



# Universidad de León

PROGRAMA DE DOCTORADO EN  
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

INSTITUTO DE BIOMEDICINA (IBIOMED)

## La Calidad del Sueño y su relación con la Práctica Deportiva

Memoria que presenta para la obtención del grado de Doctor:

**D. Marcos López Flores**

León, Octubre de 2018



## **Informe del Director de la Tesis Doctoral**

El Dr. D. José Gerardo Villa Vicente, Catedrático de Educación Física y Deportiva, del Dpto de Educación Física y Deportiva , miembro del Grupo de Investigación en Valoración de la Condición Física en relación con la salud, el entrenamiento, el rendimiento físico-deportivo y la nutrición (VALFIS), adscrito al Instituto de Biomedicina (IBIOMED) de la Universidad de León, como Director de la Tesis Doctoral titulada “La Calidad del Sueño y su relación con la Práctica Deportiva”, realizada por D. Marcos López Flores, en el Programa de Doctorado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, informa favorablemente el depósito de la misma, dado que reúne los requisitos y las condiciones necesarias para su presentación y defensa.

Lo que firmo, en León a            de            de            201\_

Fdo. Dr. José Gerardo Villa Vicente



## Admisión a Trámite de la Tesis Doctoral

La Comisión Académica del Programa de Doctorado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, como órgano responsable del mismo, en su reunión celebrada el día \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_ ha acordado dar su conformidad a la admisión a trámite de lectura de la Tesis Doctoral titulada "*La Calidad del Sueño y su relación con la Práctica Deportiva*", dirigida por el Dr. D. José Gerardo Villa Vicente elaborada por D. Marcos López Flores, y cuyo título en inglés es el siguiente "Sleep Quality and its relationship with Exercise"

Lo que firmo, en León a \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

El Secretario de la Comisión Académica,

VºBº Presidente de la Comisión Académica

Fdo.: Dra. Dña. María Pilar Sánchez Collado

Fdo.: Dr. D. Javier González Gallego



## Agradecimientos

Antes de nada me gustaría agradecer su colaboración a todos los participantes que se presentaron voluntariamente a los diferentes estudios, sin los cuales este trabajo no podría haberse llevado a cabo.

También, desde el recuerdo, al fallecido profesor Dr. Secundino Fernández García. Siempre lo he considerado una de las personas más brillantes que he conocido y probablemente uno de los más influyentes en mi etapa formativa.

Al Personal Docente Investigador y de Administración y Servicios de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y del Instituto de Biomedicina de la Universidad de León, donde me he formado como profesional. Igualmente, al PDI de la Universidad Isabel I, en la que considero que he mejorado profesional y personalmente.

A mis amigos y compañeros de León, el Dr. Jorge López Satue, y la Dra. Belén Carballo Leyenda del laboratorio 86 de la Facultad, que hicieron que los años de trabajo se pasasen como si nada. También a mi amigo y compañero de la asignatura Fisiología del Ejercicio, el Dr. Alejandro Rodríguez Fernández, del que sigo aprendiendo a diario.

Muy especialmente, agradezco la colaboración de mis amigos la Dra. Patricia Cabrero y mi gran amigo el Dr. David Suarez Iglesias. Además de ser grandes académicos, han sido fundamentales para la consecución de este trabajo y siempre estaré agradecido.

No puede faltar el agradecimiento y reconocimiento al director de esta tesis, el Dr. José Gerardo Villa, su paciencia, implicación y apoyo para que este trabajo pudiera salir adelante, ya que sin él no hubiera sido posible.

Finalmente, agradecer el cariño y la educación que he recibido de mis abuelos, Julia, Dolores, Antonio y Manuel, y de mis padres, Ana y José, y que comparto con mi hermana Alicia.



*A María,*



## Difusión de los resultados

### **Algunos resultados de esta Tesis han sido publicados en:**

**López-Flores, M.**, Nieto Luque, R., Costa Moreira, O., Suárez Iglesias, D., Villa Vicente, J.G. (2018) Effects of Melatonin on Sports Performance: A Systematic Review. *J Exerc Physiol Online*, 21(5):121-138.

### **Algunos resultados de esta Tesis han sido aceptados para su publicación en:**

**López-Flores, M.**, Rodríguez-Fernández, A., Suárez Iglesias, D., Rodríguez Marroyo, J.A., Villa Vicente, J.G. (2018) Validez de la pulsera de cuantificación Fitbit Flex® en la valoración del sueño. Revista CCD [pendiente de publicación]

### **Algunos resultados de esta Tesis están pendientes de aceptación para su publicación en:**

**López-Flores, M.**, Suárez Iglesias, D., Castillo, D., Raya González, J., Rodríguez-Fernández, A., Villa Vicente, J.G. (2018) Sleep Quality in Wheelchair Basketball players: influence of training and competition load. *J Exerc Physiol Online*.

### **Algunos resultados de esta Tesis han sido presentados en los siguientes congresos:**

**López-Flores, M.**, Suárez-Iglesias, D., Rodríguez-Marroyo, J.A., Villa Vicente, J.G. (2016) Prevención del sedentarismo mediante la iniciación al running: repercusión en la condición física aeróbica y la calidad del sueño. Trabajo presentado en el III Congreso Internacional de Prevención de Lesiones Deportivas, Universidad Católica de Murcia, 10-12 de Abril de 2016.

**López-Flores, M.**, Suárez-Iglesias, D., Rodríguez-Marroyo, J.A., Villa Vicente, J.G. (2016) Comparación de las pulseras de actividad Actigraph-GRX3® y Fitbit-Flex® en el registro de indicadores de calidad de sueño. Trabajo presentado en el III Congreso Internacional de Prevención de Lesiones Deportivas, Universidad Católica de Murcia, 10-12 de Abril de 2016.

Lamela Rodríguez, B., Suárez Iglesias, D., **López-Flores, M.**, Villa Vicente, J.G., Gutiérrez Fuentes, M.T. (2018) Sistema de lateralización autónoma en la prevención y tratamiento de las lesiones por presión: A propósito de un caso. Congreso Ceapat.

**Algunos resultados de esta Tesis han sido presentados en la siguiente jornada de divulgación:**

**López-Flores, M.**, (2017) El entrenamiento invisible. Ponencia presentada en la Jornada de Divulgación Científica de la Fundación Alberto Contador. Oliva, Comunidad Valenciana, 29 de abril de 2017.

## PREFACIO

La concepción de esta Tesis Doctoral fue el resultado de la formación en el Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y el Master en Investigación e Innovación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en la Universidad de León, que fueron despertando mi interés en la aplicación de las nuevas tecnologías en la actividad física, así como de un factor determinante en el rendimiento deportivo y en la salud de las personas en general: el sueño.

El sueño, como factor fundamental de la calidad de vida, ha sido uno de las variables más *descuidadas* en el control de la recuperación en el contexto del rendimiento deportivo. Al contrario, en el ámbito de la salud esta temática ha sido recurrente en estudios de calidad de vida, en la que se centran la mayoría de las investigaciones sobre su naturaleza, trastornos y hábitos de vida que afectan a sus indicadores. Realizamos una revisión bibliográfica comprobando que existe un gran vacío en cuanto al sueño y su relación con la actividad física, concretamente con la cualidad de aeróbica y los hábitos de vida saludables.

En palabras de Fred Vergnoux, entrenador de élite de nadadores olímpicos como Mireia Belmonte, medalla de Oro en 200 m mariposa en los Juegos Olímpicos de Río 2016.

*“El factor más importante del entrenamiento es el descanso. Todo está conectado con esta noción. No puedes mejorar tu fuerza si no descansas. No puedes mejorar la velocidad en el agua si no descansas, No puedes competir bien si no descansas. El descanso es cada día más importante. Y es un mundo que todavía está inexplorado. Es ‘amateur’. Se dice que antes de la competición hay que descansar y estirar más. Bueno, vale, pero ¿qué tipo de estiramiento? ¿Dormir? Sí, pero ¿cuántos ciclos? ¿Y a partir de qué hora? ¿Y la siesta? ¿Cuarenta minutos, veinte o diez?”. (El País, el 24 de agosto de 2014).*



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Antecedentes	1
1.1. El sueño como variable vital	1
1.1.1. <i>Los trastornos y la privación del sueño y la enfermedad cardiovascular</i>	8
1.1.2. <i>Las variables del sueño</i>	11
1.1.3. <i>Los ritmos circadianos</i>	12
1.2. Relación entre el sueño y la actividad física y deportiva	20
1.2.1 <i>El sueño en deportistas</i>	22
1.2.2. <i>El sueño en deportistas con discapacidad</i>	34
1.2.3. <i>El sueño como parte de los protocolos de recuperación</i>	36
1.3. Los instrumentos de valoración del sueño	42
1.3.1. <i>Las nuevas tecnologías aplicadas a la evaluación del sueño</i>	44
2. Objetivos	53
3. Metodología	57
4. Resultados y discusión	67
4.1.- Estudio 1: Efectos de la melatonina en el rendimiento deportivo	69
4.2.-Estudio 2: Calidad del sueño en jugadores de baloncesto en silla de ruedas: influencia de la carga de entrenamiento y competición	99
4.3.-Estudio 3: Validez de la pulsera de cuantificación Fitbit Flex® en la valoración del sueño	115
5. Conclusiones	137
6. Recomendaciones prácticas	141
7. Futuras líneas de investigación	145
8. Referencias	149
9. Anexos	191



# ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

## Antecedentes:

Figura 1. Ejemplo de REM en un sujeto durmiendo.	2
Figura 2. Hypnograma.	3
Figura 3. Respuesta encefalográfica durante el sueño en humanos y ratas	4
Figura 4. Prevalencia del insomnio en España.	8
Figura 5. Ubicación anatómica del Nucleo Supraquiasmático	13
Figura 6. Actividad del NSQ en ciclos de 24 h	14
Figura 7. Comportamiento de diversas variables durante un ciclo circadiano	15
Figura 8. Esquema de las ipGRCs y sus conexiones en la retina	17
Figura 9. Esquema de la señal nerviosa desde las ipGRCs a la glándula Pineal	18
Figura 10. Cordinación del reloj central (NSQ) con los periféricos (viscerales)	19
Figura 11. Publicaciones acerca del sueño en deportistas y la recuperación	22
Figura 12. Ilustración esquemática de los diferentes ritmos clave en el ajuste del Jet Lag	26
Figura 13. Frecuencia Cardíaca tras ejercicio nocturno aeróbico de alta intensidad	32
Figura 14. Fitbit Flex®	51
Figura 15. Software online de Fitbit® y app movil	51

## Metodología

Figura 16. Actigraph wGT3x®	60
Figura 17. Software de análisis actigráfico Actilife 6.0.	61
Figura 18. Fitbit Flex®	
Figura 19. Activación de la Fitbit Flex®	63
Figura 20. Cambio de registro de la Fitbit Flex®	63
Figura 21. Software online de análisis de Fitbit Inc.	63

## Resultados y discusión. Estudio 1

Figura 22. Diagrama de flujo	77
Tabla 1. Características de los estudios incluidos en la revisión bibliográfica	81

Tabla 2. Recomendaciones para la mejora del rendimiento deportivo, la calidad del sueño y la resincronización circadiana	89
--	----

## **Resultados Estudio 2**

Tabla 3. Descripción y clasificación lesional de los participantes	104
Tabla 4. Diferencias de la RPE y TQR, y los indicadores de la calidad del sueño antes y después del periodo competitivo	107
Tabla 5. Correlaciones entre la RPE y el Volumen de entrenamiento con los indicadores de calidad del sueño y la TQR	107
Figura 23. Relación de la dosis-respuesta de carga de entrenamiento y recuperación en lesionados musculo esqueléticos	108
Figura 24. Relación de la dosis-respuesta de carga de entrenamiento y la recuperación en lesionados medulares	109

## **Resultados Estudio 3**

Tabla 6. Diferencias entre los monitores Fitbit Flex® y Actigraph GT3X®	122
Figura 25. Correlación entre los monitores Fitbit Flex® y Actigraph GT3X® en el registro de la Eficiencia, Latencia y Tiempo Total de Sueño	123
Figura 26. Bland-Altman Plots mostrando el acuerdo entre los monitores Fitbit Flex® y Actigraph GT3X®	124

## **Recomendaciones para deportistas**

Tabla 7. Recomendaciones generales para mejorar la calidad del sueño en el deportista	143
---	-----





## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. El sueño como variable vital

Los humanos pasamos al menos un tercio de nuestra vida durmiendo. Para qué sirve, porqué lo necesitamos y cuáles son los efectos de su privación, son preguntas que se han ido respondiendo en el último siglo, desde las investigaciones comenzadas por el científico de origen ruso N. Kleitman, las cuales desarrolló entre los años 20 y 70 del siglo pasado en Estados Unidos, y cuyo estudio publicado en 1953 (Aserinsky & Kleitman, 1953) cambió por completo el entendimiento científico del sueño (Dement, 2003), describiendo de qué se trataba el movimiento ocular bajo los párpados de alguien que duerme, fácilmente perceptible aunque no estudiado hasta ese momento.

El sueño puede definirse como un estado conductual reversible en el que el individuo se desconecta perceptivamente del entorno, favoreciendo así el descanso motor (Krueger, Obal & Fang, 1999), y no respondiendo a la mayoría de los estímulos (Carskadon & Dement, 2011). Tal es la desconexión del espacio que nos rodea cuando dormimos que Reiss (2016) menciona el paralelismo entre la discapacidad y el sueño, debido a los impedimentos sensoriomotores, la reducción de la capacidad cognitiva y la incapacidad de trabajo y productividad evidentes. Esta condición podría ser atribuible si atendemos la definición de la lengua castellana para “discapacitado”: “dicho de una persona: Que padece una disminución física, sensorial o psíquica que la incapacita total o parcialmente para el trabajo o para otras tareas ordinarias de la vida” (Real Academia de la lengua Española, 2017).

Durante este estado, el organismo realiza funciones de restauración física y mental (Vgontzas & Kales, 1999). Las personas pasan aproximadamente un tercio de su vida durmiendo, debido a sus funciones fundamentales para el desarrollo, el funcionamiento diario y la salud (Gerber, Brand, Holsboer-Trachsler & Pushe, 2010). Los bebés pasan la mitad de su tiempo durmiendo, durante la vida adulta llegamos a dormir una tercera parte de la vida diaria y en la vejez este tiempo se reduce a escasas seis horas por día, una cuarta parte (Wortis, 1987). Ante la enorme cantidad de tiempo que los humanos dedicamos a dormir a lo largo de toda nuestra vida, no nos debe resultar extraña la afirmación de Rechtschaffen (1971), “*if sleep does not serve an absolute vital function, then it is the biggest mistake the evolutionary process ever made*”. (si el sueño no sirve en absoluto para ninguna función vital, entonces es el mayor error que se ha producido en la evolución).

El sueño provoca diversos signos en el cuerpo, de forma que la mayoría de las funciones se ven alteradas en el momento en que nos quedamos dormidos. Ejemplo de ello son los cambios en la respuesta encefalográfica, el estado ocular, el tono muscular, la actividad cardíaca, la respuesta autónoma y la fisiología cardiovascular, los reflejos y otras variables psicológicas.

