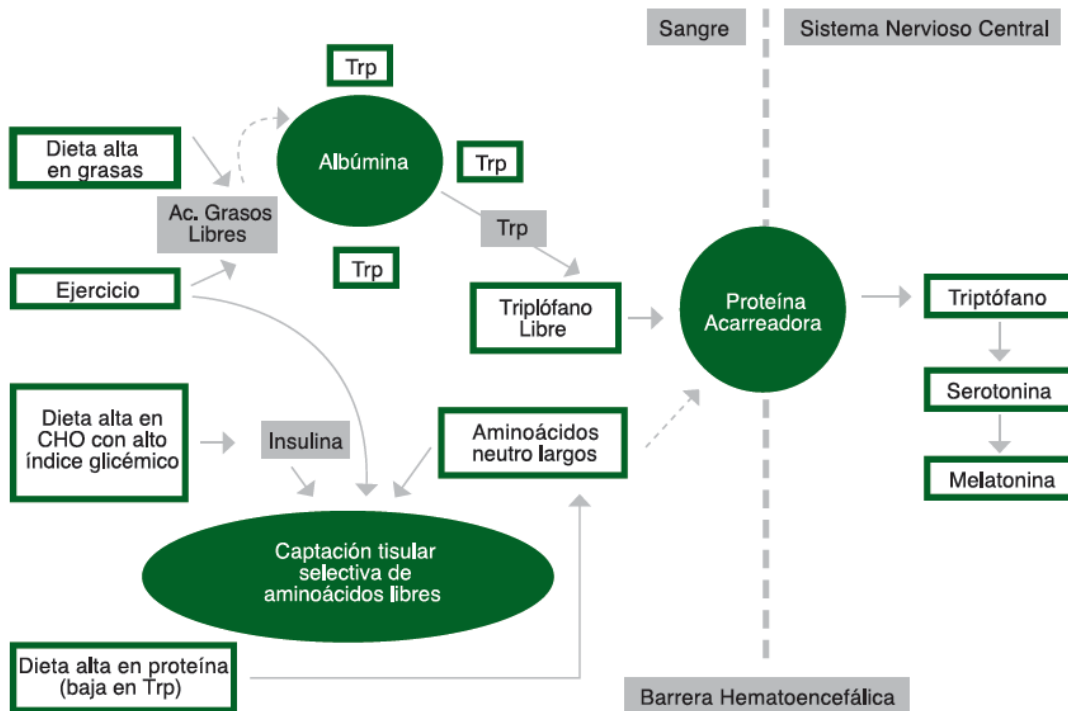


Figura 1. Factores dietéticos y relación con el sueño. (Halsón, S 2013).

La proteína proveniente de alimentos con el contenido más alto de Trp y la relación más favorable de Trp:LNAA es la  $\alpha$ -lactoalbúmina, una proteína derivada de suero de leche. La ingesta de otras formas de proteína generalmente disminuye la absorción de Trp en el cerebro, ya que el Trp es el aminoácido menos abundante y por lo tanto, otros LNAAs son transportados preferentemente al interior del cerebro. Sin embargo, los carbohidratos aumentan el Trp en el cerebro mediante la estimulación de la insulina de los LNAAs hacia el músculo esquelético, lo que resulta en un incremento del Trp libre (Vilamitjana, J (2014); Heredia Elvar, J 2014).

## **Etapas del sueño**

La electroencefalografía ha permitido precisar que el sueño viene acompañado por modificaciones características de la actividad eléctrica cerebral. Cuando el estado de activación cortical disminuye, el trazado EEG muestra una actividad celular sincronizada, caracterizada por ondas cerebrales regulares. Cuando menor es el estado de activación de la corteza, tanto menor es la frecuencia de las ondas cerebrales y tanto mayor es su amplitud. Esta última constituye la actividad típica del estado de vigilia relajada y del sueño.

La progresión del sueño pasa por dos etapas, conocidos también como sueño NREM, puesto que no se encuentran presentes los rápidos movimientos oculares (rapid eye movements) que son típicos del sueño REM

**El sueño NREM** se divide en cuatro estadios (1-4) que están asociadas con un aumento progresivo de la profundidad del sueño.

**Primer estadio:** Aquí se producen movimientos oculares, pero no los movimientos rápidos típicos de la etapa REM. El individuo se despierta con la facilidad con cualquier ruido y, si se le pregunta, asegura que no estaba durmiendo. Es en este estadio es donde pueden aparecer imágenes complejas, a menudo con muchos colores y arquitectónicamente complicadas. Además, pueden percibirse sensaciones corporales extrañas de pesadez o de ligereza. A un nivel más profundo pueden registrarse imágenes más precisas, incluso alucinaciones, que anuncian el sueño y que se encuentran dominadas por imágenes hipnagógicas.

**Segundo estadio:** El individuo no se despierta a causa de la luz, pero sí puede hacerlo debido a fuertes ruidos: éstos le llevan a una ensoñación difusa, muy distinta de la vigilia y de los sueños.

**Tercer estadio:** el individuo presente una respiración lenta y uniforme, una ralentización del pulso (alrededor de 60 pulsaciones por minuto) y un descenso de la presión arterial. Se considera un estadio de profundidad intermedia, el comienzo del sueño profundo, en el que el individuo no puede percibir nada y resulta difícil despertarlo.

**Cuarto estadio:** es el del sueño profundo. En esta situación, todas las funciones vitales se ralentizan al máximo y el tono muscular disminuye

progresivamente. Cada cambio de posición se ve acompañado de una interrupción de este sueño profundo. La vuelta a este último es precedida por la reaparición momentánea del primero y segundo estadio. El individuo, si se despierta en este estadio, se encuentra completamente desorientado en el tiempo y en el espacio.

**Sueño paradójico o REM** se produce una disminución considerable del tono de todos los músculos, a excepción de los oculares y del oído medio. El individuo es incapaz de controlar la temperatura corporal, que baja hasta alcanzar la ambiental y la respiración se hace rápida e irregular. La pupila se dilata ligeramente durante algún tiempo. En el sueño REM, el EEG muestra un cuadro desincronizado con trazados de alta frecuencia, amplitud mínima y ritmos rápidos, que recuerdan los de la vigilia.

En resumen, el sueño es una alteración periódica y reversible de la reacción sensorial y motora al entorno circundante (figura 2) y se encuentra caracterizado por una estructura cíclica. La sucesión NREM - REM se repite cuatro o cinco veces por noche, atendiendo a un ciclo relativamente propio de cada individuo. El paso del estado de vigilia al de sueño profundo, es decir, al cuarto estadio, se produce en las dos primeras horas de la noche (Jácome, J. 2015)

<i>Sueño de ondas lentas (no REM)</i>	
<b>Estadio 1</b> Adormecimiento	<p><b>EEG:</b> disminución significativa de la actividad alfa; ondas theta (3-8 c/s) y picos de onda (<i>spikes</i>)</p> <p><b>EMG:</b> leve caída del tono muscular antigravitario; mioclonías</p> <p><b>EOG:</b> movimientos lentos e intermitentes de los ojos (SEM) Actividad parecida al pensamiento</p>
<b>Estadio 2</b> ocupa alrededor 50% del tiempo total del sueño y aumenta progresivamente en la noche	<p><b>EEG:</b> prevalencia de ondas theta; aparición de los husos del sueño (líneas de ondas de alta frecuencia y de amplitud primero creciente y después decreciente) y de los complejos K (ondas hipsíncronas de bajo voltaje)</p> <p><b>EMG:</b> el tono antigravitario se reduce ulteriormente</p> <p><b>EOG:</b> ausencia de movimientos oculares Actividad similar al pensamiento y a la ensoñación</p>
<b>Estadio 3</b>	<b>EEG:</b> Ondas delta (1-3 c/s) Actividad similar al pensamiento; episodios de miedo nocturno particularmente durante la infancia
<b>Estadio 4</b>	<b>EEG:</b> la amplitud de las ondas alcanza su máximo nivel, y la frecuencia, sus valores más bajos Actividad similar al pensamiento; episodios de <i>pavor nocturnus</i> Las funciones vegetativas se mantienen regulares
<b>Sueño paradójico</b> 20% del total Aparece 4-5 veces, aproximadamente cada 90 minutos después del estadio 2 Máximas posibilidades de llegar a despertarse por la ulterior reducción de la información sensorial El sueño tiene carácter de enajenación respecto al presente topocronológico de la persona que duerme, claridad perceptiva y pérdida de conciencia de la realidad	<p><i>a) Componentes tónicos</i></p> <p><b>EEG:</b> intensa desincronización; trazados de alta frecuencia y escasa amplitud, similares a los de la vigilia; aparición de ondas alfa</p> <p><b>EMG:</b> atonía postural Alteración de las funciones integradoras del hipotálamo, por lo que la regulación homeostática es temporalmente suspendida o reducida</p> <p><b>ECG:</b> arritmias cardíacas, hipotensión arterial con alteraciones opresoras Respiración rápida, superficial e irregular Actividad onírica en la que prevalece la imaginación visual</p> <p><i>b) Componentes fásicos</i></p> <p><b>EEG:</b> ondas pontogeniculooccipitales</p> <p><b>EMG:</b> mioclonías rápidas en las extremidades distales de los miembros articulados</p> <p><b>EOG:</b> movimientos oculares rápidos en grupos o aislados (REM) Variaciones del diámetro de la pupila en sincronía con los REM</p> <p><b>ECG:</b> alteraciones en sincronía con los REM</p>

*Electroencefalograma (EEG); Electromiograma (EMG); Electrooculograma (EOG); Electrocardiograma (ECG)*

*Figura 2. Resumen sueño REM y NREM.*

## **Ciclo circadiano**

Cada ser humano cuenta con un reloj biológico interno que reside en el cerebro y recibe el nombre de núcleo supraquiasmático, este reloj es el responsable de mantener el orden en lo que a ritmos de alerta, temperatura y producción hormonal se refiere, provocando los ritmos circadianos (del latín circa que significa alrededor y dies que significa al día). Un ritmo circadiano se define como una condición específica que se repite todos los días a la misma hora, es decir, que se repite cada 24 horas. Investigaciones han revelado que el ritmo circadiano correspondiente al sueño y la vigilia en el ser humano dura 25 horas (Vilamitjana, J. 2014)

El ritmo circadiano del sueño puede verse afectado por la exposición a la luz, afectando así los ritmos normales de recuperación en el sueño. El sueño también se ve afectado con la edad, no sólo en su cantidad sino en su estructura, con aumento progresivo del número de despertares nocturnos y disminución del sueño profundo. Con la edad se autoregula el ritmo circadiano endógeno acortándose el ciclo sueño-vigilia, de manera que nos dormimos antes y nos despertamos más temprano.