Dicho estado conductual y fisiológico, puede dividirse en dos fases principales dentro de la compleja arquitectura del sueño (Rial, Nicolau, Gamundi et al., 2007). En función del movimiento ocular el sueño puede dividirse en: sueño de movimiento ocular rápido o *Rapid Eye Movement* (REM) y el sueño de movimiento ocular no rápido o *No Rapid Eye Movement* (NREM) (Aserinsky & Kleitman, 1955), pero el patrón del sueño difiere considerablemente en adultos, con duraciones medias de entre 6,5 y 8 h (Wortis, 1987).

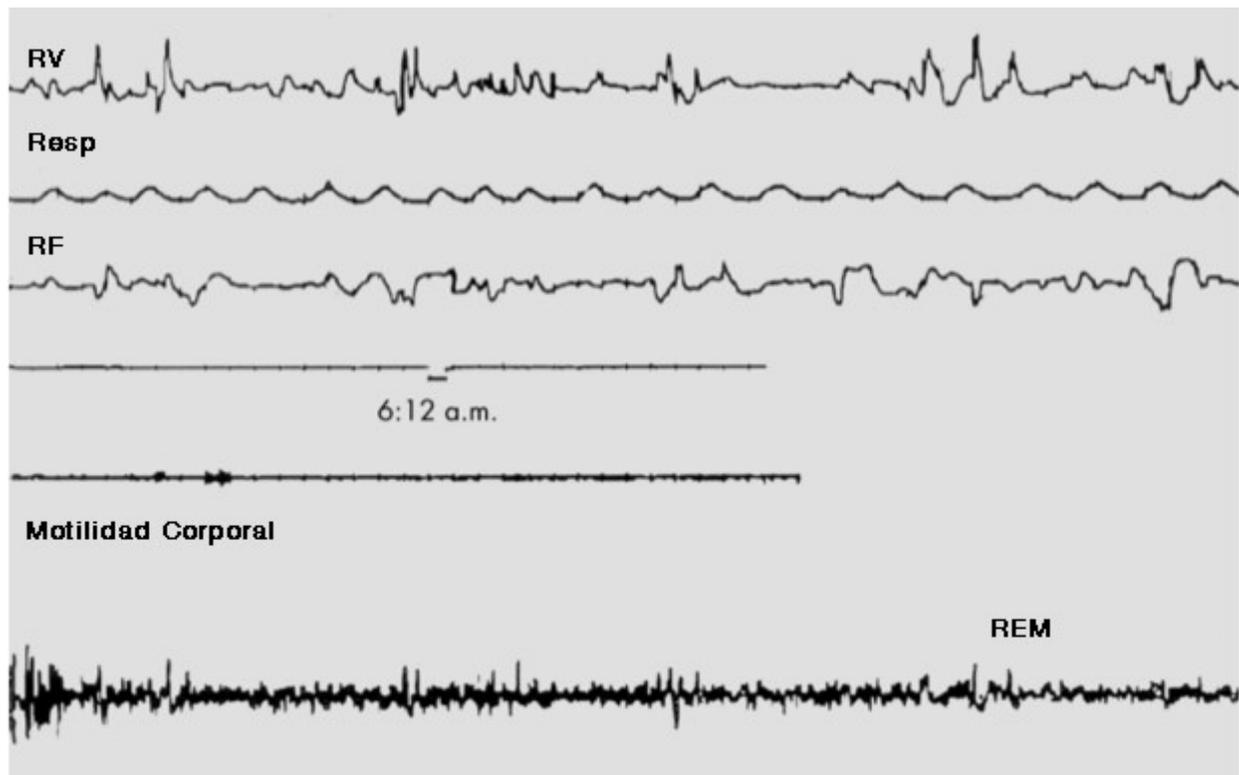


Figura 1. Ejemplo de fase REM en un sujeto durmiendo. Tomado de Aserinsky & Kleitman, 1973.

El sueño normal consta de cuatro a seis ciclos conductuales y encefalográficos claramente definidos, incluyendo periodos en los que el cerebro está activo (fase REM) seguido por periodos de mayor letargo que se asocian a fases de ondas encefalográficas

más lentas (en fase NREM), que en los ancianos puede llegar a desaparecer parcialmente (Vgontzas y Kales, 1999). Se ha demostrado que la privación de sueño REM puede ser tan perjudicial como la privación total de sueño (Palagini, Baglioni, Ciappareli, et al., 2013; Rechtschaffen, Bergmann, Everson et al., 1989), y aunque la falta de sueño REM resulte habitual en algunos pacientes, como las personas con depresión, su privación es tratada farmacológicamente con solvencia (Viot-Blanc, 1995).

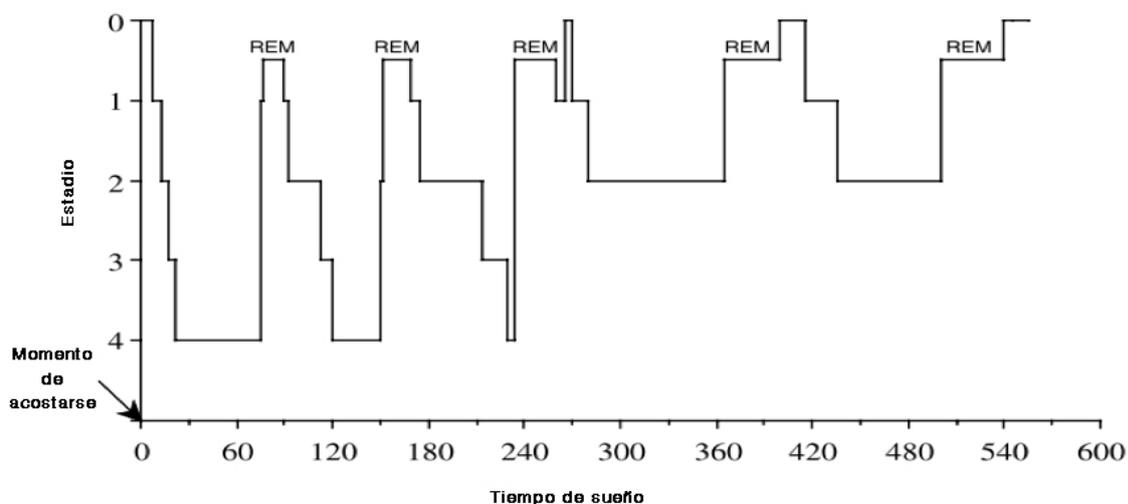


Figura 2. Hypnograma. Desarrollo de los distintos estadios, ciclos conductuales del sueño, durante una noche. Tomado de Åkerstedt & Nilsson, 2003.

En este comportamiento variable de las ondas del sueño durante los ciclos alternos de REM y No-REM, la respuesta encefalográfica varía en la amplitud y la frecuencia de sus ondas. Estudiando esta respuesta del sueño, se ha atribuido a cada una de las fases una respuesta fisiológica precisa (Figura 3). Así, podemos observar como la respuesta encefalográfica del primer sueño REM (*REM Stage 1*) es muy similar a la de la vigilia en cuanto a amplitud de onda y frecuencia se refiere (3-7 Hz), y suele ser considerada la fase de adormecimiento entre la vigilia y el sueño. Sin embargo la respuesta encefalográfica se realentiza en las fases REM 2 y 3, en la que aparecen *spindles* (husos), ondas más amplias con una frecuencia de 12-14 Hz, y los complejos K, picos de ondas negativas que se repiten varias veces por minuto. Dicha fase desencadena una fase N-REM (*Stage 4*), también denominada como sueño de ondas lentas (*Slow Wave Sleep, SWS*) debido a la que la frecuencia desciende hasta 1-2 Hz, o fase de sueño profundo dado el alto nivel de estimulación que se requiere para que el sujeto se despierte.

Si el sujeto es despertado en esta fase, se muestra desorientado, y le resultará difícil llegar a unos valores normales de estado de alerta (activación simpática) (Colado, Guillamón, Ortiz et al., 2017),

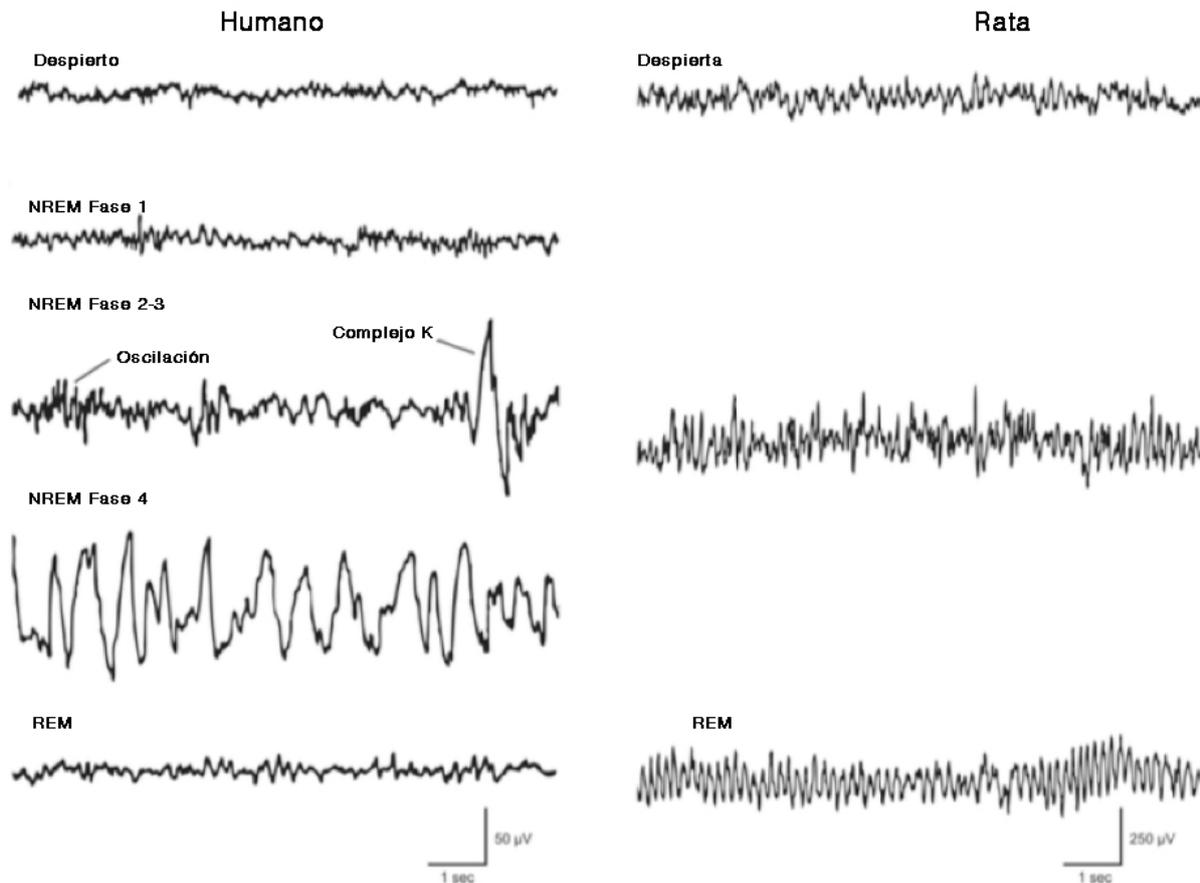


Figura 3. Respuesta encefalográfica durante el sueño en humanos y ratas. Tomado de Brown, Basheer, McKenna et al. (2012).

El sueño presenta una gran variedad de signos tras su comienzo, tales como el comportamiento electroencefalográfico, el movimiento de los ojos, el tono muscular, la función cardiaca y respiratoria, los reflejos, etc. Todo ello hace del sueño un comportamiento bastante complejo (Rial, Nicolau, Gamundi et al., 2007) y multifactorial, de modo que la calidad y cantidad del sueño puede verse modificada por factores ambientales, tales como la exposición a la luz (Czeisler & Brown, 1999), el *jet lag* ocasionado por los viajes en varios husos horarios (Samuels, 2012) y la nutrición (Halson, 2008; 2014), además de la predisposición genética (Sehgal & Mignot, 2011; De Gennaro, Marzano, Fratello et al., 2008).

Aunque existía la teoría que defendía que las seis primeras horas del sueño eran fundamentales y las dos o tres horas siguientes producían únicamente beneficios marginales (Horne, 1988,1991), la evidencia científica ha descrito la recomendación diametralmente opuesta de que los adultos deben tener al menos siete horas de sueño continuadas durante la noche (Watson, Badr, Belenky et al., 2015), y ocho para prevenir los déficits neuropsicológicos y conductuales (Van Dongen, Maislin, Mullington et al., 2003).

Como en cualquier proceso del organismo, el sueño requiere de una dosis equilibrada, y parece por tanto que las ocho horas diarias de sueño son el valor más indicado para adultos sanos. Dormir menos de siete horas diarias se ha asociado con diversos problemas de salud, incluyendo el aumento de peso y la obesidad (Hargens, Kaleth, Edwards & Butner, 2013), la diabetes, hipertensión, enfermedad cardiaca e infarto, depresión e incremento del riesgo de mortalidad, así como otros desequilibrios en la función inmunitaria y el rendimiento en el trabajo, como el aumento del número de errores y el riesgo de accidentes o incluso de la percepción del dolor (Watson, Badr, Belenky et al., 2015). La restricción del sueño se ha asociado desde el siglo XX con el empeoramiento de la salud y la calidad de vida, la seguridad, la productividad individual y social (Belenky, Wesensten, Thorne et al., 2003).

Por otro lado, también dormir más de nueve horas se ha asociado con un riesgo para la salud aún sin suficiente evidencia científica (Watson, Badr, Belenky et al., 2015). No obstante, en población acostumbrada a recortar la duración total del sueño, como adultos jóvenes (Carskadon & Dement, 1982) las horas marginales si pueden suponer una diferencia significativa, y como ocurre con individuos enfermos, dormir nueve horas de sueño puede ser apropiado para ayudarles a combatir la “deuda del sueño” (Watson, Badr, Belenky et al., 2015). Las recomendaciones de siete horas o más de sueño son generales para adultos sanos con edades comprendidas entre los 18 y los 60 años (Krystal & Edinger, 2008). La variabilidad individual de necesidad de descanso está influenciada por la genética, el comportamiento, la prescripción médica y los factores ambientales, por lo que aún no existe un consenso claro en la literatura que permita entender los mecanismos biológicos que condicionan el sueño con precisión.

Sin embargo, a pesar de las recomendaciones y el consenso de la literatura a la hora de establecer una duración recomendada del sueño, la restricción del sueño es un mal

endémico en las sociedades modernas (Belenky, Wesensten, Thorne et al., 2003). La duración y la calidad del sueño ha ido descendiendo en las últimas épocas, retrasándose la hora de acostarse, reduciendo el tiempo y los beneficios del sueño (Webb y Agnew 1975; Bliwise, King, Harris., 1992; Ferrara & De Gennaro, 2001; National Sleep Foundation, 2002).

Aunque las funciones del sueño no han sido descritas en profundidad, generalmente se acepta que permite la recuperación de la vigilia previa y prepara al organismo para el periodo de vigilia consecutivo, siendo evidente que descanso/actividad y sueño/vigilia, son dos caras de la misma moneda. Estas funciones biológicas resultan muy importantes para los procesos fisiológicos, el aprendizaje y consolidación de la memoria (Walker, Brakefield, Morgan et al., 2002; Huber, Ghilardi, Massimini & Tonon 2004; Stickgold, 2005), la cognición (Cirelli & Tononi, 2008; Dattilo, Antunes, Medeiros et al., 2011), la regulación emocional (Nishida, Pearsall, Buckner, & Walker, 2009), resolución de problemas (Revonsuo, 2000), e incluso potenciar la perspicacia (Wagner et al. 2004). Esto se evidencia por los cambios en casi todos los procesos fisiológicos humanos en el inicio del sueño (Rial, Nicolau, Gamundi, et al., 2007). Por lo tanto, el historial de sueño reciente de una persona tiene un impacto significativo en el funcionamiento diurno del organismo, pudiendo considerarse el sueño como un proceso recuperador primario (Daan, Beersma & Borbély, 1984; Vassalli & Djik, 2009), que afecta incluso a la regulación de la respuesta inmunitaria del organismo (Lesku et al., 2006; Meddis, 1983; Preston, Capellini, McNamara et al., 2009; Stickgold, 2005; Zepelin, Siegel, & Tobler, 2005). En consecuencia, un sueño de mala calidad o de corta duración disminuye el nivel de alerta, la atención y el rendimiento cognitivo diurno tanto en jóvenes como en adultos (Carskadon & Dement, 1981).

Se ha demostrado que restringir el sueño a una duración total menor de seis horas durante cuatro o más noches consecutivas afecta significativamente al rendimiento cognitivo y el estado de ánimo (Belenky, Wesenstern, Thorne et al., 2003), el metabolismo de la glucosa (Spiegel, Leproult y Van Cauter, 1999), la regulación del apetito (Spiegel, Tasali, Penev et al., 2004) y la función inmunitaria (Krueger, Majde y Rector, 2011), y son pocos los casos que se conozcan de sujetos que hayan soportado más de 4 días de privación del sueño (Wortis, 1987). Posiblemente, la diferencia entre la privación de sueño aguda y la crónica sea que, en la privación a corto plazo, no tiene porque llegar a presentarse un desequilibrio fisiológico, aunque si presentan importantes déficits a nivel cognitivo (Rial, Nicolau, Gamundi, Akaârir, Aparicio, et al., 2007). Normalmente la privación aguda del

sueño está vinculada al estrés, una variable que también puede ser responsable de los cambios en el estado de ánimo, la atención, la toma de decisión y la eficiencia motora.

Como es lógico, dormir menos de lo necesario, ya sea de manera voluntaria o a causa de diversos trastornos, puede provocar el deterioro de las funciones cognitivas e incluso desarrollar enfermedades crónicas, en especial cardiovasculares, llegando incluso a provocar la muerte de animales experimentales sometidos a un estado de privación de crónica del sueño (Rechtschaffen, Bergmann, Everson, et al., 1989).

Lewis Terman, psicólogo de la Universidad de Standford, se preguntaba cuál es la cantidad óptima de sueño para la eficiencia física y mental, y cómo nos afecta dormir por encima o por debajo de esa cantidad (Terman & Hocking, 1913). La respuesta a esta pregunta sigue sin estar clara, aunque estudios de los últimos 20 años empiezan a dar luz a esta cuestión, y relacionan la falta y el exceso de tiempo de sueño con la obesidad y morbilidad, la enfermedad cardiovascular y el riesgo de mortalidad.

### 1.1.1. Los trastornos y la privación del sueño y la enfermedad cardiovascular

La privación del sueño no solamente tiene efectos agudos, sino también crónicos. La *International Classification of Sleep Disorders* describe más de 80 trastornos del sueño, divididos en ocho categorías que incluyen insomnio, trastornos respiratorios y del sueño, y trastornos del sueño relacionados con el movimiento durante el sueño (International Classification of Sleep Disorders, 2005). Entre los trastornos del sueño más comunes, la Apnea del Sueño es considerado el más prevalente, afectando entre el 2 y el 4% de los adultos de mediana edad (Young, Palta, Dempsey et al., 1993). En el caso del insomnio, entre el 10 y el 13% de los adultos creen padecerlo de forma crónica, y del 25 al 35% de forma ocasional (Roth, Roehrs & Pies, 2007).

En España, el insomnio es una enfermedad frecuente que afecta a 1 de cada 5 personas, siendo más prevalentes en mujeres que en hombres, pero a pesar de ser tan común solo un quinto de los insomnes utilizan medicación para concebir el sueño (Ohayon & Sagales, 2010).

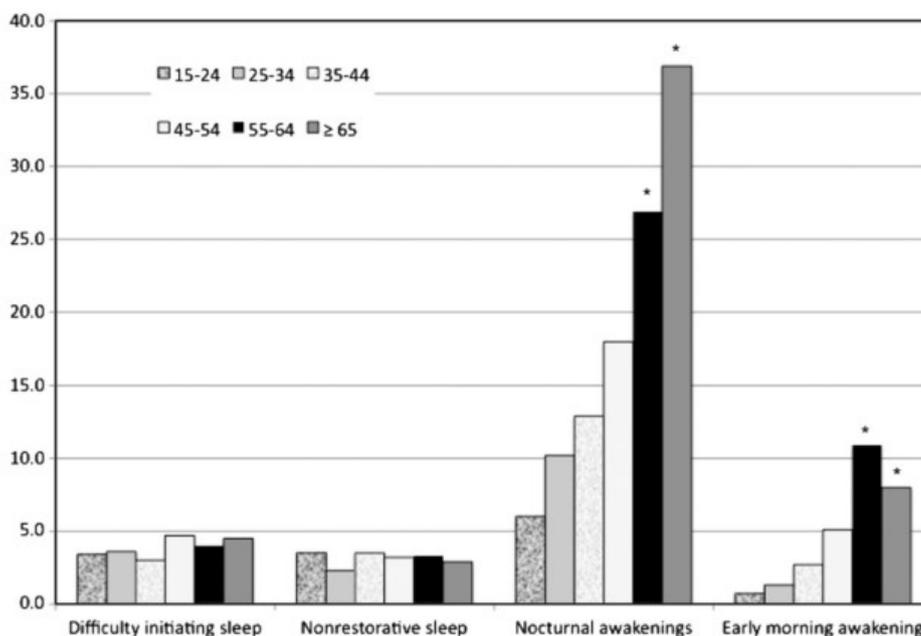


Figura 4. Prevalencia de los síntomas del insomnio en España. Tomado de Ohayon & Sagales, (2010).

A pesar de que la mayoría de las personas que padecen trastornos del sueño no acuden a la consulta para recibir medicación que les permita mejorar su descanso, el consumo de alcohol sigue estando extendido como un paliativo inductor del sueño (Ohayon & Sagales, 2010; Arnedt, Rohsenow, Almeida, et al., 2011). Se ha estimado que pueda ser usado por más del diez por ciento de los consumidores como un agente hipnótico a modo de automedicación ante los diferentes trastornos que les impiden quedarse dormidos y descansar eficazmente (Arnedt, Conroy, Rutt et al., 2007). Si bien el alcohol anticipa el momento de quedarse dormido, causa un sueño disyuntivo en la segunda parte del sueño lo cual provoca que precisamente su consumo sea una de las principales causas que impiden lograr un descanso recuperador (MacLean y Cairns, 1982), reduciendo y el retrasando el sueño REM (Williams, Maclean & Cairns, 1983).

La falta de sueño, el incremento del consumo de alcohol y el exceso de peso mantienen una relación considerada evidente (Chaput, Leblanc, Pérusse, Després et al., 2009; Chaput, Després, Bouchard & Tremblay, 2011). Además de los inconvenientes propios del alcohol sobre el sueño, su consumo también incrementa el Índice de Masa Corporal (IMC), factor a tener en cuenta para mejorar la calidad del sueño en todo tipo de sujetos, y su relación con la obesidad ha sido extensamente estudiada (Bendsen, Christensen, Bartels, et al., 2013; Sayon-Orea, Martinez-Gonzalez & Bes-Rastrollo, 2011; Yeomans, 2010).

La reducción de la duración y calidad del sueño mantiene una relación bidireccional con el incremento del peso y la adiposidad (Hargens, Kaleth, Edwards & Butner, 2013), tanto en niños como en adultos (Grandner, 2017). Dormir menos de 7 h o tener un alto grado de somnolencia diurna son factores que inducen el desarrollo de sobrepeso y obesidad, independientemente de la dieta y rasgos del estilo de vida (Maugeri, Medina-Inojosa, Kunzova et al., 2018). Estudios longitudinales (Snell, Adam & Duncan, 2007) han encontrado una relación entre el sueño de corta duración y un alto IMC, la cual ha sido confirmada en otros estudios longitudinales en los que se ha demostrado que los niños con peor sueño desarrollan un IMC significativamente mayor a la edad de 32 años, probablemente asociado con problemas de índole metabólico (Landhuis, Poulton, Welch & Hancox, 2008). El estudio de Duggan, Reynolds, Kern et al. (2014) utilizando los datos del *Terman Life Cycle Study* también ha concluido que existe una vinculación, contrastada a lo largo de 60 años de mediciones, entre la duración del sueño en la infancia y el riesgo de

mortalidad en hombres adultos, pudiendo considerarse el sueño un elemento central del riesgo cardiovascular.

El sueño es también un buen predictor del riesgo cardiovascular y la mortalidad, y por tanto un buen indicador de salud (Cappuccio, D'Elia, Strazzullo, & Miller, 2010; Gallicchio & Kalesan, 2009; Kripke, Simons, Garfinkel, & Hammond, 1964).

La privación crónica del sueño presenta una clínica muy similar a la del fallo multiorgánico, con efectos muy significativos sobre el organismo (Rial, Nicolau, Gamundi et al. 2007). El riesgo de mortalidad asociado al sueño, con mayor presencia en los países industrializados, ha sido evidenciado en varios metaánalisis (Cappuccio, D'Elia, Strazzullo, & Miller, 2010; Gallicchio & Kalesan, 2009), demostrando que dicho riesgo se encuentra presente tanto en aquellas personas con déficit de sueño como en quienes duermen en exceso, justificándose así que pueda ser considerado un problema de salud pública.

### 1.1.2. Las variables del sueño

La calidad del sueño es determinada a través del estudio de sus indicadores: la eficiencia del sueño (Porcentaje de sueño obtenido respecto al tiempo en cama). Estas variables son definidas en los siguientes términos (Thornton, Miller, Tylor et al., 2017):

- La hora de acostarse (hh:mm) momento en el cual el sujeto intenta quedarse dormido.
- Hora de despertar (hh:mm) momento en el cual el sujeto se despierta a la mañana siguiente.
- La latencia del sueño o *sleep onset* (min) tiempo en minutos transcurrido entre la hora de acostarse y la hora en la que el sujeto se queda dormido.
- La duración total del sueño (min) tiempo total dormido, es decir, el tiempo desde que el sujeto se queda dormido hasta que se despierta la mañana siguiente menos el tiempo despierto a lo largo de la noche. (Ghattassi et al., 2014).
- Los despertares (nº) a lo largo de la noche: contabilizando el número así como la duración media (min) y el sumatorio o tiempo total despierto después de haberse quedado dormido por primera vez (min).
- La exposición a la luz (lux), el movimiento durante la noche o la temperatura (°C) de la estancia son otras variables que pueden resultar de interés dependiendo del tipo de evaluación que se quiera realizar.
- La eficiencia del sueño (%) es el cociente del tiempo total de sueño entre el tiempo total en la cama en porcentaje ( $[\text{tiempo durmiendo} + \text{tiempo despierto}] * 100$ ). Se considera un valor saludable de eficiencia el superior o igual al 85% según diversos autores (Fernandes, 2006).

Estas variables están condicionadas por la actividad neuronal y humoral del organismo, la cual mantiene un compartamiento cíclico diario, dando lugar a los llamados ritmos circadianos.

---

### 1.1.3. Los Ritmos Circadianos

En los mamíferos, la actividad humoral presenta un comportamiento cíclico en la regulación de la fisiología del organismo, el cual puede dividirse en ritmos horarios, diarios, semanales y mensuales, o estacionales y anuales (Hastings, 1991). El término “circadiano” proviene del Latín “*circa dies*” que significa “alrededor de un día” y se utiliza para hacer referencia a los ritmos biológicos del organismo que se repiten con una periodicidad de 24 horas, es decir, aquellos ciclos diarios de fisiología, metabolismo y comportamiento que persisten (libre funcionamiento) cuando un individuo se encuentra en aislamiento temporal, siendo el más obvio en humanos el ciclo de sueño y vigilia (Czeisler & Klerman, 1999; Reppert & Weaver, 2002; Maywood, O’Neill, Chesham & Hastings, 2007; Coste & Lagarde, 2009).

Algunos de estos ritmos, como el del sueño-vigilia, pueden sincronizarse en el ciclo luz-oscuridad natural del medio en el que vivimos (Youngsted & O’Connor, 1999), permitiendo así al organismo pautar los momentos de descanso-actividad para hacerlo funcionar de la manera más eficiente posible (Hastings, Reddy & Maywood, 2003; Dodd, Salathia, Hall et al., 2005).

## Control neuronal y humoral del Ritmo Circadiano Sueño Vigilia

El ciclo de luz estimula al organismo para que module la respuesta de manera autónoma, marcando el comienzo y el fin de periodos en lo que el organismo pasa a regular de manera autónoma variables como la temperatura corporal, la concentración de cortisol y el ritmo sueño-vigilia (Loat & Rothes, 1989; Atkinson & Reilly, 1996). Estos ciclos se regulan por un *reloj biológico* que hace las funciones de controlador central del organismo, el Núcleo Supraquiasmático (NSQ) del hipotálamo, localizado sobre el quiasma óptico, zona en la que los nervios ópticos se entrecruzan para llegar al hemisferio lateralmente opuesto.

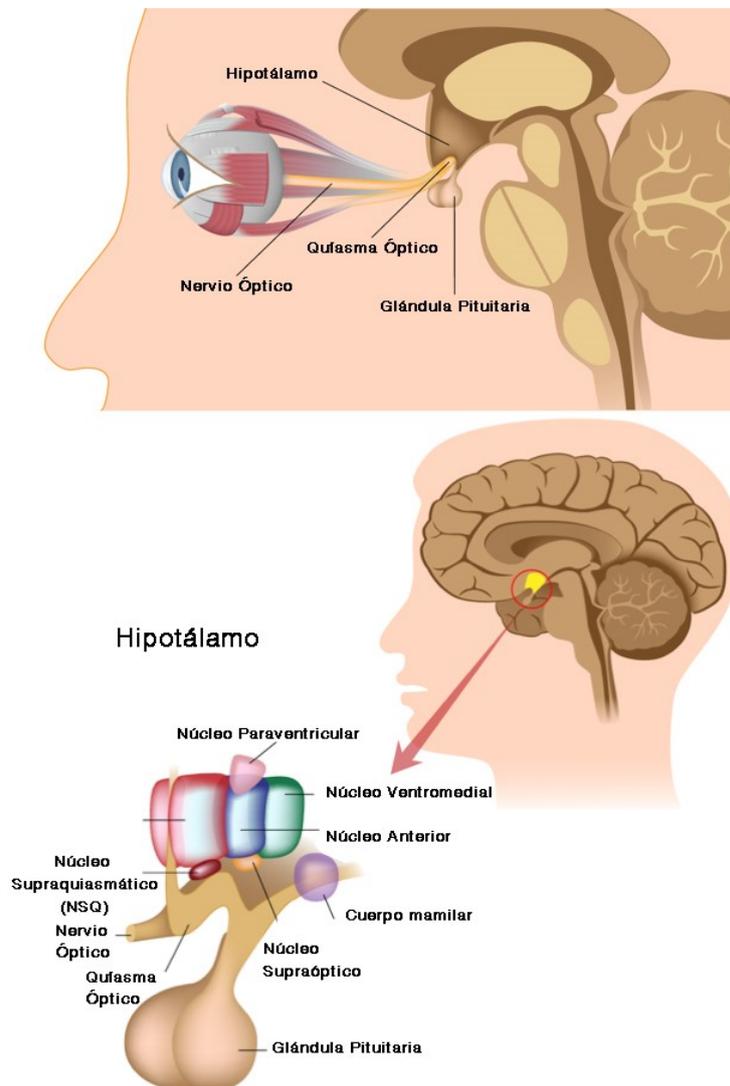


Figura 5. Ubicación anatómica del Nucleo Supraquiasmático (NSQ)

La evaluación de la actividad mediante bioluminiscencia ha demostrado que la actividad del NSQ expresa una oscilación muy precisa y robusta de aproximadamente 24 h

(Figura 6a). El ritmo circadiano de las células se sincroniza a través del núcleo, y la mayoría presenta un tiempo pico común, que se muestra en el medio del día circadiano (Figura 6b). Resulta evidente, por lo tanto, que los osciladores celulares *in vivo* están sujetos a marcadas influencias externas, principalmente mediadas retinalmente, que establecen un complejo programa de expresión génica que refleja el fotoperíodo (Messenger, Ross, Barrett & Morgan, 1999; Nuesslein Hildesheim, O'Brien et al., 2000). Esta modulación de la forma de onda circadiana es el origen de los ritmos reproductivos y metabólicos estacionales (Hastings, 1991).