En determinados momentos del día realizar ejercicio físico o resolver una tarea mental resulta más fácil y se consigue un rendimiento superior. Así, la mañana, la tarde y la noche son momentos del día en los que se han descrito importantes fluctuaciones en el rendimiento físico y psicológico de las personas, cuya variación en función de la franja horaria puede representar entre un 10% y 15% de mejora del mismo así los deportes que exigen ejercitar variables fisiológicas relacionadas con el rendimiento motor grueso, tiempo de reacción, la fuerza muscular, flexibilidad, capacidad aeróbica y resistencia, obtienen el máximo rendimiento por la tarde (entre las 18.00-20.00 horas) y el mínimo por la mañana (entre las 7.00-10.00 horas).

Por el contrario, aquellas tareas que requieren coordinación motora, precisión y destreza fina, el máximo rendimiento se produciría por la mañana (entre las 10-12 horas), en el que realizar estos deportes por la tarde y en especial a finales del día se asocia con un rendimiento menos preciso, más errores debido a una peor coordinación motora y un incremento de lesiones y accidentes (Benítez, S. 2014).

También se ha observado un mayor rendimiento cognitivo (menor tiempo de reacción, mayor atención mantenida y atención selectiva) de los deportistas por la mañana (Halsón, S. 2013).

Finalmente, existen también diferencias entre las personas en la tendencia circadiana del ciclo sueño-vigilia. Desde este punto de vista, se establece una distinción entre los sujetos matutinos, que son aquellos que tienden a levantarse y acostarse temprano, y los individuos vespertinos, que son los que tienen tendencia a levantarse y acostarse tarde (Miró, E. 2002). Las personas matutinas están más sincronizados con el ciclo luz/oscuridad y, en general, alcanzan su pico máximo o acrofase en los ritmos biológicos (temperatura, cortisol o melatonina) y a nivel psicológico (atención y memoria) entre 1.5 y 3 horas antes que las vespertinas. Por tanto, los individuos vespertinos alcanzan más tarde el máximo de la mayor parte de los ritmos biológicos frente a los matutinos: cortisol, melatonina; retraso de la temperatura corporal al comienzo del sueño, lo que subjetivamente se experimenta como una peor calidad de sueño.

La cuestión de cuántas horas de sueño son realmente necesarias para encontrarse bien ha sido bastante debatida desde hace tiempo. Se estima una relación entre las “ideales 7 u 8 horas de sueño” y la salud o bienestar físico y mental, mientras otros enfatizaban que cada persona debía satisfacer su “cuota de sueño individual” (Kripke, D. et al 2002). A pesar de esta disparidad de opiniones, investigaciones recientes parecen sugerir que la desviación de un patrón de sueño intermedio, que implique dormir unas 7-8 horas, se asocia al padecimiento de consecuencias negativas para la salud (Miró, E 2002).

## **Resistencia**

Se define a la resistencia como “la facultad de efectuar durante un tiempo prolongado, una actividad con una intensidad dada, sin disminución de la eficacia” Zatsiorsky. Weineck la define como la capacidad psíquica y física que posee un deportista para resistir la fatiga.

### **Continuum energético**

El ser humano posee diversas vías metabólicas para abastecerse de energía en diferentes situaciones. Cuando un sujeto realiza una determinada actividad física, se van a poner en funcionamiento las diferentes vías metabólicas que van a suministrar al individuo la energía necesaria para poder desarrollar dicha actividad. El hecho de que predominantemente se utilice una vía u otra distinta, va a depender, fundamentalmente de la intensidad y duración de la actividad física que se realice. De este modo, Pradet, M. (1999) elabora una propuesta metodológica en función de la vía metabólica de suministro de energía predominante que ponga en marcha el individuo para satisfacer las demandas energéticas que reclama la actividad que realice.

Sistemas energéticos y sus expresiones:

- Adenosín trifosfato (ATP): hasta los 4 segundos.
- Potencia fosfagénica; de 4 a 8 segundos
- Capacidad fosfagénica: entre 8 a 14 segundos.
- Potencia glucolítica: alrededor de los 30 a 40 segundos.
- Capacidad glucolítica: entre 1 a 3 minutos
- Potencia aeróbica: alrededor de los 3 a 5 minutos.
- Capacidad oxidativa: entre los 15 a 90 minutos.

Cabe destacar que la clasificación propuesta corresponde a un intento de lograr un simple parámetro de entendimiento universal, ya que en realidad son muchos los factores que influyen en la predominancia metabólica en un esfuerzo físico, estos son: la edad, el sexo, la raza, la nutrición, la ubicación geográfica, la interrelación de sistemas orgánicos, la antropometría, y el nivel de entrenamiento.



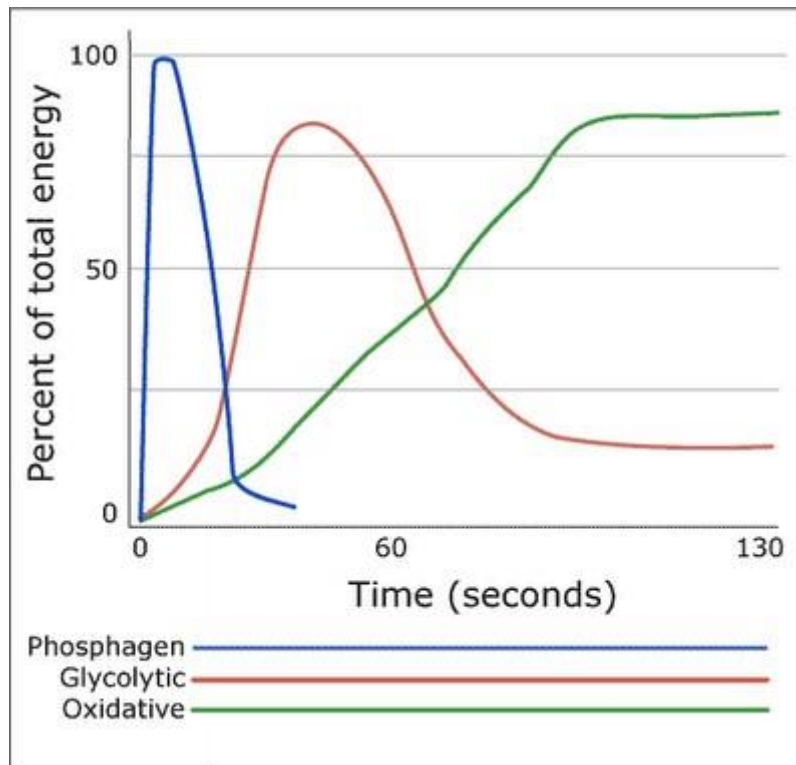


Figura 3: interrelación de sistemas energéticos (Pradet, M. 1999)

Diferenciar los términos de "capacidad" y de "potencia" (Galasso, C. 2014)

Capacidad: supone la capacidad de mantener una alta intensidad, durante el mayor tiempo posible. Es la cantidad total de ATP que un sistema puede generar.

Potencia: supone la capacidad para realizar un esfuerzo intenso, en el menor espacio de tiempo posible. Es la máxima cantidad de ATP por unidad de tiempo que un sistema puede producir.

Predominio: Es el período de tiempo en que un sistema energético resintetiza (forma) más ATP que el resto.

Un ejercicio de capacidad aeróbica es un esfuerzo de moderada intensidad, pero de gran duración, a partir de los 6 minutos de duración, La vía metabólica predominante para la producción de energía será la lipólisis aeróbica; mientras que, un ejercicio de potencia aeróbica es un esfuerzo de máxima intensidad con una duración aproximada en torno a los 3-6 minutos, la producción de energía es



predominantemente por medio de la glucólisis aeróbica (Hawley, J., & Burke, L. 2000).

La medición de la potencia aeróbica se expresa a través del VO<sub>2</sub> máx. que se puede definir como la máxima cantidad de oxígeno que nuestro cuerpo puede transportar por minuto (MacDougall, J. 1995), (Ruiz, M. 2006) definió al VO<sub>2</sub>máx como la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo.

Se mide en litros/minutos en forma absoluta o en mililitros/kilogramos/minutos en forma relativa valores aproximados, normales para hombres entre 40 y 55 ml/kg/min, y entre 35 y 45 ml/kg/min para las mujeres. A nivel profesional para deportes de resistencia, un rango de entre 65 y 85 ml/kg/min. La medición del VO<sub>2</sub> máx. se realiza a través de dos tipos de pruebas:

Pruebas directas: las que evalúan la cantidad de oxígeno que el sujeto consume mientras se haya conectado a un sistema analizador de gases y se somete a la realización de un esfuerzo progresivo hasta el agotamiento.