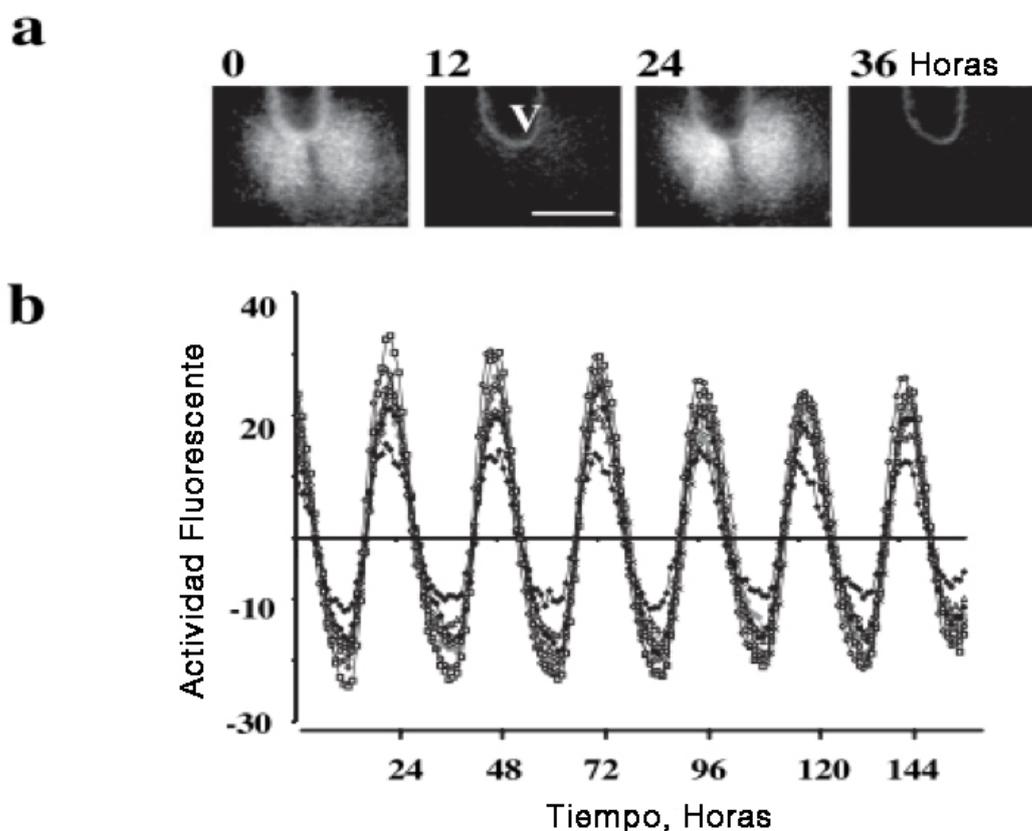


Figura 6. Actividad del NSQ en ciclos de 24h. Tomado de Maywood, O'Neill, Chesham & Hastings, 2007.

La respuesta se transmite desde este reloj biológico (el NSQ) mediante estímulos neuronales y humorales, que van a regular diversas funciones en el organismo mediante vías eferentes dirigidas a una gran diversidad de núcleos autónomos (Mohawk, Green & Takahashi, 2013). Variables tales como la temperatura central, el volumen de orina, la concentración de cortisol o de la hormona del crecimiento, la cual realiza una importante labor en la recuperación en los tejidos dañados (Birzniece, Nelson & Ho, 2011), o la concentración de melatonina en sangre (Rao, Strebel, Halaris et al., 1995; Boden, Ruiz,

Urbain & Chen, 1996), son reguladas mediante señales circadianas dependientes del NSQ que son recibidas por visceras inervadas simpática y/o parasimpáticamente (Kalsbeek, Palm, La Fleur, et al., 2006).

Mientras que el día circadiano se caracteriza por la secreción de corticosteroides, insulina y catecolaminas, la noche circadiana está dominada por un cóctel endocrino que incluye hormona del crecimiento, prolactina, tirotrópina (TSH), arginina vasopresina (AVP) y melatonina. Así, los ritmos de cortisol y melatonina están bajo control directo de NSQ y poco influenciados por el sueño, mientras que los ritmos nocturnos de hormona del crecimiento y la secreción de prolactina dependen casi exclusivamente del sueño (Maywood, O'Neill, Chesham & Hastings, 2007). Como podemos ver en la Figura 7, los ritmos de melatonina y cortisol son fuertemente circadianos, mientras los ritmos de hormona del crecimiento y prolactina se pierden cuando el sujeto está condicionado a un régimen de vigilia continua debido a su estricta dependencia del sueño.

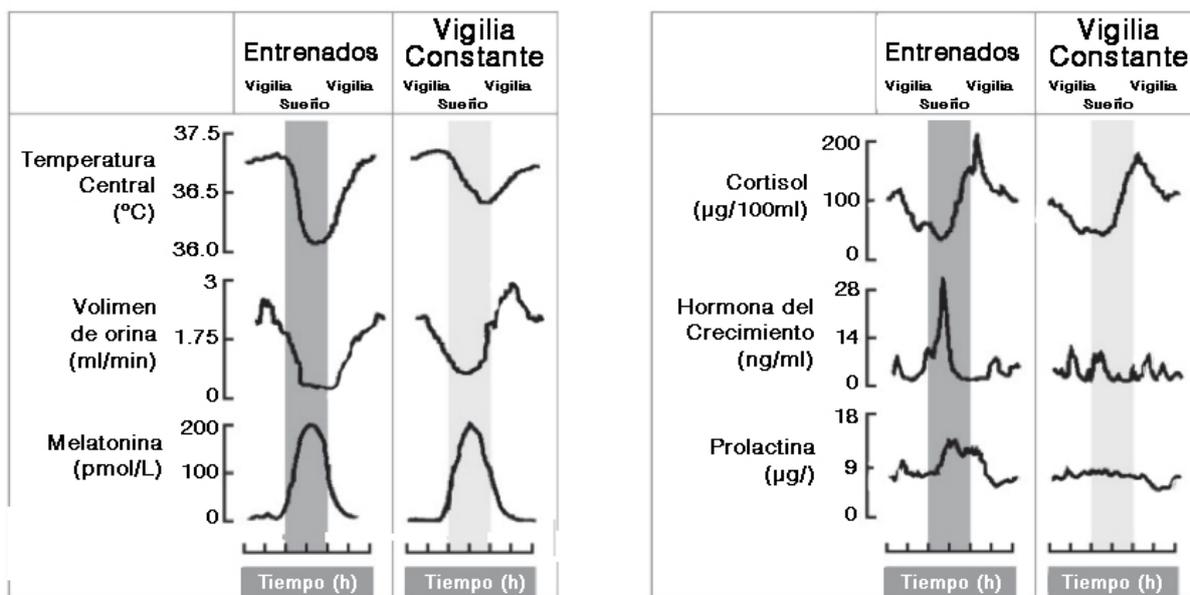


Figura 7. Comportamiento de diversas variables durante un ciclo circadiano

*Adaptado de Maywood, O'Neill, Chesham & Hastings, 2007. A la izquierda, la respuesta fisiológica ante ritmos controlados por el estímulo de la luz natural (Entrained) a la derecha, cuando el sujeto está sometido a vigilia constante. (Constant Routine).*

La hormona melatonina (N-acetyl-5-methoxytryptamine), descubierta en 1958 y químicamente identificada en 1959 por Lerner (Karasek, Lewiński y Reiter, 2001), es la principal inductora del sueño en el organismo. La secreción nocturna de melatonina,

importante regulador de los ritmos estacionales en muchas especies (Hastings, 1991) y de la eficiencia del sueño en humanos (Wyatt, Dijk, Ritz-de Cecco et al., 2006). Es impulsada por una vía multisináptica que se extiende desde el hipotálamo medio hasta las vías aferentes simpáticas de la glándula pineal, un pequeño cuerpo del tamaño de un guisante situado en el epítálamo, y va a provocar un efecto somnífero sobre el organismo, deprimiendo la actividad simpática y estimulando la del sistema nervioso parasimpático, así como reduciendo la temperatura central (Edwards, Waterhouse & Reilly, 2008). Como se ha expuesto, la liberación de melatonina va a ser independiente de factores externos como las comidas, el estrés o el sueño, por lo que es una hormona que permite medir con precisión “la hora” del reloj biológico individual en función de su concentración gracias a su comportamiento cíclico. Sin embargo, esto no quiere decir que otros aspectos como la dieta, el ejercicio, etc., alteren su concentración o los tiempos de liberación.

Lo que provoca que su concentración en sangre sea estable de forma autónoma es la exposición a la luz. Esta exposición va a favorecer su regulación y la sincronización del ritmo circadiano del NSQ con el ecosistema. El NSQ recibe la información fótica directamente desde la retina a través de un receptor conocido como “células ganglionares intrínsecamente fotosensibles” (ipRGCs) (Do & Yau, 2010; Pickard & Sollars, 2012). Su cinética lenta y un umbral de luz relativamente alto, lo que los hace ideales para funcionar como fotorreceptores circadianos, integrando información de luz durante periodos relativamente largas y suelen ser insensibles a señales de luz transitorias que no están asociadas con la luz del ciclo solar.

Los fotorreceptores de bastón y cono también tienen entradas fóticas al NSQ. Curiosamente, estas entradas no visuales de varillas y conos están mediadas por los ipRGCs (Figura 8), que transmiten la información al hipotálamo a través del tracto retinohipotalámico (Chen et al., 2011, Guler et al., 2008), sirviendo así no solo como un fotorreceptor a los estímulos de luz sino también como un intermediario entre las células visuales y el hipotálamo. Las ipRGCs y las melanopsinas están involucradas en una sorprendente variedad de respuestas fóticas no visuales en mamíferos.

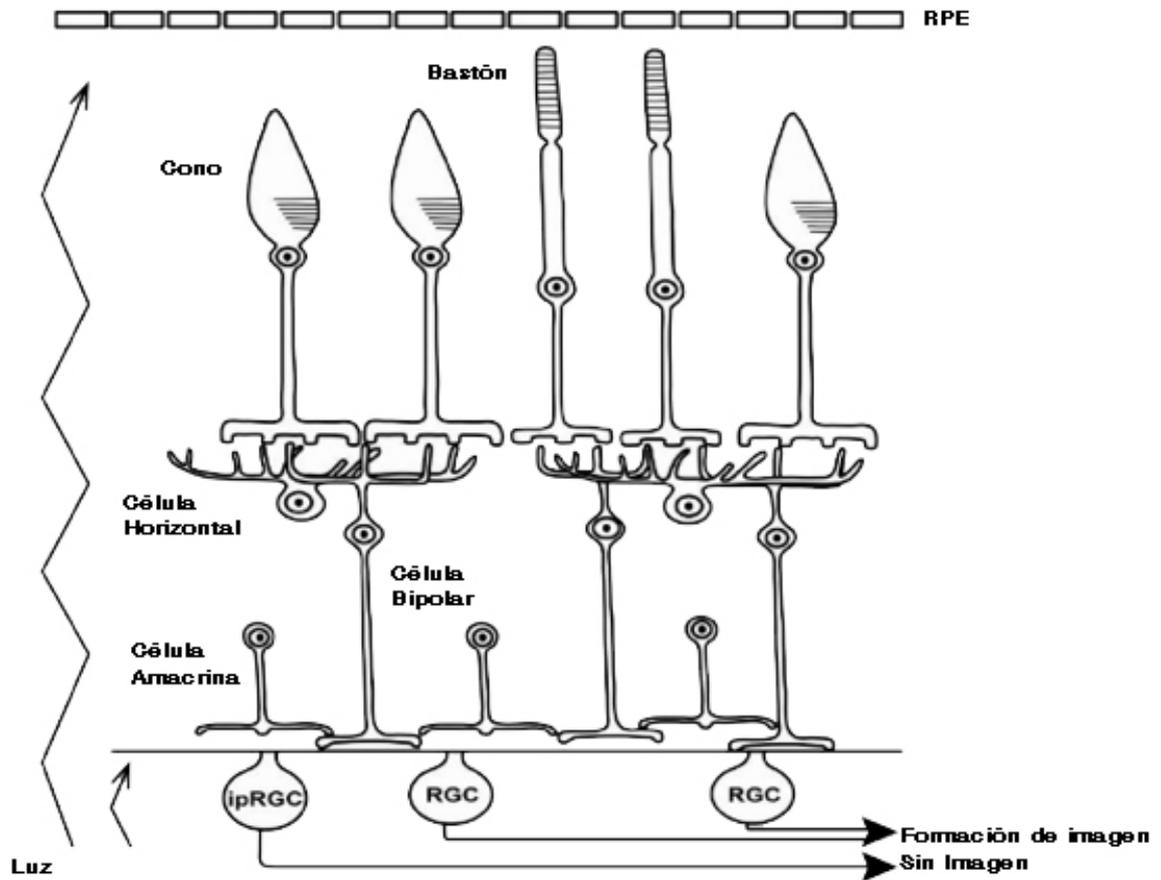


Figura 8. Esquema de las ipRGS y sus conexiones en la retina. Las Células ipRGS recibe información de forma autónoma o a través de los bastones y conos. Adaptado de Yan & Wang (2016).

Estas células fotorreceptoras autónomas (funcionan en ausencia de bastones y conos), van a hacer llegar la información al NSQ favoreciendo la regulación del ritmo circadiano y la liberación de melatonina, es decir, haciendo la función “poner en hora” (ajuste circadiano) al “reloj biológico o reloj central” (NSQ) (Yan & Wang, 2016).

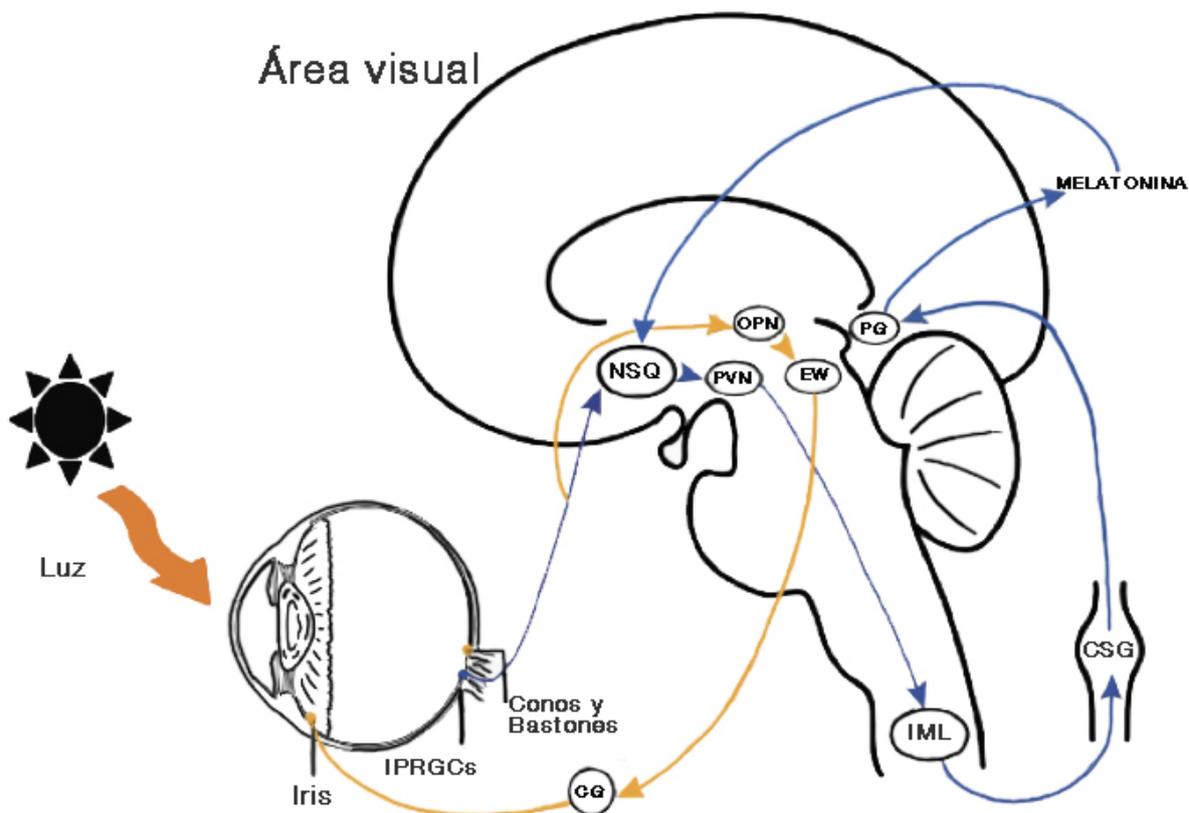


Figura 9. Esquema de la señal nerviosa desde las ipRGCs a la glándula pineal. La regulación circadiana de la secreción de la melatonina (recorrido azul) y la respuesta de la pupila a luz (recorrido naranja) dependientes de las ipRGCs de la retina. Adaptado de Yan & Wang (2016).

Además de los osciladores centrales del SNQ existen células en diversos tejidos con propiedades cronobiológicas, que hacen la función de relojes periféricos (Balsalobre, Brown, Marcacci et al., 1998; Yamazaki, Numano, Abe et al., 2000; Yoo, Yamazaki, Lowrey et al., 2004). La desincronización se produce debido a que los osciladores circadianos del hipotálamo se adaptan más rápido que los periféricos (por ejemplo ante un viaje), lo que produce un desajuste entre ambos que provoca una pequeña pérdida de control hipotalámica (Leatherwood & Dragoo, 2013), pero el organismo solo funciona a un óptimo rendimiento mientras hay sincronía entre los ritmos biológicos (Haus & Smolensky, 2006).

Así, los osciladores periféricos de la comida van a colaborar en la regulación de la temperatura, la activación simpática y los ritmos circadianos, incluso siendo un reloj principal en aquellos mamíferos con NSQ dañado (Mohawk, Green & Takahashi, 2013). Se ha demostrado una relación recíproca entre la ingesta nutricional y el control de los ritmos circadianos, apoyándose por un lado en la idea de que genéticamente ciertos sujetos con mutaciones en los genes que determinan los ritmos circadianos tienen fenotipos metabólicos

y ambientalmente en los que la ingesta de nutrientes puede modular los ritmos circadianos (Bass & Takahashi 2010).

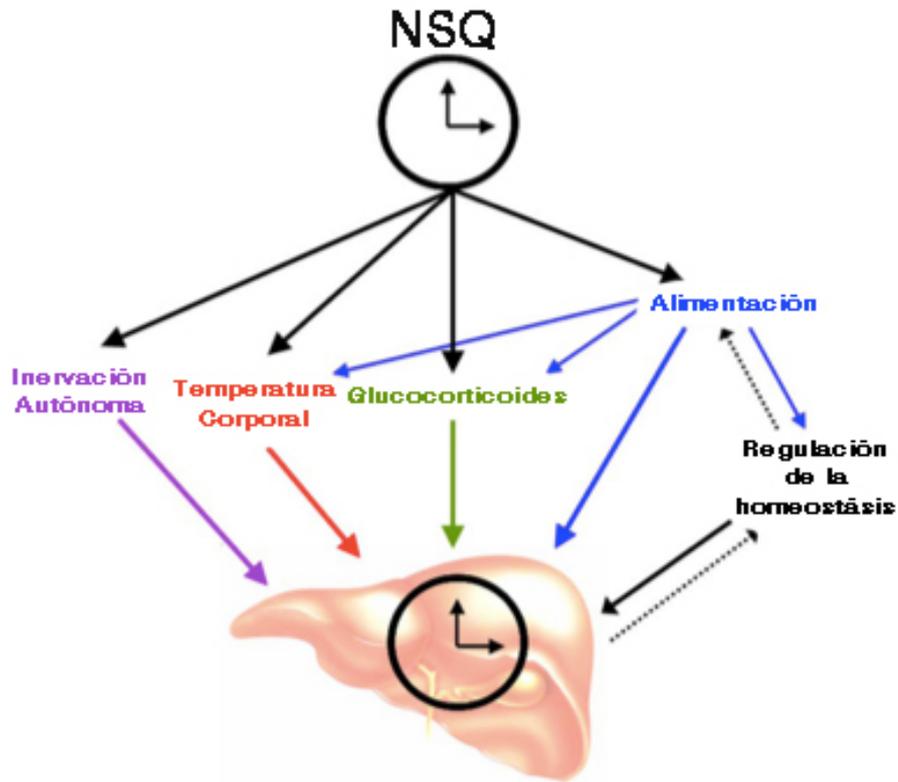


Figura 10. Coordinación del reloj central (NSQ) con los periféricos (viscerales). Tomado de Mohawk, Green, & Takahashi, 2013. Vías de funcionamiento del reloj periférico. El reloj central, el NSQ, envía la información mediante inervación autónoma a órganos y vísceras.

## 1.2. Relación entre el sueño y la actividad física y deportiva

El estudio de la relación existente entre el ejercicio físico y el sueño se ha incrementado en el último siglo y especialmente en los últimos 30 años. En personas sanas y sedentarias, el ejercicio físico, en una dosis de tan solo 150 minutos a la semana ha sido considerado un método no farmacológico eficaz para mejorar la calidad del sueño (Lang, Brand, Feldmeth et al., 2013), haciendo que tras cierto tipo de ejercicio el sueño aparezca antes, sea más profundo y dure más (Hague, Gilbert, Burgess, Ferguson & Dawson, 2003). Además, el ejercicio físico ha resultado beneficioso a la hora de reducir la apnea del sueño (Kline, Ewing, Burch et al., 2012), aumentar el estado de ánimo (Daniele, De Bruin, E Forte, et al., 2013) y reducir la incidencia del síndrome de piernas despiertas (McPherson, Janssen, Grundy, et al., 2011), trastornos que son comúnmente encontrados en adultos con obesidad y adultos mayores, y que afectan a la eficiencia del sueño y la calidad de vida.

Sin embargo, otras investigaciones han descrito menores incrementos de sueño de ondas lentas después de realizar ejercicio, comparado con sujetos sanos de mediana edad (Shapiro, Bortz, Mitchell, Bartel & Jooste, 1981; O'Connor & Youngstedt, 1995; Youngstedt, O'Connor & Dishman, 1997), y no se han obtenido beneficios en la eficiencia del sueño tras la realización de ejercicio físico en personas mayores institucionalizadas (Madden, Ashe, Lockhart & Chase, 2014).

En el contexto de la actividad física y deportiva encontramos multitud de ejemplos en la literatura de evaluaciones que valoran la influencia de la actividad física sobre los indicadores de calidad del sueño en una gran variedad de sujetos y modalidades deportivas. Se han identificado diversos aunque pequeños cambios inducidos por el ejercicio, como por ejemplo incrementos en el sueño de ondas, tiempo total de sueño, tiempo de sueño REM y reducción de la latencia del sueño (Krueger, Obal & Fang, 1999; Driver & Taylor, 2000).

Respecto a la influencia del momento de realización del ejercicio y su repercusión en el descanso nocturno, la literatura ofrece resultados diversos. Estudios como el de Marrin, Drust, Gregson et al. (2011) han descrito que el ejercicio físico matutino puede incrementar los niveles de secreción de melatonina. Otros estudios han demostrado que el ejercicio intenso, incluso vespertino, aumenta el número de despertares nocturnos y dificultan el descanso (Morin, Colecchi, Stone, Sood y Brink, 1999) y se le ha atribuido al ejercicio nocturno un posible aumento de la excitación simpática que conduce a un comportamiento

del sueño inadecuado (Monteleone, Fuschino, Nolfe & Maj, 1992; Myllymäki, Kyrolainen, Savolainen et al., 2011). Dicha activación simpática provocada por el ejercicio incrementa los niveles de cortisol, la temperatura central y el consecuente nivel de alerta nocturno, lo que provoca que el sueño sea más ligero y favorezca la aparición de despertares durante la noche. Pero no todo tipo de ejercicio va a provocar un empeoramiento de la calidad del sueño. Mientras que ciertos estudios no han reportado deterioro en el descanso en sujetos que realizaron de 1-3 h de ejercicio vigoroso (O'Connor, Breus y Youngstedt, 1998; Youngstedt, Kripke y Elliott, 1999), otros concretan que los efectos nocivos del sueño no van a estar tan condicionados por la intensidad como por la capacidad que se trabaje, atribuyendo a la realización de ejercicio aeróbico un sueño fragmentario como resultado (Souissi et al., 2012).

Por tanto, podemos afirmar que el ejercicio físico induce el sueño en la medida en que fomenta la producción de la hormona melatonina en el hipotálamo y favorece la actividad parasimpática del organismo. No obstante, la producción va a depender del tipo, la hora de realización y la intensidad del ejercicio, y que sus beneficios van a depender de que las características del mismo, junto con la exposición a la luz, no provoquen una sobreexcitación simpática que genere un efecto contrario y perjudicial para el descanso del organismo.

En el deporte profesional, la planificación de las cargas y el momento del entrenamiento difieren significativamente de la rutina habitual de los deportistas *amateur*, lo que los convierte en una población de estudio particular.

## 1.2.1 El sueño en deportistas

Durante el siglo XX varios autores de la comunidad científica minusvaloraron los efectos de la privación del sueño sobre el rendimiento deportivo, describiendo en investigaciones de psicología y fisiología resultados que indicaban que los efectos de la privación del sueño en las funciones humanas eran mínimas y que en el rendimiento deportivo solo afectaba de manera marginal al estado de ánimo (Benjamin, Hopkins & Nation, 1994; Pinel, 1993; Carlson, 1994; Shaver & Tarpay, 1993; Weiten, 1995). Sin embargo, en los últimos años, la investigación bajo este el tópico se ha incrementado notablemente, pasando de las 2 publicaciones en 2010 a las 19 en 2014 (Figura 7).

Hoy en día sabemos que el sueño de los deportistas presenta unas características diversas a las del resto de personas sanas, incluso respecto a las activas.

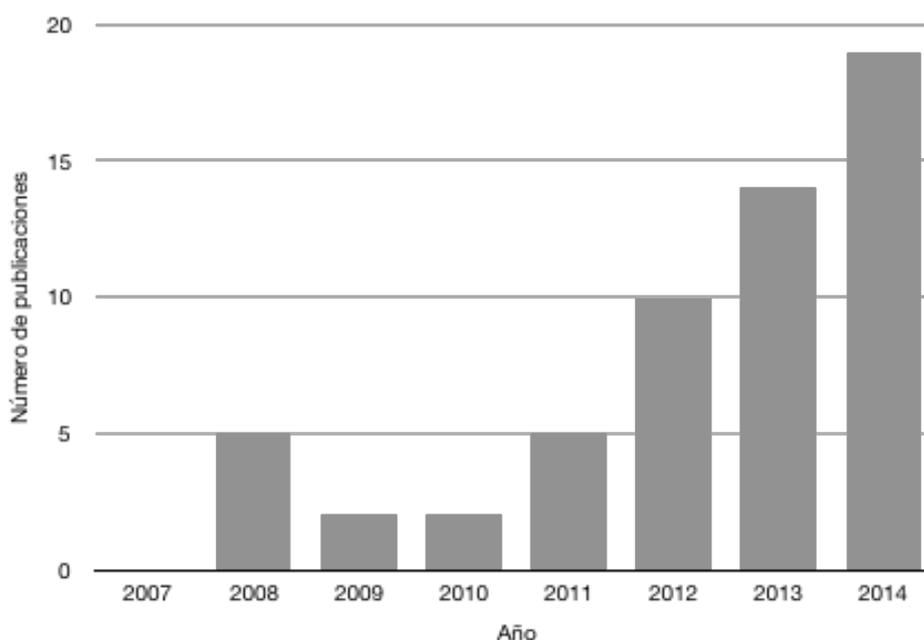


Figura 11. Publicaciones acerca del sueño en deportistas y la recuperación Resultados de la base de datos PubMed en el intervalo 2007-2014. Tomado de Fullagar, Duffield, Skorski et al., 2015.

Los deportistas requieren de una mayor recuperación biológica debido a la fatiga, el estrés y el daño muscular ocasionado por la práctica deportiva en cargas altas y especialmente a altas intensidades. Dicha recuperación puede verse reducida por la falta de sueño, tanto en calidad como en cantidad (Dattilo, Antunes, Maderos et al., 2011; Obal &

Krueger, 2004). Para la recuperación biológica del organismo, la función inmunitaria debe desarrollarse eficientemente, pero la falta de sueño provoca la reducción del volumen de células encargadas de eliminar los tejidos dañados (*Natural killer*) y el incremento de los marcadores inflamatorios (*Interleukin 6, IL6*) (Reilly & Edwards, 2007).