Pruebas indirectas: aquellas evaluaciones que no miden propiamente los gases, sino que a través de ejercicios unas veces máximos, otras submáximos, calculan el potencial aeróbico total aplicando relaciones establecidas de esta variable fisiológica con la frecuencia cardíaca durante el ejercicio o bien con la carga de trabajo que se realiza.

La imposibilidad de contar con equipos costosos, personal capacitado y recursos apropiados para la medición directa del máximo consumo de oxígeno, impulsó a los investigadores a diseñar procedimientos más simples, de fácil ejecución, bajo costo, mínima implementación, pero al mismo tiempo que tuvieran un alto índice de validez (García, G. and Sechi, G.2013). Se han propuesto diversas pruebas indirectas para determinar el VO<sub>2</sub> máx. (Carrera de la milla, carrera de los 12 minutos, test de 1000 metros, Harvard, Yo-Yo test, etc.) (Alarcón, N. 2011).

La estimación de la capacidad funcional medida a través del VO<sub>2</sub> máx. es importante para valorar riesgo cardiovascular, la capacidad funcional en relación a la edad y género, la prescripción de actividad física de manera segura, apropiada y efectiva como también un marcador del rendimiento atlético.

En la literatura uno de los test de campo predictivo del VO<sub>2</sub>máx más utilizado es el course navette (Léger, L. A., & Lambert, J. 1982) debido a su fácil aplicación, bajo costo y a que permite medir varios sujetos al mismo tiempo (García, G. and Secchi, J. 2013; Berthoin, S. 1994; Tomkinson, G. et al 2003; Olds, T. et al 2006).

### **Prueba Course Navette**

En los deportes de conjunto como el rugby, fútbol, hockey, básquet, balonmano, también considerados deportes acíclicos o intermitentes, se recorren grandes distancias durante el partido.

El componente cardiorrespiratorio es monitoreado en estos deportes, debido a la alta prestación aeróbica. La prueba Course Navette contempla ciertas acciones motrices propias de estos deportes (frenar, cambiar de dirección, acelerar y desacelerar).

Esta propuesta solucionó el problema de espacio y además brindó la posibilidad de controlar las variables climáticas bajo techo (frío, calor, nieve, viento, lluvia, entre otras). La primera versión de la prueba Course Navette fue publicada en 1982, validada para sujetos adultos (Leger, L. and Lambert, J. 1982). En 1984 se publicó una segunda versión para niños pero con un protocolo similar (Leger, L. et al 1984), la validación definitiva fue publicada en 1988, unificando un mismo protocolo para niños y adultos (Léger, L. et al 1988). El protocolo publicado es el que se utiliza en la actualidad: la velocidad inicial es de 8,5 km h<sup>-1</sup> y se incrementa 0,5 km h<sup>-1</sup> cada minuto.

**“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”**

---

Etapa	Vel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8,5	20	40	60	80	100	120	140								
2	9	160	180	200	220	240	260	280	300							
3	9,5	320	340	360	380	400	420	440	460							
4	10	480	500	520	540	560	580	600	620							
5	10,5	640	660	680	700	720	740	760	780	800						
6	11	820	840	860	880	900	920	940	960	980						
7	11,5	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180					
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	1300	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1400	1420	1440	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580					
10	13	1600	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800				
11	13,5	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020				
12	14	2040	2060	2080	2100	2120	2140	2160	2180	2200	2220	2240	2260			
13	14,5	2280	2300	2320	2340	2360	2380	2400	2420	2440	2460	2480	2500			
14	15	2520	2540	2560	2580	2600	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740	2760		
15	15,5	2780	2800	2820	2840	2860	2880	2900	2920	2940	2960	2980	3000	3020		
16	16	3040	3060	3080	3100	3120	3140	3160	3180	3200	3220	3240	3260	3280		
17	16,5	3300	3320	3340	3360	3380	3400	3420	3440	3460	3480	3500	3520	3540	3560	
18	17	3580	3600	3620	3640	3660	3680	3700	3720	3740	3760	3780	3800	3820	3840	
19	17,5	3860	3880	3900	3920	3940	3960	3980	4000	4020	4040	4060	4080	4100	4120	4140
20	18	4160	4180	4200	4220	4240	4260	4280	4300	4320	4340	4360	4380	4400	4420	4440

*Figura 4. Planilla prueba Course Navette.*

En la figura 4 se puede visualizar el protocolo del Course Navette desglosado cada 20 metros que, a su vez, es la planilla utilizada para la recolección de datos. Tiene un total de 20 etapas, y la cantidad de repeticiones de 20 metros se incrementa en forma análoga a la velocidad. Esto se debe a que, al aumentar la velocidad, los sujetos recorren más rápido los 20 metros. Por este motivo la primera etapa tiene 7 repeticiones de 20 metros y la última etapa tiene 15 repeticiones.

La velocidad inicial es de 8,5 km/h y esta se incrementa 0,5 km/h cada minuto. La velocidad obtenida en la última etapa completa es considerada como la velocidad final alcanzada (VFA). La VFA es utilizada para estimar el VO<sub>2</sub>máx. Existen 2 fórmulas, y estas dependen de la edad de los sujetos. Para adultos de 18 o más años se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{VO}_2 \text{ máx. absoluto} = (6 \times \text{VFA}) - 27,4$$

Para niños de 6 a 17 años se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{VO}_2 \text{ máx. absoluto} = 31,025 + (3,238 \times \text{VFA}) - (3,248 \times \text{E}) + (0,1536 \times \text{VFA} \times \text{Edad}).$$

### **Validez y fiabilidad de la prueba Course Navette**

La validez y fiabilidad son dos características fundamentales que debe cumplir un test de campo (Currell, K; Jeukendrup, A. 2008). El término validez se refiere al grado en el que un instrumento realmente mide o estima la variable para la cual fue diseñado. Esta consiste en comparar y correlacionar el rendimiento alcanzado en el campo con un test patrón (test directo). Trabajos de investigación (García, G. and Secchi, J. D. 2014; Chatterjee, P. et al 2010; Aziz, A. et al 2005) relacionaron el rendimiento del Course Navette con el  $\text{VO}_2\text{máx}$  medido en el laboratorio, con una validez predictiva aceptable, encontrando correlaciones entre 0,86-0,94 en un amplio espectro de edades. Además el Course Navette ha mostrado ser más estable en las predicciones del  $\text{VO}_2\text{máx}$  en sujetos con distintos niveles de condición física cuando fue comparado con otros test (Falgairette, G et al 1994).

La fiabilidad hace referencia al grado de acuerdo, consistencia o estabilidad de las mediciones cuando un instrumento es aplicado por los mismos evaluadores varias veces a los mismos sujetos y bajo condiciones similares. Varios estudios han demostrado la fiabilidad del Course Navette en niños, adolescentes y adultos donde puede apreciarse que las correlaciones oscilaron entre 0,88 y 0,97 (Artero, E. et al 2011; Espana-Romero, V. et al 2010; Ortega, F. et al 2008).

### **CAPÍTULO III**

#### **HIPÓTESIS GENERAL**

La privación de 24 horas de sueño reduce el consumo máximo de oxígeno estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en futbolistas amateurs del Club Black River pertenecientes a la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú en el año 2018.

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

## OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Categorías	Indicadores	Unidad de medida
Potencia aeróbica	Supone la capacidad para realizar un esfuerzo intenso, en el menor espacio de tiempo posible. (Galasso, C. 2014)	Deficiente < 41.7	Prueba Course Navette: consiste en recorrer la mayor distancia posible.	VO2 máx. relativo expresado en ml./kg./min.
		Aceptable 41.8 - 45.3		
		Bueno 45.4 - 51.0		
		Excelente 51.1 - 55.3		
		Superior > 55.4		

Clasificación para la estimación del VO2 máx. para sexo masculino edad comprendida entre 20 a 29 años (The Cooper Institute).

Variable	Definición conceptual	Categorías	Indicadores	Unidad de medida
Sueño	Estado conductual reversible donde un individuo está perceptualmente desconectado del medio y no responde a él (Carskadon, M. 2011).	Privación de 24 horas	Punto de encuentro en común para corroborar la privación.	Horas, minutos
		Descanso habitual	Descanso habitual que el evaluado efectuaría normalmente	

## METODOLOGÍA APLICADA

El presente trabajo posee un enfoque cuantitativo al usar la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

El alcance correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos variables o, de igual forma, si no se relacionan en un contexto particular.

El diseño de investigación es de tipo cuasiexperimental debido a la falta de aleatorización en la selección de la muestra, incluyendo el grupo ya constituido, sujetos voluntarios del plantel de fútbol de primera división del Club Black River el cual se encuentra en la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú en el año 2018; en relación a la población de estudio: futbolistas de la segunda categoría de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú; manipulando de manera intencional, una variable independiente (privación de sueño) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre la variable dependiente (VO<sub>2</sub> máx.).



Figura 5 Esquema de experimento y variables.

## Población y muestra

Se solicitó por escrito al presidente la institución el permiso pertinente para la colaboración de los jugadores, incluyendo a todos los futbolistas que cumplan con los criterios de inclusión/exclusión, los cuales, leyeron y firmaron un consentimiento informando (anexo 1) sobre el propósito del estudio avalando la participación en la prueba.

Criterios de inclusión: futbolistas del sexo masculino, que deseen participar de la investigación, mayores de edad, que se encuentren entrenando en el club por un periodo de al menos un año hasta la fecha.

Criterios de exclusión: Menores de edad, lapso de inactividad mayor a 1 mes en el transcurso del último año.

### **Material y método**

La muestra estuvo conformada por 16 futbolistas masculinos con una edad comprendida entre los 18 a los 28 años, de la primera división del club Black River el cual se encuentra en la segunda división del fútbol en la Liga de fútbol de Guleguaychú en el año 2018. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a los grupos control y experimental respectivamente, se escribió el nombre de cada participante en un trozo de papel, juntando los mismos dentro de un recipiente, se procedió a la extracción de uno por vez (sin observarlos) para la conformación de los mismos.

El grupo control conformado por 8 futbolistas descansaron ad libitum (descanso habitual), dejando a consideración de los mismos la cantidad de horas destinadas al sueño nocturno, como así también la opción de un descanso en el transcurso del día (siesta); mientras que, el grupo experimental constituido también por 8 futbolistas dejaron pasar 24 horas desde su último despertar, es decir, privación de 24 horas de sueño, para certificar la vigilia se solicitó a cada integrante despertarse a las 8 horas el día previo a la realización de la prueba, posteriormente se los reunió desde las 21 horas, hasta el momento de realizar la entrada en calor, previa a la realización de la prueba (8 horas del 17 de marzo del 2018) .

En el transcurso del día anterior a la evaluación los integrantes de ambos grupos realizaron las actividades cotidianas de sus respectivas vidas, entendiéndose: estudios, trabajo, quehaceres domésticas, tiempo ocio, hidratación y alimentación, sobre la última acción se manipuló la última ingesta previo a la ejecución de la prueba (desayuno) suministrando para ambos grupos una vianda desayuno una hora antes del comienzo de la entrada en calor compuesta por un pote de yogurt entero y un sándwich de pan integral con dos fetas de queso, propuesta por el Licenciado en Nutrición Juan Ignacio González MP. 20435.



“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

---

Previo al inicio de la entrada en calor se pesó a los participantes, registrando el valor en números decimales, promedio grupo experimental 76.112 +/- 11.35 kg; grupo control 73.75 +/- 7.17 kg.

Posteriormente se realizó una entrada en calor compuesta por carrera hacia atrás y adelante, anexando variantes de skipping (a, b y c, combinación de las mismas) cuclillas, desplazamientos laterales, circunducciones de brazos, rotación de tronco y saltabilidad de bajo impacto, con una duración de 7 minutos guiada y supervisada por el preparador físico del club Profesor de Educación Física RAMOS Alejandro. Culminada la entrada en calor para anular las posibles fluctuaciones de la redistribución sanguínea, se procedió a una macro pausa pasiva de 5 minutos con el fin recuperar los valores basales para luego dar inicio a la prueba.

La evaluaciones se llevaron a cabo el día 17 de marzo de 2018 a partir de las 8 horas, en la sede central del Club Black River (Colombo 650) sobre la cancha indoor de básquet, piso de cemento alisado, temperatura 15°C, humedad 70%.

Protocolo y metodología de evaluación de la prueba Course Navette: Es un test audible, incremental, continuo (sin pausas), máximo hasta la fatiga, de aceleración y desaceleración (ir y volver). Consiste en correr el mayor tiempo posible entre dos líneas separadas por 20 metros en doble sentido, ida y vuelta (fig. 1).

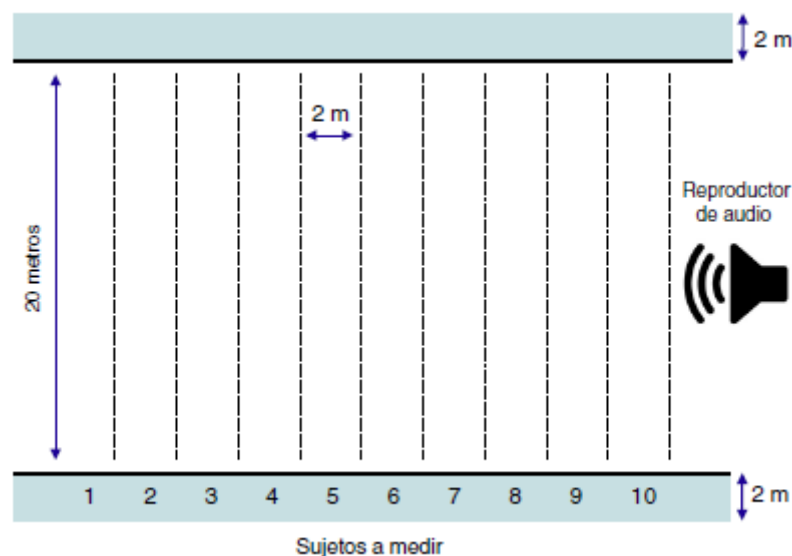


Figura 6 Representación gráfica del terreno a utilizar en el Course Navette

El ritmo de carrera es impuesto por una señal sonora. Las primeras etapas son de velocidad baja y tienen como objetivo familiarizarse con el test. El participante debe pisar detrás de la línea de 20 metros en el momento justo en que se emite la señal sonora, en caso de llegar antes deberá esperar el pitido para salir nuevamente. La prueba finaliza cuando el participante alcanzó la fatiga o cuando por dos veces consecutivas no llega a pisar detrás de la línea al sonido. Los participantes fueron alentados verbalmente para realizar el máximo esfuerzo. La relación evaluador-sujetos debe ser como máximo de 1:10 (García, G. 2014). La velocidad inicial es de 8,5 km/h y se incrementa 0,5 km/h cada minuto.

Aclaración: No se realizó el test Course Navette con anterioridad; ya que es utilizado periódicamente por el preparador físico, por lo que, los deportistas están familiarizado a la demanda física y las velocidades de carrera.

### **Recursos materiales**

- Recursos materiales: hojas, bolígrafo, computadora, equipo de sonido para la emisión del audio de la prueba Course Navette, impresora, cámara de fotos para registrar imágenes, conos, vianda desayuno (yogurt y sándwich de queso) y una balanza digital marca Silfab.

### **Procesamiento de la información y análisis de los datos.**

Los datos obtenidos sobre la estimación del VO<sub>2</sub> máx a través de la prueba Course Navette fueron cargados en el programa Microsoft Office Excel, generando tablas con información pertinente a valores mínimos, máximos, mediana y cuartiles; Para facilitar la valoración de los resultados se realizó además diagrama boxplot.

Una vez finalizada la obtención de los datos, los mismos fueron analizados mediante un test de hipótesis de comparación de dos medias poblacionales para muestras relacionadas, como el n es < 30 (n=19) la distribución que se utilizó es la t de Student, con un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Resultados grupo experimental:

<b>Sujetos</b>	<b>Edad</b>	<b>Etapas alcanzada</b>	<b>VO2 máx. ml/min/kg</b>	<b>Peso</b>
Sujeto 1	20	7.2	38.6	90.400
Sujeto 2	18	9.2	44.6	75.500
Sujeto 3	22	9.6	44.6	74.900
Sujeto 4	25	10.3	47.6	76.300
Sujeto 5	22	11.1	50.6	56.800
Sujeto 6	21	11.3	50.6	84.700
Sujeto 7	28	11.4	50.6	67.200
Sujeto 8	20	12.3	53.6	88.200

*Figura 7 Planilla registro grupo experimental.*

Resultados del grupo control:

<b>Sujetos</b>	<b>Edad</b>	<b>Etapas alcanzada</b>	<b>VO2 máx ml/min/kg</b>	<b>Peso</b>
Sujeto 9	27	8.4	41.6	83
Sujeto 10	19	8.8	41.6	72.100
Sujeto 11	22	9.2	44.6	79
Sujeto 12	28	10.7	47.6	68.100
Sujeto 13	26	11.1	50.6	74.500
Sujeto 14	24	11.2	50.6	66.600
Sujeto 15	25	11.6	50.6	63.500
Sujeto 16	22	11.9	50.6	80.400

*Figura 8 Planilla registro grupo control*

Los resultados obtenidos por el total de participantes (n=16) fueron:

El promedio del VO2 máx. estimado por el test Course Navette fue mayor para el grupo que estaba privado de 24 horas de sueño 47.2 ml/min/kg +- 4.81, comparado con los que habían descansado habitualmente 46.74 ml/min/kg +- 4.14.

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

	Descanso habitual	Privación
Mínimo	38,6	41,6
Q1	44,6	43,1
Mediana	49,1	47,6
Q3	50,6	50,6
Máximo	53,6	50,6

Figura 9 Datos estadísticos

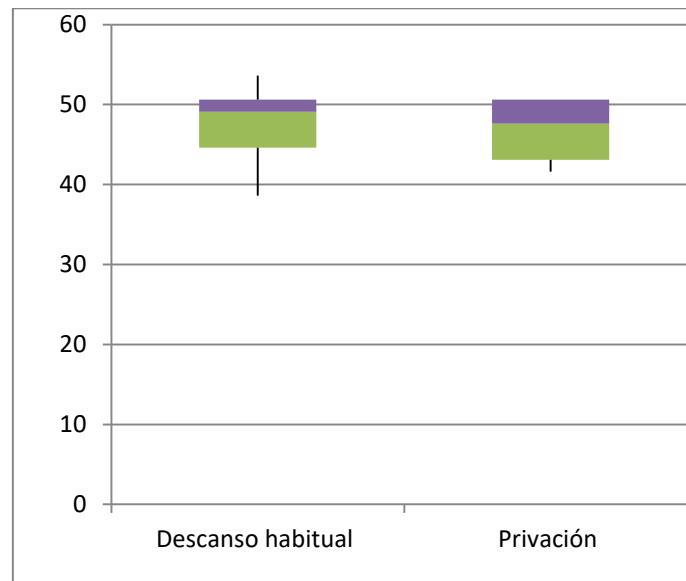


Figura 10 Diagrama de cajas y bigotes

No hubo diferencias significativas en el VO<sub>2</sub> máximo estimado a través de la prueba indirecta Course Navette entre futbolistas con un descanso habitual y los que privaron de 24 horas sin dormir  $p < 0.05$ .