Además, los efectos de la privación del sueño en el deportista no van a afectar solamente a su salud sino también al rendimiento físico y cognitivo. Koslowsky & Babkoff (1992) concluyeron que cuanto más largo es el periodo de privación de sueño en el deportista mayores son los efectos en el rendimiento deportivo, afectando más sobre la velocidad del deportista que sobre la precisión técnica. La fatiga en tareas cognitivas en los deportistas es más significativa tras haber sufrido un periodo de privación del sueño, incluso mayor que la generada en las tareas físicas, afectando de tal manera al estado de ánimo del deportista que pueden llegar incluso a limitar su rendimiento ante un esfuerzo máximo en el que la motivación intrínseca del sujeto que lo realiza es determinante en el resultado (Pilcher & Huffcutt, 1996). Los estudios del sueño han demostrado resultados en este sentido, descubriendo que una privación del sueño prolongada de hasta 3 días no ha provocado un empeoramiento en el rendimiento muscular en acciones gruesas y de resistencia aeróbica, mientras que una sola noche de privación del sueño es suficiente para disminuir de manera significativa el rendimiento en ciertas tareas de componente psicomotor (Reilly & Deykin, 1983). Ante esta situación algunos autores indican que la recomendación de sueño en el caso de los deportistas se extienda, de las 7 y 9 h de sueño recomendadas para adultos sanos (Ferrara, 2001; National Sleep Foundation, 2003), hasta una duración de entre 9 y 10 h (Calder, 2003).

Sin embargo, es sabido que los atletas hacen caso omiso a estas recomendaciones (Sargent, Halson & Roach, 2014). Así lo indica el estudio de Venter (2012), en el que de una muestra de 890 atletas sudafricanos, el 75% mostraron una duración media del sueño de entre 6 y 8 horas por noche, mientras que los fines de semana, el 11% presentaron una duración inferior a 6 h. En estudios recientes (Lastella, Roach, Halson et al., 2015), se observó una disminución del tiempo total de sueño durante el periodo de entrenamiento de hasta en una hora en un grupo de deportistas australianos, reduciendo su sueño a una media de siete horas diarias. Pero también diversos estudios han hallado una reducción del tiempo total de sueño antes (Erlacher, Ehrlenspiel, Adegbesan, 2011; Lastella, 2014; Venter, 2014) y durante la competición deportiva (Lastella, Roach, Halson et al., 2015). Entre las causas que provocan esta reducción de sueño previa a la competición, las más reportadas

por lo sujetos han sido las atribuidas a molestias por ruido y excesiva luz en la habitación (Venter, 2014; Öhrstrom & Skanberg, 2004). Eagles, Mclellan, Hing et al, (2014) también reportaron diferencias en el registro del sueño al comparar las noches de partido con las del resto de días de entrenamiento o descanso. En el mismo sentido, el estudio de Juliff, Halson & Peiffer (2015) describieron que estas diferencias se producían no solo en la noche del partido, sino también cuando la sesión de entrenamiento era en horario nocturno, tanto con deportistas practicantes de disciplinas individuales como colectivas. Estos resultados se corresponden con el acuerdo general de la literatura, que considera a los profesionales de los deportes colectivos como altamente susceptibles de padecer trastornos del sueño, especialmente en la noche posterior a la competición y afectando de manera nociva a la recuperación fisiológica (Fowler, Duffield & Vaile, 2014; Fullagar, Duffield, Skorski et al., 2015).

La privación del sueño presenta multitud de efectos nocivos sobre el rendimiento deportivo de los sujetos. McMurray & Brown (1984) investigaron la respuesta cardiovascular al ejercicio tras 24 h de privación del sueño, describiendo un aumento del tiempo necesario en la recuperación de la ventilación y la captación de oxígeno como principales efectos nocivos a nivel fisiológico en la prueba máxima.

En la literatura se contemplan tres situaciones principales que alteran el sueño según diversas revesiones sistemáticas (Forndran, Lastella, Roach, et al., 2012; Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang, 2018):

- Los viajes transmeridianos.
- La ansiedad precompetitiva.
- Los entornos de descanso no habituales.

Mientras que otros trabajos de revisión hacen mayor incidencia sobre aspectos relacionados con los horarios y el calendario (Fullagar, Duffield, Skorski et al., 2015):

- Las competiciones en horario nocturno (más tarde de las 20:00 h).
- Los viajes de larga distancia.
- La densidad de la competición (competir 3 veces en la misma semana).

### **1.2.1.1.-Los viajes transmeridianos y de larga distancia**

La dinámica de las competiciones implica que los deportistas se trasladen grandes distancias tanto en competiciones nacionales como internacionales. Estos desplazamientos, cuando son rápidos y en varios husos horarios, provocan una alteración circadiana llamada *jet lag*, un síndrome provocado por la desincronización entre el reloj biológico y los osciladores periféricos. Mientras que en el siglo XX se consideraba que los cambios fisiológicos se producían en los viajes en los que el cuerpo se desplazaba al menos tres husos horarios (Gingst 1970; Putilov, 1985), en la actualidad la Academia Americana de Medicina del Sueño afirma que 2 husos horarios son suficientes para generar insomnio o excesiva somnolencia diurna que caracteriza a este síndrome (*American Academy of Sleep Medicine*, 2005). Aunque el síndrome hace referencia únicamente a los desajustes circadianos provocados por los viajes en avión, la clínica es la misma en aquellas personas que se sienten desajustadas a causa del trabajo a turnos (Waterhouse, Nevill, Finnegan et al., 2005).

Sin embargo, los efectos del síndrome del *jet lag* están condicionados por múltiples variables que exceden al número de husos en los que el cuerpo se desplaza. Los viajes en dirección Este pueden ser más perjudiciales debido a que el ciclo biológico se alarga hasta las 25-26h de duración (Loat & Rodhes, 1989), y sus efectos ser más duraderos e intensos (Kennaway, 2000; Reilly, 2009).

Los efectos de los viajes transmeridianos en los deportistas pueden generar fatiga neurológica y somnolencia (Calleja-González, Mielgo-Ayuso, Sampaio et al., 2018), pudiendo experimentar insomnio, falta de apetito y dolor muscular generalizado, fatiga, cansancio y dolor de cabeza (Jehue, Street & Huizenga, 1993; Winget, DeRoshia & Holley, 1985). Ante esta situación el propio entorno va a forzar la “puesta en hora” del organismo mediante la actuación de diversos *zeitgebers*, estímulos naturales que sirven como activadores de la sincronización del reloj biológico, tales como la luz del amanecer o del ocaso, la temperatura del día a la noche y viceversa, aunque con efectos más lentos en el cuerpo (Reilly & Edwards, 2007). La duración de los efectos del *jet lag*, según algunos estudios, puede perdurar hasta más de 7 días (Lemmer, Kern, Nold et al., 2002; Reilly & Edwards, 2007), mientras que otros señalan que a pesar de que los deportistas sigan percibiéndolos, el rendimiento no se verá afectado a partir del sexto día (Bullock, Martin,

Ross et al., 2007). En la Figura 12 se puede observar una representación de la posible duración y ajuste de los biorritmos tras el viaje.

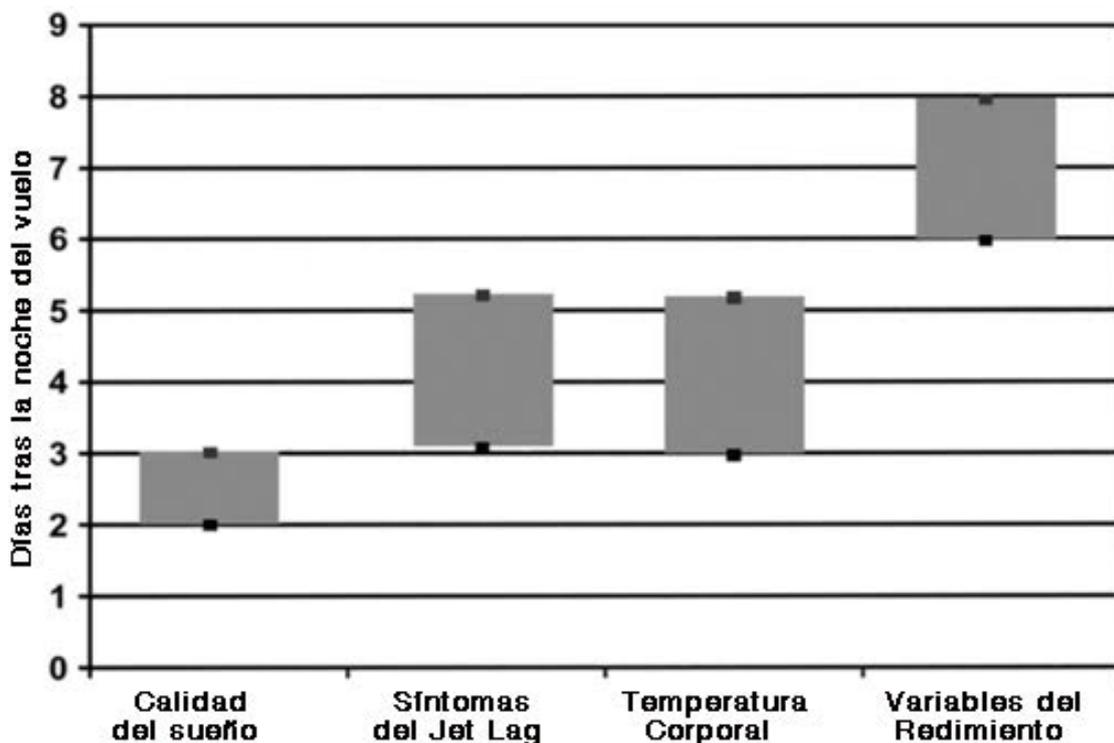


Figura 12. Ilustración esquemática de los diferentes ritmos clave en el ajuste del *jet lag*. Tomado de Reilly & Edwards (2007).

Este síndrome es muy común en deportistas que viajan de costa a costa en Estados Unidos o de equipos europeos en competición internacional. Cuanto mayor es el desplazamiento en husos horarios, más nocivos son sus efectos, así como la dirección del viaje, siendo más perjudiciales los viajes de oeste a este (Jehue, Street & Huizenga, 1993; Smith, Guilleminault & Efrom, 1997; Reilly, 2003). Aunque tradicionalmente se ha manejado la hipótesis de que la ventaja competitiva del equipo local podría deberse al apoyo de la afición, la familia o el favor de los árbitros con quien juega *en casa*, los equipos más fuertes se ven menos afectados por los efectos de jugar en campo ajeno (Alluisi & Chilles, 1970; Graeber, 1982), y el *jet lag* podría afectar más de lo esperado en el rendimiento colectivo.

Estudios previos han analizado el efecto de los viajes y el descanso durante varias temporadas en la *National Basket Association* (NBA), competición de baloncesto

estadounidense que se caracteriza por el gran número de partidos en la temporada y los vuelos de larga distancia de costa a costa o al centro del país, a los que se ven sometidos los jugadores. Steenland & Deddens (1997) analizaron 8495 partidos de 8 temporadas de la NBA, concluyendo que cuanto mayor era el descanso entre los partidos mejor era el rendimiento de los jugadores. Estudios recientes (Mah et al., 2011) han demostrado como un aumento de la duración y la calidad del sueño han mejorado la efectividad y precisión en los lanzamientos, y ha aumentado la velocidad de sprint en baloncesto.

Sin embargo, otros resultados como los de Nutting (2010) han puesto de manifiesto que las diferencias obtenidas en los resultados de competición en función de los viajes en varios husos están condicionadas por la hora del partido. Así, en competiciones como la NBA donde la mayor parte de los 82 partidos de la temporada se juegan cada dos días y habitualmente en horario nocturno, es más probable que estén más habituados o *adaptados* para superar las adversidades en los cambios de zona horaria, mientras que en la *National Football League* (NFL) los efectos son más críticos. En esta competición estadounidense de fútbol la mayoría de los 16 partidos de la temporada se juegan una vez a la semana y en horario matinal, por lo que los jugadores sufren más los efectos nocivos del *jet lag* (Jehue, Street & Huizenga, 1993). Nutting también señala que el aumento de los efectos de este síndrome tiene mayor incidencia en los equipos visitantes en la primera mitad de la temporada cuando hay poco descanso entre partidos mientras que, en la segunda mitad de la temporada, el principal condicionante del porcentaje de éxito es la densidad competitiva del mes previo. También remarca que en equipos que juegan tras desplazarse hacia el Este consiguen mejores resultados que los que se desplazan hacia el Oeste.

Para combatir el *jet lag*, fármacos como las benzodiazepinas han sido descritos como un método útil para reducir la latencia del sueño tras un viaje transmeridiano, pero no han logrado aumentar el tiempo total de sueño (Reilly, Atkinson & Budget, 2001), aunque parece que aún no se conocen en profundidad los efectos que pueda tener en el rendimiento deportivo de las horas siguientes. La melatonina también ha sido un fármaco comúnmente utilizado para adecuar la temperatura corporal e inducir el sueño, sin embargo, su administración inadecuada puede provocar el retraso del ritmo circadiano e inducir la somnolencia en el deportista durante el día (Drust, Waterhouse, Atkinson et al., 2005). Precisamente para combatir la somnolencia diurna también se han utilizado ayudas exógenas como son el modafinil, neuroestimulante del que se ha abusado en los

campeonatos del mundo de velocidad, así como la dextroanfetamina y la cafeína (Reilly, Waterhouse & Edwards, 2003).

Más allá del rendimiento deportivo, algunos estudios han asociado los efectos de la desincronización circadiana causada por el *jet lag* o el trabajo a turnos a enfermedades crónicas graves, psicológicas y psiquiátricas, cardiovasculares, reproductivas o incluso el desarrollo de tumores cancerígenos (Katz, Durst, Zislin et al., 2001; Kennaway, 2010; Logan, Zhang, Murugan et al. 2012; Mahoney, 2010; Lee, Donehower, Herron et al., 2010).

#### **1.2.1.2.-La ansiedad precompetitiva**

Entre los factores limitantes de la calidad y cantidad del sueño, la ansiedad precompetitiva juega un papel fundamental en el empeoramiento del sueño (Silva, Queiroz, Winckler, Vital, Sousa, Fagundes, Tufik & De Mello, 2012; de Queiroz, Silva, Winckler, et al., 2009). Ante esta situación, indicadores como la eficiencia del sueño (Silva, Queiroz, Winckler, et al., 2012; Fietze, Strauch, Holzhausen, et al, 2009), y el tiempo total de sueño (Forndran, Lastella, Roach, et al., 2012; Anglem, Lucas, Rose & Cotter, 2008) se ven disminuidos dramáticamente justo antes de la competición. Aunque afecta a todas las disciplinas deportivas, algunos estudios han observado que esta problemática, con una incidencia sobre el 70% de los atletas, afecta más a los deportistas que compiten en disciplinas individuales que a los que lo hacen con su equipo (Erlacher, Ehrlenspiel, Adegbesan & El-Din, 2011)

Los efectos nocivos que esta circunstancia pueda acarrear en el rendimiento del deportista serán diversos según el tipo de deporte, el nivel de exigencia y el horario de competición al día siguiente.

#### **1.2.1.3.-Los entornos de descanso no habituales, la exposición a la luz y el ruido**

Además de los perjuicios provocados por los desplazamientos en varios husos horarios de los vuelos transmeridianos, la falta de comodidad y las molestias durante el propio desplazamiento en avión impide que los deportistas duerman durante el viaje, provocando que generalmente el sueño sea de muy corta duración y fragmentario debido al entorno de la cabina, incluyendo los ruidos, la incomodidad de los asientos así como la exposición a una leve hipoxia durante el viaje (Waterhouse, Reilly & Edwards, 2004).

Así, algunos estudios han reportado una duración media de sueño durante un viaje de 24 h de duración de 2,5 h (Fowler, Duffield, & Vaile, 2014) y de 5,5 h en jugadores profesionales de fútbol en desplazamientos de 18 h de duración (Fowler, McCall, Jones & Duffield, 2016), siendo de 2,5 h menos en atletas con discapacidad respecto a los deportistas ordinarios (Fowler, Duffield & Vaile, 2014). Pero también los viajes de corta duración parecen tener efectos nocivos sobre el sueño y la fatiga en el deportista, especialmente cuando se encuentran en periodos de preparación para la competición (Fowler, Duffield, & Vaile, 2014), quizá por falta de adaptación a los viajes en este momento de la temporada o porque un mejor estado físico también pueda prevenir los efectos de los desplazamientos.

Los cambios de alojamiento, es decir, dormir en un entorno que no es familiar también provoca desajustes en el comportamiento del sueño en la mayoría de las personas (Malone, 2011). Dormir en una cama que no es la habitual, sentir molestias a causa del ruido o la luz de la habitación son aspectos que influyen en el descanso del deportista cuando se ve obligado a viajar. Flower, Irvine & Folkard (2003) en un estudio con una muestra de pilotos, encontraron que aquellas personas con unos hábitos de sueño más rígidos sufrían más, como es lógico, al cambiar su entorno, pero también percibían más los efectos del *jet lag* y la desincronización circadiana que personas con hábitos de sueño más flexibles. Los cambios en el entorno del deportista, junto con el desplazamiento, han demostrado afectar de manera significativa al rendimiento del deportista, debiendo así adecuarse reducir su influencia en la calidad y cantidad del sueño precompetitivo (Thornton, Miller, Tylor et al., 2017).

#### **1.2.1.4.-La densidad y los horarios de competición**

España es un buen ejemplo de país en el que, no solo la vida social tiende a ser más vespertina-nocturna que matutina (Ohayon & Sagales, 2010), sino que las competiciones también acostumbran a adecuarse al ritmo de vida del consumidor de los contenidos televisivos. Las competiciones suelen planificarse en función de las audiencias y la disponibilidad de los espectadores y, en menor medida, por el interés de los deportistas.

La Liga española de fútbol comienza la mayoría de sus partidos después de las 20:00 h y la competición europea Champions League lo hace desde las 20:45 h, provocando así a que los deportistas se acuesten tarde (Nédélec, McCall, Carling et al., 2013). La activación

simpática provocada por el ejercicio de alta intensidad, especialmente cuando es aeróbico, ha sido evidenciada como una causa de una mala calidad del sueño y un sueño fragmentario durante la noche (Souissi, Chtourou, Zrane et al., 2012), por lo que es probable que la mayoría de los deportes colectivos que compiten en horarios similares se vean afectados de similar manera. Como señala Reilly (2009), no se pueden deducir los horarios óptimos, en cuanto al ritmo circadiano se refiere, a partir de las marcas mundiales obtenidos en las competiciones. Pero puede que incluso podamos afirmar que las récords mundiales que se están batiendo, cuando no se realizan en los horarios fisiológicamente más óptimos para el rendimiento (Youngstedt & O'Connor, 1999), son teóricamente mejorables y quizás con un horario distinto se podrían reducir las marcas con el mismo recorrido de carrera o en la misma instalación, siempre y cuando se realicen dentro de la ventana temporal de máximo rendimiento deportivo a nivel fisiológico a la que hacen mención algunos trabajos (Drust, Waterhouse, Atkinson et al., 2005; Reilly, Atkinson, Gregson, et al., 2006).

En el estudio de Juliff, Halson & Peiffer (2015) se hace referencia, además de a este comportamiento del sueño después de un partido, a la falta de estrategias del jugador o proporcionadas por el cuerpo técnico para tratar de reducir los efectos de los horarios vespertinos-nocturnos de competición sobre el sueño y la recuperación biológica. Estas indicaciones se hacen más necesarias cuando el deporte colectivo del que se habla es de contacto, en el que el dolor causado por la competición va a afectar de manera nociva, aumentando la latencia del sueño y provocando en ocasiones un sueño fragmentario (Rymond, Nielsen & Lavigne, 2001). Fullagar, Duffield, Skorski, et al. (2015), consideran la necesidad de ampliar los resultados y la relevancia de los trabajos acerca de la influencia del horario del ejercicio sobre el deportista para poder establecer protocolos que mejoren el rendimiento y la salud del deportista, y afirman que los escasos resultados previos pueden ser considerados como meramente anecdóticos

Cada vez la densidad de competiciones en los calendarios de los deportistas, tanto en deportes individuales como en colectivos es mayor, quizá debido a la insaciable demanda de los aficionados al deporte y el negocio que genera este tipo de ocio. Así, los deportistas están ya acostumbrados a tener dos y tres citas semanales de las distintas competiciones en las que participan, sin embargo, el aumento de la densidad ha demostrado efectos adversos sobre su salud. Se ha observado que, si bien una ventana temporal de 72 a 96 h de descanso entre partidos es suficiente para mantener el rendimiento deportivo, no lo es tanto para evitar que la ratio de lesiones no aumente (Dupont, Nedelec, McCall et al.,

2010). Estos mismos autores destacan la necesidad de promover la rotación de jugadores entre competiciones y desarrollar las estrategias para mantener una baja ratio de lesiones durante los periodos de mayor congestión. Autores como Calleja-González, Mielgo-Ayuso, Sampaio et al. (2018) destacan el papel del sueño dentro de dichas estrategias de recuperación, y otras publicaciones han destacado que tanto la competición como el entrenamiento tras una noche de poco descanso deberían ser evitados debido al probable aumento del riesgo de lesión del deportista, no solo al día siguiente, sino también controlando las cargas durante la semana (Luke, Lazaro, Bergeron et al., 2011).

#### **1.2.1.5.-La carga y horarios de entrenamiento**

Además, el sueño se va a ver afectado ante el entrenamiento, bien sea debido a la carga de las sesiones, el horario de realización del entrenamiento o de las competiciones o la ingesta de cafeína (Fietze, Strauch, Holzhausen et al., 2009; Leeder, Glaister, Pizzoferro, et al., 2012).

La carga de entrenamiento mantiene también una relación crítica para el rendimiento, dada su influencia sobre la recuperación biológica y psicológica durante el sueño, de forma que grandes volúmenes de entrenamiento han sido relacionados con mayores trastornos en el sueño del deportista (Tylor, Rogers & Drivers, 1997).

En muchos deportes de resistencia la exigencia de la competición y la planificación del entrenamiento requiere que se entrene dos o incluso más sesiones al día, estableciendo en ocasiones una sesión matutina y otra vespertina a altas intensidades que provocan una reducción del tiempo total y la calidad del sueño (Brown, Neft & LaJambe, 2008; Reilly, 2009; Smith, Hopkins & Lowe, 2011). También van a afectar de manera nociva al sueño los entrenamientos y competiciones de ciclismo en distancias de entre 120 a 150 km, en las cuales se ha identificado un descenso significativo del sueño REM (Netzer, Kristo, Steinle H, et al., 2001). Como en el ciclismo, otros deportes en los que se trabaja fundamentalmente a intensidades altas y con contenido aeróbico han reportado descensos en el sueño REM. Es el caso del judo (Souissi, Chtourou, Aloui, et al., 2013), en el que se han detectado, además del descenso del sueño profundo, un aumento significativo de la latencia y el número de despertares nocturnos, confirmando así un empeoramiento de la calidad del sueño.

El ejercicio tardío-nocturno de intensidad vigorosa, si bien puede que en adultos jóvenes no afecte directamente a la calidad del sueño, si eleva la frecuencia cardiaca

durante las primeras horas del sueño de forma significativa (Figura 13). El aumento de la frecuencia cardiaca es considerado un signo de activación simpática, y por tanto afecta indirectamente a reducir el tiempo útil de sueño para la recuperación biológica (Myllymäki, Kyröläinen, Kyröläinen, et al., 2011). Pero el ejercicio matutino y la hora a la que se planifica también es una cuestión relevante para el sueño del deportista y el rendimiento en la sesión. Sargent, Halson & Roach (2014) observaron que en los nadadores olímpicos se reducía el tiempo total de sueño de forma que, cuanto antes eran citados para entrenar por la mañana, menos dormían, llegando incluso a obtener una media de tan solo 5 h y 24 min de descanso total en las noches previas a los entrenamientos, condicionando así la calidad de los entrenamientos y la asimilación de los contenidos de la sesión, especialmente en aquellos contenidos de carácter técnico para los que el cerebro requiera de un mejor descanso previo y plasticidad (Walker & Stickgold, 2004). Por cada hora que se adelanta el horario de entrenamiento se reduce el tiempo total de sueño, de forma que el deportista puede llegar a acumular una deuda de sueño de hasta 8 horas al final de la semana (Sargent, Halson, & Roach, 2014).

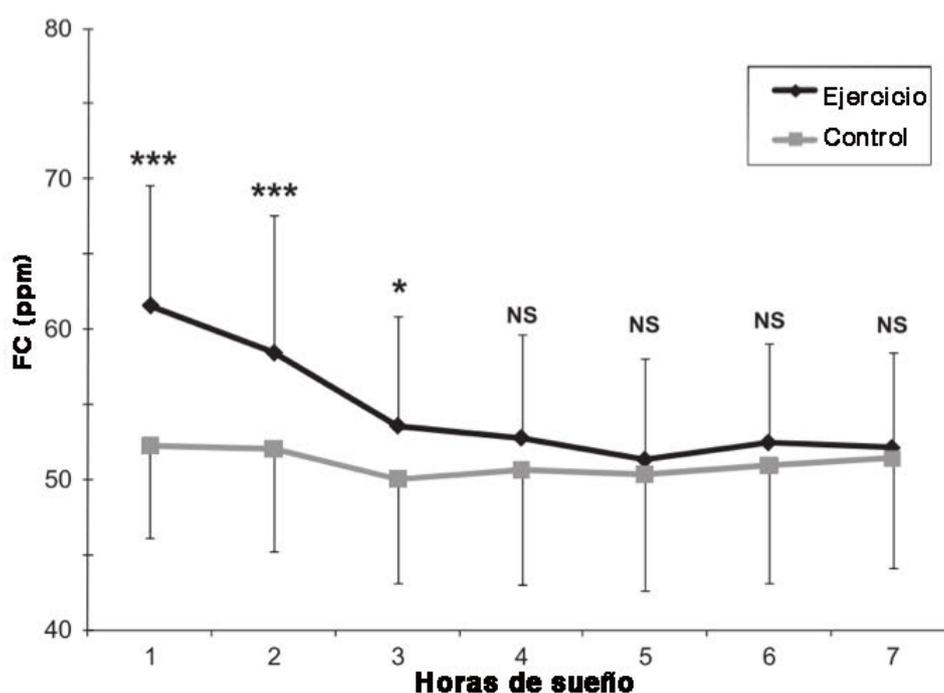


Figura 13. Frecuencia Cardiaca tras ejercicio nocturno aeróbico de alta intensidad. Tomado de Myllymäki, Kyröläinen, Kyröläinen, et al., (2011).

El síndrome de sobreentrenamiento se manifiesta aumentando la actividad simpática en reposo, la hiperexcitabilidad y la inquietud general, así como el nivel de estrés causado

por el entrenamiento y las obligaciones diarias por encima de lo normal. Pero el sobreentrenamiento también se puede manifestar de forma parasimpática, lo cuál es más frecuente, predominando la actividad vagal durante el reposo y el ejercicio (McArdle, Katch & Katch, 2015). La aparición del síndrome se debe a aspectos relacionados con el cansancio acumulado del deportista, como factores inmunológicos, neurológicos y musculares (Samuels, 2009). Es necesario por tanto controlar como la fatiga modula las necesidades de sueño del deportista, y si verdaderamente su tiempo de descanso cubre esas necesidades o si por el contrario se está acumulando deuda de sueño que va a afectar negativamente al proceso de recuperación post-ejercicio (Jürimäe, Mäestu, Purge et al., 2002).

Igualmente, la aparición del síndrome sobreentrenamiento ha atribuido un mal descanso consecuencia de la carga de entrenamiento (Jürimäe, Mäestu, Purge et al., 2002). Sin embargo, algunos autores señalan que aún existen dudas acerca de si la mala calidad del sueño es una causa o un síntoma de sobreentrenamiento (Leeder, Glaister, Pizzoferro et al., 2012; Hausswirth, Louis, Aubry et al., 2014). El descanso se ha convertido en una variable de mayor relevancia en el campo del deporte de rendimiento (Samuels, 2009; Sargent, Halson & Roach, 2014), especialmente en los protocolos de recuperación para mejorar el rendimiento competición (Robson-Ansley, Gleeson & Ansley, 2009; Venter, 2014), tal y como han puesto de relevancia recientes revisiones sistemáticas (Drust, Waterhouse, Atkinson, et al., 2005; Gupta, Morgan & Gilchrist, 2016; Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang, 2018), equiparando su importancia a la de la condición física o el estado nutricional.

Igual que existen diversas disciplinas deportivas y niveles de rendimiento, existen deportistas con necesidades diferentes y diversidad funcional, para las que se requerirá tener en cuenta otras características a la hora de programar y planificar el entrenamiento, también de cara al control del sueño para la salud y el rendimiento deportivo.

## 1.2.2. El sueño en deportistas con discapacidad

Si de por sí el sueño, y especialmente el sueño en deportistas, es un *topic* poco trabajado en el ámbito de la investigación, menor aún es su recorrido en cuanto a población con discapacidad se refiere. Esta población deportista es diferente, no solo por las condiciones individuales físicas o psíquicas que determinan su discapacidad, sino por tratarse de un deportista cuya principal motivación para la práctica deportiva es, según Samulski & Noce (2002), el ocio y la necesidad de rehabilitación orientada hacia la salud. Sin embargo, este estudio también destaca como principales fuentes del estrés en esta población los problemas del sueño, la presión por la victoria y los conflictos interpersonales. Otros trabajos (De Mello, Natal, Cunha et al., 1995) también han observado signos de depresión y trastornos del sueño en personas con discapacidad física tras iniciarse en un programa de entrenamiento.

En cuanto al comportamiento del sueño, revisiones recientes han concluido que presentan mayores trastornos en el sueño que la población sin discapacidad en general (Gupta, Morgan & Gilchrist, 2017). Las personas con trastornos medulares o de los miembros inferiores suelen tender a moverse continuamente durante la noche para cambiar de posición con el objetivo prevenir úlceras (Evans, Andrews, Chutka et al., 1995) o simplemente reducir el dolor (Giummarra & Montenegro, 2007; Norrbrink Budh, Hultin & Lundeberg, 2005; Widerström-Noga, Felipe-Cuervo & Yezierski, 2001). La población con lesión medular suele además tener problemas respiratorios (Sankari, Martin, Bascom et al., 2015), los cuales afectan al sueño (Chiodo, String & Bauman, 2016) incluso en sujetos con paraplejía, y esa baja calidad en el descanso tiene efectos sobre las disfunciones del sistema autónomo aumentando la disnea nocturna (Tobaldini, Proserpio, Sambusida et al., 2015). Al comparar a los deportistas adaptados con personas sedentarias con discapacidad, se ha observado que los primeros presentan un mayor tiempo total de sueño, pero también un mayor número de despertares nocturnos y mayor excitabilidad del miembro inferior (De Mello, Natal, Cunha et al. 1995). En el caso de los amputados, se ha llegado a observar incluso síntomas del síndrome de piernas inquietas en el miembro fantasma (Giummarra, Montenegro, 2007).