Parámetros de referencia	Total de participantes	Porcentaje de la muestra en cada parámetro
Deficiente < 41.7	3	18.75 %
Aceptable 41.8 - 45.3	3	18.75 %
Bueno 45.4 - 51.0	9	56.25 %
Excelente 51.1 - 55.3	1	6.25 %
Superior > 55.4	0	0 %

Figura 11 cuadro comparativo VO<sub>2</sub> máximo con parámetros de referencia.

## DISCUSIÓN

Estudios citados en la revisión de la literatura del presente trabajo (ver pág. 13) utilizan el concepto de “rendimiento aeróbico” para remitirse a la resistencia, desde la Educación Física es menester desglosarla para un mayor entendimiento. Dependiendo del uso predominante de una vía metabólica u otra distinta, podemos clasificarla en capacidad aeróbica o potencia aeróbica (Pradet, M. 1999). Un ejercicio de potencia aeróbica (equivalente al VO<sub>2</sub> máx.) es un esfuerzo de máxima intensidad con una duración aproximada en torno a los 3-6 minutos.

Reconocer el carácter del esfuerzo en una prueba es fundamental para garantizar la validez del mismo, al igual que aplicar terminología acorde a lo que se refiere para no mal interpretar los resultados obtenidos, Cabral de Oliveira, A. 2002 concluye que existen diferencias significativas en la potencia aeróbica, pero utiliza la prueba de Von Döbeln (estimación indirecta a través de un estímulo sub-máximo); o el estudio de Azboy, O. and Kaygisiz, Z. 2009 que concluye que existen diferencias significativas en la potencia aeróbica a través de test incremental por minuto hasta el fallo (el tiempo registrado está por encima de los parámetros de potencia aeróbica).

El objetivo del presente estudio fue determinar si la privación de 24 horas de sueño reduce el consumo máximo de oxígeno estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en futbolistas de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú en el año 2018.

Si bien el promedio del VO<sub>2</sub> máx. estimado por el test Course Navette fue mayor para el grupo que estaba privado de 24 horas de sueño en un 0.98% (47.2 ml/min/kg +- 4.81), comparado con los que habían descansado habitualmente (46.74 ml/min/kg +- 4.14); La hipótesis principal es rechazada ya que la privación de 24 horas de sueño no reduce significativamente el VO<sub>2</sub> máx. estimado a través de la prueba indirecta Course de Navette con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Estos hallazgos contrastan con los estudios de Martin, B. 1981; Hi, C. 1991; Cabral de Oliveira, A. 2002; Azboy, O. and Kaygisiz, Z. 2009; Oliver, S. et al 2009; y Mejri, M. et al 2016; pero son consistentes con otros estudios publicados por Martin, B. and Gaddis, G. 1982; Symons, J. et al 1988; Goodman J. et al 1989; Sinnerton, S. and

Reilly, T. 1992; Davenne, D. 2007; Ricardo, J. et al 2008; Van Helder, T. and Radomski, M. 2012; Arbi Mejri, M. et al 2013; Konishi, M. et al 2013; Thun, E. et al 2015; resaltar la diversidad de pruebas para la estimación del rendimiento aeróbico, las mismas van desde pruebas incrementales (Azboy, O. and Kaygisiz, Z. 2009 utilizaron ejercicio incremental hasta el agotamiento, los tiempos registrados están por encima de las prestaciones energéticas para la potencia aeróbica), pruebas que consisten en recorrer la máxima distancia posible en determinado tiempo (Ricardo, J. et al 2008), pruebas hasta el agotamiento a un porcentaje determinado del VO<sub>2</sub> máx (Oliver, S. et al 2009), o bien pruebas indirectas de campo para la estimación del VO<sub>2</sub> máx (Cabral de Oliveira, A. 2002). Tan solo se observan cinco estudios (dos que contrastan con los resultados obtenidos: Hi, C. 1991; Mejri, M. et al 2016; y dos consistentes: Azboy, O. and Kaygisiz, Z. 2009; Arbi Mejri, M. et al 2013) que utilizan protocolos similares al utilizado en el presente estudio; pruebas incrementales por minuto hasta el agotamiento.

Los factores que influyen en el desempeño de la potencia aeróbica incluyen: estado nutricional (reservas de glucógeno muscular), deshidratación, antropometría, nivel de entrenamiento, técnica de carrera, autodisciplina (psicológico), etc. que a su vez, se interrelacionan para optimizar/desmejorar el rendimiento aeróbico. De todas las dimensiones enumeradas solo se manipuló el estado nutricional sobre la última ingesta previa a la prueba, el desayuno, cometido que tiene por fin regular las posibles alteraciones hormonales de una ingesta inadecuada (alteración de los parámetros en la secreción de insulina y/o endorfinas), pero no alcanza para normalizar las reservas de sustratos en caso de que el deportista se encuentre consumiendo un inadecuado plan nutricional o este afectado por el síndrome de sobreentrenamiento.

Las alteraciones en el rendimiento del ejercicio después de la privación del sueño son altamente individuales, van desde una mejora del 5% a una disminución del 45% (Martin, B. 1981), uno de los factores que podría explicar en parte estas variaciones es la percepción de los deportistas para rendir es su máxima performance, si bien el presente trabajo no contempla el registro de la sensación subjetiva de esfuerzo (SSE) el cual es un indicador volitivo muy extendido para medir la intensidad percibida durante la realización de actividades que requieren

esfuerzo físico (Borg, G. 1998); si lo han registrados otros estudios: Cabral de Oliveira, A. 2002 concluye que la reducción en el rendimiento de resistencia después de una noche sin dormir puede ser debido a una mayor percepción de esfuerzo, es decir, a pesar de recorrer una menor distancia total en la prueba después de la privación de sueño, la percepción del esfuerzo de los participantes fue similar. En el mismo sentido Oliver, S; Costa, R; and Col 2009 concluyen que la misma percepción del esfuerzo a pesar de la tendencia a una menor velocidad de carrera sugiere que la percepción del esfuerzo sería mayor para la misma carga de trabajo absoluta. Por lo tanto, el mecanismo responsable de la reducción observada en el rendimiento de resistencia después de una noche sin dormir puede ser una mayor percepción de esfuerzo.

La motivación es un factor esencial para el logro de objetivos, en relación al presente trabajo la misma puede verse afectada por la exposición o no de la privación de sueño, es decir, o duerme la cantidad de horas habituales o están bajo una privación de 24 horas; para constatar el posible efecto del descanso inadecuado el trabajo de investigación contempla una única prueba, haciendo que los deportistas se encuentren posiblemente en diferentes estados de motivación por la experiencia novedosa. Autores como Martin, B. and Chen verificaron un cambio significativo en el estado de humor en individuos sometidos a privación del sueño. Antle, M. and Mistlberger, R. 2000 afirman que la privación del sueño puede cambiar significativamente la cronobiología hormonal con repercusión sobre los estados físico y estados psicológicos (ansiedad, motivación, depresión, etc.)

Resaltar el tamaño de la muestra del presente estudio (n=16), tan solo dos estudios de los que componen el estudio del arte están por encima del número de la muestra.

Tanto el cotejo de los valores del VO<sub>2</sub> máx. estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en comparación con parámetros de referencia (The Cooper Institute) demuestra que tan solo el 6.25 % está dentro de los valores considerados como excelentes, mientras que el 0 % llega a la referencia de superior, como así también amplitud de los valores mínimos y máximos en el grupo control (38.6-53.6 ml/kg/min) como experimental (41.6-50.6 ml/kg/min) deja en evidencia el carácter amateur los participantes.

## CONCLUSIONES

Se realizó una búsqueda de trabajos de investigación, en los cuales, se observó que no existen resultados concluyentes en lo que respecta a la privación de sueño y su influencia en el rendimiento aeróbico.

Se cotejó los valores del VO<sub>2</sub> máx. estimados a través de la prueba indirecta Course Navette en futbolistas amateurs del Club Black River de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú con parámetros de referencia acreditando que el 37.5 % de la muestra se encuentra entre valores deficiente y aceptables, tan solo el 6.25 % está dentro de los valores considerados como excelentes, mientras que el 0 % llega a la referencia de superior, evidenciando el deficiente desarrollo de la capacidad condicionante resistencia de los participantes.

No existen diferencias significativas en el VO<sub>2</sub> máx. estimado a través de la prueba indirecta Course Navette entre futbolistas amateurs del Club Black River de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú, adultos del sexo masculino con un descanso habitual y con privación de 24 horas sin dormir.

Los resultados expuestos se remiten al efecto de la privación de sueño de 24 horas sobre el VO<sub>2</sub> máx. estimado a través de la prueba indirecta Course Navette en futbolistas amateurs de la segunda división de la Liga de Fútbol de Gualeguaychú en el año 2018, queda abierta la discusión sobre las posibles variaciones al constatar los resultados con otra prueba indirecta o bien la posibilidad de acceder la medición directa. Sería interesante además estudiar el posible efecto sobre la selección de otra población, en primera instancia, comparar los resultados con futbolistas con un mayor desarrollo en el rendimiento aeróbico, o bien remitirse a otras disciplinas o deportes.



## **RECOMENDACIONES**

Para futuros trabajos de investigación que estudien los posibles efectos de la privación de sueño sobre el rendimiento aeróbico se propone:

- Emplear una prueba directa para la medición del VO<sub>2</sub> máx y/o una prueba indirecta diferente al Course Navette para la estimación del VO<sub>2</sub> máx.
- Manipular uno/s de los factores condicionantes para la performance aeróbica.
- Usar una muestra futbolística con un historial deportivo más desarrollado (recordar el carácter amateur de los participantes del presente estudio).
- Utilizar una muestra proveniente de una disciplina o deporte diferente.
- Realizar privaciones parciales de sueño en los participantes, es decir, reducir la cantidad de horas de sueño, o bien sueño intermitente (despertares constantes cada cierto tiempo)

## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Abedelmalek, S., Souissi, N., Chtourou, H. (2013). Effects of partial sleep deprivation on proinflammatory cytokines, growth hormone, and steroid hormone concentrations during repeated brief sprint interval exercise. *Chronobiology international*, 30(4), 502-509.
- 2- Durán Agüero, S., Arroyo Jofre, P., Varas Standen, C., Herrera-Valenzuela, T., Moya Cantillana, C., Pereira Robledo, R., & Valdés-Badilla, P. (2015). Calidad del sueño, somnolencia e insomnio en deportistas paralímpicos de elite chilenos. *Nutrición Hospitalaria*, 32(6), 2832-2837.
- 3- Alarcón, N, Evaluando: texto básico de E.D.I. evaluación y Entrenamiento del ISEF N°11 de rodario. 1ª edición. Rosario: Grupo 757 Ediciones, 2011.
- 4- Artero, E. G., Espana-Romero, V., Castro-Pinero, J., Ortega, F. B., Suni, J., Castillo-Garzon, M. J., & Ruiz, J. R. (2011). Reliability of field-based fitness tests in youth. *International journal of sports medicine*, 32(3), 159.
- 5- Antle, M. C., & Mistlberger, R. E. (2000). Circadian clock resetting by sleep deprivation without exercise in the Syrian hamster. *Journal of Neuroscience*, 20(24), 9326-9332.
- 6- Azboy, O., & Kaygisiz, Z. (2009). Effects of sleep deprivation on cardiorespiratory functions of the runners and volleyball players during rest and exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 96(1), 29-36.
- 7- Aziz, A. R., Chia, M. Y. H., & Teh, K. C. (2005). Measured maximal oxygen uptake in a multi-stage shuttle test and treadmill-run test in trained athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(3), 306.
- 8- Bar-Or, O. (1987). The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381-394.
- 9- Belenky, G., Wesensten, N. and Cols. (2003). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *J. Sleep Res.* 12:1-12.

- 10- Berthoin, S., Gerbeaux, M., Turpin, E., Guerrin, F., Lensele-Corbeil, G., & Vandendorpe, F. (1994). Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *Journal of sports sciences*, 12(4), 355-362.
- 11- Carskadon, M. A., & Rechtschaffen, A. (2000). Monitoring and staging human sleep. *Principles and practice of sleep medicine*, 3, 1197-1215.
- 12- Carskadon, M. A., & Dement, W. C. (2005). Normal human sleep: an overview. *Principles and practice of sleep medicine*, 4, 13-23.
- 13- Chatterjee, P., Banerjee, A. K., Das, P., & Debnath, P. (2010). A regression equation for the estimation of maximum oxygen uptake in Nepalese adult females. *Asian journal of sports medicine*, 1(1), 41.
- 14- Chen, H. I. (1991). Effects of 30-h sleep loss on cardiorespiratory functions at rest and in exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 23(2), 193-198.
- 15- Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports medicine*, 38(4), 297-316.
- 16- Davenne, D. (2009). Sleep of athletes—problems and possible solutions. *Biological Rhythm Research*, 40(1), 45-52.
- 17- Ernsting, M., Volek, J. S., Hollander, D. B., Haff, E. E., & Haff, G. G. (2007). The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1146.
- 18- Erlacher, D., Ehrlenspiel, F., Adegbesan, O. A., & Galal El-Din, H. (2011). Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *Journal of sports sciences*, 29(8), 859-866.
- 19- España-Romero, V., Artero, E. G., Jimenez-Pavon, D., Cuenca-Garcia, M., Ortega, F. B., Castro-Pinero, J., ... & Ruiz, J. R. (2010). Assessing health-related fitness tests in the school setting: reliability, feasibility and safety; the ALPHA Study. *International journal of sports medicine*, 31(07), 490-497.
- 20- Falgairette, G., Bedu, M., Fellmann, N., Spielvogel, H., Van Praagh, E., Obert, P., & Coudert, J. (1994). Evaluation of physical fitness from field tests at high altitude

in circumpubertal boys: comparison with laboratory data. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 69(1), 36-43.

21- Galasso, C. 2014. Apuntes de Entrenamiento Deportivo para Deporte Competitivo, Ciclo de Licenciatura en Educación Física con orientación en Ciencias del Ejercicio, Facultad Ciencias de la Comunicación y De la Educación, Universidad de Concepción del Uruguay).

22- García, G. C., Secchi, J. D., & Cappa, D. F. (2013). Comparison of the maximal oxygen uptake predictive using different incremental field test: UMTT, VAM-EVAL and 20m-SRT. *Arch Med Deporte*, 30(3), 76-82.

23- García, G. C., & Secchi, J. D. (2013). Relationship between the final speeds reached in the 20 metre Course Navette and the MAS-EVAL test. A proposal to predict the maximal aerobic speed. *Apunts Medicina de l' Esport (English Edition)*, 48(177), 27-34.

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

25- Garcia-Mas, A., & Aguado, F. J. (2007). Sueño, descanso y rendimiento en jóvenes deportistas de competición. *Revista de Psicología del deporte*, 12(2).

26- García Ucha, F., Crespo Marrero, R., Lorenzo Mendivia, O., Troche Cuevas, E., Ariosa, H., Vázquez Villazón, M., & del Carmen Pulgarin, M. (2003). Trastornos del dormir en el deportista. *Revista Cubana de Psicología*, 20(3), 218-221.

27- Goodman, J., Radomski, M., Hart, L., Plyley, M., & Shephard, R. J. (1989). Maximal aerobic exercise following prolonged sleep deprivation. *International journal of sports medicine*, 10(06), 419-423.

28- Halson, S. L. (2013). Nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Science Exchange* Vol. 26, No. 116, 1-5.

29- Halson, S. L. (2013). Sleep and the elite athlete. *Sports Science Exchange* Vol. 26, No. 113, 1-4.

30- Hawley, J., & Burke, L. (2000). Rendimiento deportivo máximo. *Barcelona: Editorial Paidotribo*.

- 31- Ivarsson, T. (2012). Short-term sleep deprivation and its effect on muscle performance in healthy young males. Halmstad University. Masters program in Sports and Exercise Science – Human Performance
- 32- Jácome, J. F. (2015). El Sueño y la Actividad Deportiva, Neurociencias y Deporte. <http://g-se.com/es/org/neurodeporte/blog/el-sueno-y-la-actividad-deportiva>.
- 33- Juliff, L. E., Halson, S. L., & Peiffer, J. J. (2015). Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(1), 13-18.
- 34- Kaygisiz, Z., Erkasap, N., & Soydan, M. (2003). Cardiorespiratory responses to submaximal incremental exercise are not affected by one night's sleep deprivation during the follicular and luteal phases of the menstrual cycle. *Indian journal of physiology and pharmacology*, 47(3), 279-287.
- 35- Konishi, M., Takahashi, M., Endo, N., Numao, S., Takagi, S., Miyashita, M., ... & Sakamoto, S. (2013). Effect of one night of sleep deprivation on maximal fat oxidation during graded exercise. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 2(1), 121-126.
- 36- Kripke, D; Garfinkel, L, and Cols (2002). Mortality associated with sleep duration and insomnia. *Archives of General Psychiatry*, 59, 131-136.
- 37- Krueger, J.M., Majde, J.A. and Cols. (2011). Cytokines in immune function and sleep regulation. *Handb. Clin. Neurol.* 98:229-240.
- 38- Lee DC, Artero EG, Sui X, Blair SN (2010). Mortality in the general population: The cardiorespiratory fitness. *J Psychopharmacol.* 24 4 Suppl:27---3
- 39- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences*, 6(2), 93-101.
- 40- Martin, B. J. (1981). Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 47(4), 345-354.
- 41- Martin, B. J., & Gaddis, G. M. (1981). Exercise after sleep deprivation. *Medicine and science in sports and exercise*, 13(4), 220-223.

- 42- Martin, B. J., & Chen, H. I. (1984). Sleep loss and the sympathoadrenal response to exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- 43- Mejri, M. A., Hammouda, O., Zouaoui, K., Chaouachi, A., Chamari, K., Rayana, M. C. B., & Souissi, N. (2014). Effect of two types of partial sleep deprivation on Taekwondo players' performance during intermittent exercise. *Biological rhythm research*, 45(1), 17-26.
- 44- Mejri, M. A., Yousfi, N., Mhenni, T., Tayech, A., Hammouda, O., Driss, T., ... & Souissi, N. (2016). Does one night of partial sleep deprivation affect the evening performance during intermittent exercise in Taekwondo players?. *Journal of exercise rehabilitation*, 12(1), 47.
- 45- Miró, E., Iáñez, M. A., & Cano-Lozano, M. D. C. (2002). Patrones de sueño y salud. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 2(2)
- 46- Oliveira, A. C. (2002); Efecto de la privación del sueño sobre el rendimiento físico. *Archivos de Medicina del Deporte, Pamplona*, v. 19, n. 87, p. 23-28.
- 47- Oliver, S. J., Costa, R. J., and Col (2009). One night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance. *European journal of applied physiology*, 107(2), 155-161.
- 48- Ordoñez, F. M., & Guillén, L. L. S (2014). Intervención nutricional para la mejora del sueño en deportistas. <https://g-se.com/es/salud-y-fitness/blog/intervencion-nutricional-para-la-mejora-del-sueno-en-deportistas>
- 49- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., Bergman, P., Hagströmer, M., & Polito, A. (2008). Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *International journal of obesity*, 32(S5), S49.
- 50- Pilcher, J. J., & Huffcutt, A. I. (1996). Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep*, 19(4), 318-326.
- 51- Pradet, M. (1999). La preparación física (Vol. 305). Inde.
- 52- Reilly, T. Edwards, B. (2007) Altered sleep-wake cycles and physical performance in athletes. *Physiology & Behavior* 90. 274-284

- 53- Reilly, T., Deykin T. (1983). Effects of partial sleep loss on subjective states, psychomotor and physical performance tests. *J. Human Mov. Stud.* 9:157-170.
- 54- Ricardo, J. C., Cartner, L., Oliver, S. J., Laing, S. J., Walters, R., Bilzon, J. L., & Walsh, N. P. (2009). No effect of a 30-h period of sleep deprivation on leukocyte trafficking, neutrophil degranulation and saliva IgA responses to exercise. *European journal of applied physiology*, 105(3), 499-504.
- 55- Rouba, I. B. (1999). Sueño y entrenamiento deportivo. *Apunts. Educación física y deportes*, 4(58), 42-49.
- 56- Savis, J. C. (1994). Sleep and athletic performance: overview and implications for sport psychology. *The Sport Psychologist*, 8, 111-125.
- 57- Sinnerton, S., & Reilly, T. (1992). Effects of sleep loss and time of day in swimmers. *Biomechanics and medicine in swimming: swimming science VI*, 399-404.
- 58- Souissi, N., Sesboüé, B., Gauthier, A., Larue, J., & Davenne, D. (2003). Effects of one night's sleep deprivation on anaerobic performance the following day. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3-4), 359-366.
- 59- Spiegel, K., Leproult, R. and Cols. (1999). Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *Lancet* 354:1435-1439.
- 60- Spiegel, K., Tasali, E. and Cols. (2004). Brief communication: Sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite. *Ann. Intern. Med.* 141:846-50.
- 61- Symons, J. D., VanHelder, T., and Col (1988). Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. *Medicine and science in sports and exercise*, 20(4), 374-380.
- 62- Taheri, M., & Arabameri, E. (2012). The effect of sleep deprivation on choice reaction time and anaerobic power of college student athletes. *Asian journal of sports medicine*, 3(1), 15.
- 63- Thun, E., Bjorvatn, B., Flo, E., Harris, A., & Pallesen, S. (2015). Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep medicine reviews*, 23, 1-9.

- 64- Van Helder, T., & Radomski, M. W. (2012). Sleep deprivation and the effect on exercise performance. *Sports Medicine*, 7(4), 235-247.
- 65- Van Loon, L. J. (2013). Protein ingestion prior to sleep: Potential for optimizing post-exercise recovery. *Sports Science Exchange*, 26(117), 1-5.
- 66- Vardar, S. A., Öztürk, L., Kurt, C., Bulut, E., Sut, N., & Vardar, E. (2007). Sleep deprivation induced anxiety and anaerobic performance. *Journal of sports science & medicine*, 6(4), 532.
- 67- Vilamitjana, J. (2014). El sueño, el deporte y la calidad de vida. Red Nacional Actividad Física y Desarrollo Humano REDAF. [https://www.researchgate.net/profile/Javier\\_Vilamitjana3/publication/277405060\\_EL\\_SUENO\\_EL\\_DEPORTE\\_Y\\_LA\\_CALIDAD\\_DE\\_VIDA/links/556a583908aefcb861d5f50c/EL-SUENO-EL-DEPORTE-Y-LA-CALIDAD-DE-VIDA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Javier_Vilamitjana3/publication/277405060_EL_SUENO_EL_DEPORTE_Y_LA_CALIDAD_DE_VIDA/links/556a583908aefcb861d5f50c/EL-SUENO-EL-DEPORTE-Y-LA-CALIDAD-DE-VIDA.pdf)



## **ANEXOS**

### **Anexo 1**

#### **Consentimiento informado:**

Fecha:

La presente investigación es llevada a cabo por el profesor Mariano Adolfo Bohl, alumno del Ciclo de Licenciatura en Educación Física con orientación en Ciencias del Ejercicio, de la Facultad de Ciencias de la Comunicación y de la Educación, Universidad de Concepción del Uruguay, cede Rosario.

El objetivo de este estudio es analizar si la privación de 24 horas de sueño influye sobre el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) estimado a través del test Course Navette, en futbolistas de primera división del Club Black River de la ciudad de Gualeguaychú, Entre Ríos.

Si usted accede a participar de dicha investigación se le pedirá que se someta a la ejecución del test Course Navette.

La información que se obtenga de dicha encuesta no será utilizada para ningún otro propósito fuera del presente trabajo.

La participación es voluntaria.

Desde ya agradezco su participación.

Nombre: .....

Firma: .....

## Anexo 2

### Consentimiento informado:

Fecha:

La presente investigación es llevada a cabo por el profesor Mariano Adolfo Bohl, alumno del Ciclo de Licenciatura en Educación Física con orientación en Ciencias del Ejercicio, de la Facultad de Ciencias de la Comunicación y de la Educación, Universidad de Concepción del Uruguay, cede Rosario.

El objetivo de este estudio es analizar si la privación de 24 horas de sueño influye sobre el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) estimado a través del test Course Navette, en futbolistas de primera división del Club Black River de la ciudad de Gualeguaychú, Entre Ríos.

Si usted accede a participar de dicha investigación se le pedirá que realice una privación de 24 horas de sueño y luego se someta a la ejecución del test Course Navette.

La información que se obtenga de dicha encuesta no será utilizada para ningún otro propósito fuera del presente trabajo.

La participación es voluntaria.

Desde ya agradezco su participación.

Nombre: .....

Firma: .....

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

---

ESTUDIOS PREVIOS: Privación de sueño y merma en el rendimiento aeróbico.

<b>Autor de revisión</b>	<b>Año</b>	<b>Puntos claves</b>			
Davenne, D. Researches review. Sleep of athletes – problems and possible solutions	2007	Los efectos perjudiciales de la privación del sueño se manifiestan por una disminución cognitiva, el deterioro de la memoria, la disminución de la vigilancia y la atención sostenida, y el cambio en la capacidad de respuesta óptima. Sus efectos sobre el rendimiento físico se manifiestan como una disminución en la capacidad de realizar el ejercicio máximo. Las vías aeróbicas y anaeróbicas son afectadas, así como los procesos de fatiga y recuperación. Todos estos efectos dependen del momento y la duración del estado de vigilia, pero muchos de ellos se ven después de pocas horas de privación del sueño.			
Thun, E. Sleep, Researches review. circadian rhythms, and athletic performance	2015	La privación de sueño se asoció negativamente con el rendimiento, mientras que la extensión del sueño parece mejorar el rendimiento. Los efectos de la desincronización de los ritmos circadianos dependen de la hora en la que se produce el rendimiento físico. Concluyendo que una noche de mal sueño y una hora subóptima del día no siempre son perjudiciales para el rendimiento, el sueño de una buena noche y un reloj interno del cuerpo ajustado a la hora de la noche son factores importantes para los atletas determinados a realizar su mejor esfuerzo.			
<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Población</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>
Cabral de Oliveira, A.C. Effect of sleep privation on physical	2002	Verificó el efecto de la privación total como selectiva del	30  hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Los sujetos fueran sometidos a una batería de tests compuesta por	Los resultados mostraron que existen diferencias significativas en relación a la capacidad aeróbica (p< 0.05)

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

performance		sueño, sobre el rendimiento físico y la SSE		Von Döbeln Test (capacidad submáxima de trabajo y de forma indirecta VO <sub>2</sub> máx), y escala de Borg (entre otros); utilizando tres tratamientos distintos A – sueño habitual; B – privación total; y C - sueño fraccionado durante la noche.	ya sea después de una noche sin dormir (privación total) o con un sueño fraccionado (privación selectiva). Alterando inclusive la sensación subjetiva de cansancio (SSE).
Azboy, O. Effects of sleep deprivation on cardiorespiratory functions of the runners and volleyball players during rest and exercise	2009	Estudió el posible efecto de la privación de sueño en el rendimiento físico en deportistas (corredores y jugadores de vóley).	24 hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Los atletas realizaron exámenes espirométricos en reposo y luego ejercicio incremental en bicicleta ergométrica hasta el agotamiento después de una noche habitual de sueño y una noche de restricción del sueño	La FC y la ventilación minuto no tuvieron cambios en reposo en ambos grupos. La pérdida de sueño disminuyó el tiempo de agotamiento en los jugadores de voleibol (p <0,01) y en corredores (p <0,05) la pérdida del sueño no alteró la FC, VO <sub>2</sub> , VCO <sub>2</sub> , aunque si modifico la ventilación minuto.
Oliver, Samuel; One	2009	Investigar si una	11	Estudio experimental,	Hubo menor distancia

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance.		noche de privación de sueño perjudica las funciones cardiorrespiratorias, la SSE y el rendimiento aeróbico en 30 minutos de ejercicio.	hombres	prospectivo, transversal. La prueba consistió en correr 30 minutos al 60% del VO <sub>2</sub> máx para luego recorrer la máxima distancia en 30 minutos. Con sueño habitual y con privación de 30 horas	cubierta. No hubo diferencias significativas en las funciones cardiorrespiratorias (FC, entre otras). La percepción de esfuerzo fue similar a pesar de haber recorrido menos distancia.
Mejri, M. Does one night of partial sleep deprivation affect the evening performance during intermittent exercise in Taekwondo players?	2016	Estudiar el efecto de una noche de privación de sueño en la FC pico, y la SSE y el rendimiento aeróbico en ejercicio	10 hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Realizaron el Yo-Yo test de recuperación intermitente en tres condiciones de sueño (noche de sueño habitual), privación parcial del sueño al comienzo de la noche, privación parcial del sueño al final de la noche	Un efecto significativo de la restricción de sueño se observó en la distancia total cubierta. Sin embargo, no hubo cambios significativos en FC pico y SSE después de los dos tipos de privación de sueño parcial en comparación con sueño habitual.

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

		intermitente			
<b>Estudios relevantes con una antigüedad mayor a 15 años desde su publicación original.</b>					
Bruce, Martin; Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise	1981	Investigar el rendimiento aeróbico con restricción del sueño de 36 horas y con sueño habitual.	8 hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Dos ensayos con sueño habitual y privación de 36 horas en carrera en cinta rodante hasta el agotamiento al 80% del VO2máx	Se redujo el tiempo de trabajo al agotamiento ( $p = 0,05$ ). Mayor esfuerzo percibido. Frecuencia cardíaca sin cambios. La ventilación minuto fue elevada durante el ejercicio ( $p < 0,05$ ). Estos hallazgos sugieren que los efectos psicológicos de la pérdida aguda del sueño pueden contribuir a la disminución de la tolerancia del ejercicio aeróbico prolongado.
Hi, Chen; Effects of 30-h sleep loss on cardiorespiratory	1991	Investigó los efectos de la privación del	15 hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Dos ensayos: uno con sueño habitual	Los resultados mostraron que la potencia aeróbica se redujo (menor tiempo de

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

functions at rest and in exercise		sueño de 30 horas sobre la función cardiorrespiratoria, la potencia aeróbica y sobre la capacidad aeróbica		y el otro con privación de 30 horas de sueño; para analizar la función cardiorrespiratoria en la potencia aeróbica estimada por una prueba incremental por minuto hasta el agotamiento y en la capacidad aeróbica estimada con una prueba de resistencia hasta el agotamiento al 75% del VO2 máx para estimar la capacidad aeróbica, en bicicleta ergométrica.	pedaleo en la prueba incremental), al igual que el VO2 máx y FC pico; aunque no se encontraron cambios significativos en la capacidad aeróbica (pedaleo hasta el agotamiento).
-----------------------------------	--	--	--	--	--

ESTUDIOS PREVIOS: Privación de sueño y estabilidad en el rendimiento aeróbico.

<b>Autor de revisión</b>	<b>Año</b>	<b>Puntos Claves</b>
Van Helder, T; Researches review.  Sleep deprivation and the effect on exercise	2012	La privación de sueño de 30 a 72 horas no afecta las respuestas cardiovasculares, respiratorias, ni la potencia aeróbica. El tiempo hasta el agotamiento se reduce por la privación del sueño. Aunque las puntuaciones de esfuerzo percibido siempre aumentaron durante el ejercicio con privación de sueño en comparación con el sueño normal, no se trata de una evaluación confiable de la capacidad del sujeto para realizar el trabajo físico ya que las calificaciones del esfuerzo percibido están dissociadas

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

performance.		<p>de cualquier cambio cardiovascular en la privación del sueño.</p> <p>El examen de los diversos parámetros hormonales y metabólicos que se han medido en los estudios revisados revela que las perturbaciones metabólicas principales que acompañan la privación del sueño en los seres humanos son un aumento de la resistencia a la insulina y una disminución en la tolerancia a la glucosa. Esto puede explicar la reducción en el tiempo observado hasta el agotamiento en los sujetos privados de sueño.</p>			
<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Población</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>
<u>Kaygisiz, Z.</u> Cardiorespiratory responses to submaximal incremental exercise are not affected by one night's sleep deprivation during the follicular and luteal phases of the menstrual cycle.	2003	Investigó los efectos de la privación de sueño de una noche sobre las respuestas cardiorrespiratorias (VO <sub>2</sub> , VCO <sub>2</sub> , FV, VE, FC)	9 mujeres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Dos ensayos: sueño habitual y privación de una noche se sueño en ejercicio incremental hasta el agotamiento	Los resultados sugieren que la privación de sueño de una noche no produce alteraciones en los parámetros cardiorrespiratorios en ejercicio incremental.
Costa Ricardo, J.	2008	Investigar el efecto	11 hombres	Estudio experimental,	Concluye que un período de



“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

No effect of a 30-h period of sleep deprivation on leukocyte trafficking, neutrophil degranulation and saliva IgA responses to exercise		de una noche sin dormir en los índices inmunes en respuesta al ejercicio extenuante posterior		prospectivo, transversal. Dos ensayos sueño habitual y privación de una noche; en un protocolo que consistía de carrera a estado estable de 30 minutos al 60% VO <sub>2</sub> máx; y luego 30 minutos a recorrer la mayor distancia posible. Se midió FC, y el cortisol de plasma.	30 h de privación del sueño no altera la FC, la distancia de recorrida, ni tampoco la concentración de cortisol en plasma en reposo o después de ejercicio submáximo o extenuante.
Konishi, M. Effect of one night of sleep deprivation on maximal fat oxidation during graded exercise	2013	investigar los efectos de una noche de privación de sueño en la máxima oxidación de grasa, FC y el VO <sub>2</sub> máx.	10 hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Dos ensayos: sueño habitual y privación de una noche de sueño en prueba de ejercicio graduada hasta el agotamiento	No se encontraron diferencias significativas en la máxima tasa de oxidación de grasa, VO <sub>2</sub> máx y la frecuencia cardiaca.
Arbi Mejri, Mohamed; Effect of two types of partial	2013	Evaluar los efectos de dos tipos de privación de sueño	10 hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Realización del Test de	No se observaron diferencias significativas entre la distancia total cubierta, frecuencia

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

sleep deprivation on Taekwondo players' performance during intermittent exercise		parcial en el rendimiento aeróbico, FC pico y SSE		Recuperación Intermitente Yo-Yo Nivel 1 en tres condiciones: (A) después de una noche habitual de sueño (B) privación parcial en el comienzo de la noche, y (C) privación de sueño parcial al final de la noche.	cardiaca, concentración plasmática de lactato y percepción de esfuerzo
<b>Estudios relevantes con una antigüedad mayor a 15 años desde su publicación original.</b>					
Symons, J.D; Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation.	1988	Estudiar el efecto de 60 horas de privación del sueño sobre el rendimiento físico y las respuestas fisiológicas (VO <sub>2</sub> , VCO <sub>2</sub> , VE, VO <sub>2</sub> máx y FC)	11 sujetos varones.	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Dos ensayos: sueño regular de 7 horas por noche y 60 horas de privación del sueño, realizaron carrera en cinta al 80% del VO <sub>2</sub> máx y el test de Wingate (potencia anaeróbica).	Las respuestas cardiovasculares y respiratorias no se alteraron significativamente. El estudio no evaluaba distancia total cubierta
Martin, BJ; Exercise after sleep	1981	Estudiar el efecto de la privación del	6 hombres.	Estudio experimental, prospectivo, transversal.	La pérdida del sueño no alteró VO <sub>2</sub> max, mientras que redujo

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

deprivation.		sueño sobre el rendimiento aeróbico, FC pico y SSE		Se realizaron 3 series de 8 minutos de ejercicio en bicicleta ergométrica al 25%, 50% y 75% del VO2max; en tres ensayos A- sueño habitual B- privación de 30 h, y C- sueño reconstituido	significativamente la FC pico; las puntuaciones de la SSE aumentaron significativamente durante el ejercicio moderado y pesado
Goodman J; Maximal aerobic exercise following prolonged sleep deprivation.	1989	Investigar el efecto de 60 h de privación del sueño sobre el rendimiento aeróbico, VO2 máx y la FC pico	12 mujeres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Dos ensayos: Grupo A: sueño habitual; Grupo B: privación de 60 horas. Se sometieron a prueba en bicicleta ergométricas hasta el agotamiento además de la realización de una secuencia de tareas cognitivas.	El VO2 máx, FC pico, y el tiempo hasta el agotamiento no mostraron diferencias significativas.
Sinnerton, S. Effects of sleep loss and time of day in swimmers	1992	Estudió los efectos de la privación parcial de sueño	8 hombres	Estudio experimental, prospectivo, transversal. Dos ensayos: privación parcial y	No se observaron diferencias significativas en la función pulmonar o los tiempos de

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

---

		<p>en el desempeño en natación; la función pulmonar (capacidad vital, volumen espiratorio forzado), FC, y los estados de ánimo.</p>		<p>sueño habitual. Se realizaron pruebas espirométricas, se registraron tiempos de natación en 50 y 400 metros. Entre otras pruebas que carecen de interés.</p>	<p>natación. La pérdida del sueño afectó los estados de ánimo</p>
--	--	---	--	---	---

Sin embargo, hallazgos significan que el alcance, la influencia y los mecanismos de la pérdida del sueño que afectan el rendimiento del ejercicio siguen siendo contradictorios.

#### ANEXO 4



*Entrada en calor previa a la realización de la prueba*



*Entrada en calor previa a la realización de la prueba*

“Efecto de la privación de 24 horas de sueño sobre el máximo consumo de oxígeno estimado a través de la prueba Course Navette en futbolistas amateurs.”

---

Autor: BOHL Mariano Adolfo.  
Profesor de Ed. Física

Tutor: ROMANI Carlos Adrián.  
Máster en Ciencias del Deporte

Gualeguaychú, Octubre de 2018