Son pocos los artículos que han valorado el comportamiento del sueño en el deporte adaptado en los últimos veinte años. Entre los más relevantes, algunos de ellos han evaluado la calidad del sueño en deportistas paralímpicos antes de los Juegos (Silva,

Queiroz, Winckler et al., 2012), otros han evaluado atletas chilenos de diversas disciplinas adaptadas (Durán, Arroyo, Varas et al., 2015). Los resultados de las investigaciones previas sugieren que antes de la competición los deportistas suelen tener una baja calidad del sueño, la cual es además más baja que la de sus homólogos sin discapacidad (Tsunoda, Hotta, Mutsuzakiet al., 2015; Tsunoda, Mutsuzaki, Horra et al., 2017), sin que el ejercicio físico parezca afectarles al sueño más que a adultos sanos o a personas sedentarias con discapacidad física (Gomes et al., 2018).

La discapacidad visual también ocasiona particularidades en el sueño, especialmente en la fase REM. Las personas invidentes no generan movimientos oculares pero si alteraciones en los órganos vinculados a los sentidos del olfato, el tacto y el oído, salvo en aquellas personas invidentes que hayan adquirido esta condición a lo largo de su vida, y en las que las diferencias en la fase REM no son significativas (De Mello, Esteves & Tufik, 2004).

En cuanto a los ritmos circadianos, la población deportiva con discapacidad suele tener predominancia de un cronotipo más matutino que vespertino, y padecen con más intensidad los efectos nocivos del *jet lag* y la desincronización circadiana, así como un alto estrés precompetitivo y provoca una mayor prevalencia de baja calidad del sueño respecto a los deportistas ordinarios (Silva, Queiroz, Winckler et al., 2012). El ciclo de la temperatura, el cual tiene una implicación importante en el ciclo del sueño, también se ha visto afectado en los deportistas con discapacidad, que tienen mayores dificultades que los ordinarios para disminuir su temperatura central tras el ejercicio (Bhambhani, 2002). Concretamente, los deportistas con lesión medular tienen aún mayores dificultades que otros deportistas con discapacidad física, por lo que la latencia del sueño aumentaría todavía más y la eficiencia del sueño disminuye (Veltmeijer, Pluim, Thijssen et al., 2014; Webborn, 1996).

### 1.2.3. El sueño como parte de los protocolos de recuperación del deportista

Como hemos dicho anteriormente, el deportista de élite presenta unas necesidades de salud particulares debido a que están sometidos a grandes cargas de entrenamiento, resultando más nocivos los contenidos a alta intensidad, y el sueño, ya es considerado un componente principal en la vida del deportista y sugerido como la mejor estrategia a tener en cuenta en su recuperación (Halsón, 2008; 2013). Sin embargo, los deportistas suelen pasar por alto las indicaciones relativas a los hábitos que pueden mejorar la recuperación de tal manera que nos encontramos, como señala Halsón (2016), ante “*amazing athletes with ordinary habits*” (*deportistas increíbles con hábitos ordinarios*). La modificación de los hábitos de vida y el comportamiento es una tarea difícil en personas ordinarias (Kelly & Baker, 2016), pero quizá sea más difícil aún en deportistas de rendimiento. Los técnicos deportivos y los compañeros del deportista suelen tener más influencia que los servicios médicos sobre el deportista (Jowett & Timson-Katchis, 2005; Mageau & Vallerand, 2003), y en ocasiones existen ciertas reticencias o miedos a la hora de cambiar hábitos que han sido asociados con experiencias de éxito en competición, incluso a pesar de estar contraindicados (Vella, Oades & Crowe, 2013).

Sin embargo, entre los profesionales, aquellos que consiguen mejores marcas son precisamente los que dedican mucho más tiempo diario a la recuperación que a la práctica deportiva (Terrados, Calleja-González, Jukic, et al., 2009). Los protocolos de recuperación pretenden restablecer los niveles basales fisiológicos previos al ejercicio (Samuels, 2009) y suelen hacer referencia al tratamiento del aspecto ergonutricionales, la hidroterapia, los masajes, las técnicas de estiramiento y la utilización de prendas compresoras, así como estrategias del sueño y psicológicas (Herring, Kibler & Putikian, 2013; Calleja-González, Terrados, Mielgo-Ayuso, et al., 2016).

Ante las diversas necesidades que pueden requerir del aumento del volumen de entrenamiento, desdoblamiento de las sesiones, disponibilidad de espacios de entrenamiento, etc., es habitual encontrarnos con que los entrenadores se ven obligados a planificar entrenamientos matinales en horarios a primera hora de la mañana, incluso antes de la hora a la que normalmente se despiertan sus deportistas. Los efectos de los cambios en los horarios de entrenamiento han sido estudiados por Thornton, Duthie, Pitchford et al, (2016) que observaron una reducción en el tiempo total de sueño del deportista cuando el entrenamiento se adelantaba 1,4 h. Pero además de dormir menos, se ha observado que

cuanto más se adelanta la programación del entrenamiento mayor es la fatiga previa al ejercicio que percibe el deportista (Sargent, Halson & Roach, 2014), lo cual va a condicionar la calidad de la sesión de entrenamiento. Tanto la falta de sueño como los altos niveles de fatiga en el deportista de manera crónica van a ser considerados síntomas previos a la aparición del síndrome de sobreentrenamiento (Budgett, 1998). Por lo tanto, una correcta planificación y establecimiento de los horarios de entrenamiento debería ser considerado el primer paso para prevenir la fatiga previa al ejercicio.

A pesar de que pueda parecer lógico que si el deportista se va a levantar más temprano de lo habitual o necesita una mayor cantidad de sueño, debería irse a la cama antes, la literatura nos indica que adelantar el momento de acostarse no tiene porqué ser una medida eficaz en todos los casos (Sargent, Halson & Roach, 2014). Desde el punto de vista práctico es evidente que los aspectos sociales y de la vida diaria pueden retrasar la hora de irse a dormir, pero además desde una perspectiva fisiológica hay un periodo de la tarde en el que resulta difícil quedarse dormido incluso aunque se obligue al deportista a estar en la cama para forzar la inducción del sueño (Lavie, 1986; Sargent, Darwent, Ferguson et al., 2012). Existe una ventana temporal en la que el cuerpo es más propenso a quedarse dormido, observada de 0:00h a 7:00h y con un segundo pico a mitad de la tarde, periodos que van seguidos de estadios de baja propensión (Lack & Lushington, 1996). Por este motivo, obligar al deportista a acostarse antes para dormir o descansar más antes de un entrenamiento programado en horario de mañana no tiene porqué ser una garantía de descanso previo al ejercicio, debido a esa franja horaria en la que al deportista le va a costar o incluso a ser imposible quedarse dormido.

La nutrición también juega un papel esencial en el rendimiento deportivo, siendo importante su influencia en los protocolos de recuperación para inducir el sueño, por lo que su planificación debe ser tomada en cuenta a la hora de mejorar el rendimiento deportivo. Cuando el sujeto está desincronizado, la absorción en el tracto gastrointestinal puede verse retrasada tras la cena (Sanders & Moore, 1992), pudiendo provocar hinchazón y disyunción en el sueño del deportista (Reilly, Waterhouse, Burke et al., 2007). Además de la cantidad, el contenido de las comidas va a resultar relevante a la hora de inducir el sueño. De tal manera, algunos estudios han sugerido que las comidas altas en carbohidratos, pero bajas en proteína, van a facilitar la captación del triptófano y su conversión en serotonina, sustancia a partir de la cual la glándula pituitaria genera la melatonina que induce el sueño (Leatherwood & Drago, 2013). Sin embargo, cuando invertimos las proporciones del

contenido, las proteínas van a facilitar la captación de tirosina y su conversión en epinefrina, incrementando los niveles de activación del organismo y dificultando así concebir el sueño (Loat & Rothes, 1989; Manfredini, Manfredini, Fersini et al., 1998). Tampoco las dietas hipercalóricas, especialmente las de alto contenido graso, facilitan la resincronización circadiana (Mendoza, Pévet & Challet, 2008). Por el contrario, las dietas ligeras ayudan a la sincronización (Angeles-Castellanos, Amaya, Salgado-Delgado et al., 2011; Novakova, Polidarova, Sladek et al., 2011). Pero no solo la cantidad y el contenido de la dieta deben ser controlados para asegurar la calidad del sueño en el deportista, también la hora a la que se ingiere va a ser determinante. Los tiempos de la digestión varían a lo largo del día, entre otros, el transporte del alimento un 50% más rápido durante el día y el vaciado gástrico más lento a partir de las 20:00h, llegando a alterarse también los ciclos de producción de cortisol y melatonina en función del ciclo de ingesta-ayuno (Reilly, Waterhouse, Burke et al., 2007)

La administración de melatonina ha demostrado además un efecto protector sobre el daño en el tejido cardíaco causado por el estrés oxidativo del ejercicio agudo, además de sobre ciertos marcadores (TNF- $\alpha$ , IL-6) presentes en el proceso inflamatorio que van a favorecer la reparación del daño muscular (Veneroso, Tuñón, González-Gallego & Collado; 2009). Además, tanto en enfermedades cardiovasculares como tras el ejercicio agudo, la melatonina previene de los efectos adversos de las citoquinas pro-inflamatorias

También la inmersión en agua fría tras el ejercicio físico también ha sido estudiada en diversos estudios (Robey, Dawson, Halson et al., 2013), aunque los beneficios de este tipo de intervenciones sobre la calidad del sueño aún no están claros (Fullagar, Duffield, Skorski et al., 2015).

Los protocolos deben basarse en la idea de mejorar o mantener la salud del deportista como un fin o resultado a obtener, y no como un medio para obtener el rendimiento deportivo (Calleja-González, Terrados, Mielgo-Ayuso, et al., 2018).

Así, Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang (2018) clasifican las estrategias de mejora del rendimiento deportivo aplicadas mediante protocolos del sueño en:

### **1.2.3.1.-Aumento del Tiempo Total de Sueño (TTS) nocturno o mediante siestas cortas a lo largo del día**

La extensión del sueño en periodos de sueño normal es una estrategia comúnmente utilizada para aliviar las disfunciones fisiológicas y cognitivas que la falta de sueño provoca en el rendimiento deportivo (Fullagar, Duffield, Skorski et al., 2015). Aumentar el tiempo total de sueño en una media 110 min durante tres semanas en un equipo de jugadores de baloncesto ha resultado ser una medida eficaz para mejorar la velocidad en el sprint y el tiempo de reacción, mejorar la media de lanzamientos y el estado de ánimo, así como la sensación de bienestar y la preparación mental para la competición (Mah, Mah, Kezirian et al., 2011), por lo que parece que puede resultar una técnica adecuada para mejorar la salud y el rendimiento de deportistas de deportes colectivos. Aunque los resultados de la extensión del tiempo de sueño durante la noche han resultado positivos en ciertos estudios, no parece que pueda ser aplicable en todos los casos, estando condicionado por el cronotipo del atleta (Fullagar, Duffield, Skorski et al., 2015). Precisamente debido a que existe una ventana temporal en la que al deportista le va a costar más quedarse dormido (Lack & Lushington, 1996) o simplemente por la densidad de la agenda, aumentar el tiempo de sueño casi dos horas no va a ser viable (Fullagar, Duffield, Skorski et al., 2015). Ante esta realidad, una posible y fácil solución aplicable son los cortos periodos de sueño durante el día.

La siesta es una medida comúnmente utilizada para restablecer la recuperación del deportista y evitar así que se acumule deuda de sueño. Además de mitigar la fatiga, las siestas han resultado ser beneficiosas para aumentar el nivel de alerta del deportista, reducir la somnolencia y mejorar la respuesta ante pruebas de velocidad de reacción (Waterhouse, Atkinson, Edwards, et al., 2007) también en deportistas con discapacidad (Mursuzaki, Tsunoda, Hotta et al., 2018). Incluso después de que el deportista haya sido sometido a 4 o 5 h de privación del sueño durante la noche, una siesta después de comer de tan solo 30 minutos ha resultado ser suficiente como para lograr mejoras significativas en test de sprint (Waterhouse, Atkinson, Edwards, et al., 2007). Estos periodos cortos de sueño justo después de comer sirven por tanto para paliar diversos déficits del rendimiento deportivo y

que se atribuyen a los cambios biológicos de los ritmos ultradianos que ocurren dentro del ritmo circadiano (Reilly & Edwards, 2007).

Es importante valorar, a la hora de intervenir para aumentar el tiempo de sueño o introducir la siesta a lo largo del día, la influencia que el descanso tiene sobre el nivel de somnolencia del deportista tras ese periodo, y planificar así de manera adecuada los horarios de sueño y las sesiones de entrenamiento, preferiblemente siendo el horario de entrenamiento dependiente del descanso y no al revés. Igualmente, es fundamental llevar al deportista tras el entrenamiento a una situación lo más favorable posible para descansar e inducir un sueño recuperador.

### **1.2.3.2.-Estrategias de recuperación post-ejercicio e higiene del sueño**

Utilizando diversas estrategias como la estimulación mediante distintos tipos e intensidades de luz, uso de la crioterapia y otros protocolos, orientados a mejorar la eficiencia del sueño.

A pesar de la investigación presente en la literatura hasta el momento, sigue sin estar clara la duración de sueño y las estrategias óptimas que propician una buena calidad del sueño en sujetos deportistas (Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang, 2018; Schneerson, 2000). Además es necesario tener en cuenta los posibles inconvenientes fisiológicos y psicológicos concomitantes de dichas estrategias, y las consecuencias que pueden tener sobre el rendimiento deportivo.

Existen ciertos factores fácilmente identificables en el atleta y los equipos deportivos que van a ayudar, con su modificación, a mejorar la calidad del sueño de los deportistas y reducir el efecto nocivo de la falta de sueño y potenciar así la recuperación deportiva. Las estrategias de higiene del sueño han sido privadas con poblaciones de estudiantes universitarios mejorando la eficiencia del sueño y reduciendo el tiempo de latencia (Stepanski & Wyatt; 2003), sin embargo, los cambios de hábitos para mejorar el sueño han sido muy poco estudiados en los deportistas. Algunas evidencias recientes sugieren que los protocolos que incluyen recomendaciones para mejorar los hábitos o la higiene del sueño han obtenido buenos resultados en tenistas (Duffield, Murphy, Kellet et al., 2014) y que las instrucciones que orientan al deportista para que regule los horarios de sueño-vigilia han

mejorado el nivel de sincronización circadiana y la calidad y cantidad del sueño en adolescentes (Malone, 2011).

Identificar los hábitos de sueño, el tipo de cama así como otras características relativas a la habitación han sido destacadas por Malone (2011) como elementos a tener en cuenta para mejorar la higiene del sueño, y que son perfectamente aplicables a los deportistas generando así un entorno lo más familiar posible. Todas las variables ambientales deberían ser controladas para adecuar el entorno de descanso del deportista, más aún cuando los niveles de ruido y luz han sido reportados como los dos principales factores perturbadores del sueño (Venter, 2014).

Bajo esta perspectiva, puede resultar interés estudiar el comportamiento del sueño en el contexto del deporte de rendimiento, y muy especialmente en el deporte adaptado, con el objetivo de aportar nuevas investigaciones a la literatura e identificar qué tipo de ejercicio y en qué cantidad afecta al rendimiento en estos sujetos.

Las nuevas tecnologías también han sido identificadas como una fuente nociva, ya que la luz que desprenden la mayoría de aparatos que hoy en día maneja cualquier persona antes de irse a dormir, incluido el deportista, como smartphones o tablets, pueden provocar una estimulación de la glándula pineal a través de la retina que limite o incluso inhiba la producción de melatonina y aumente el nivel de excitación antes de dormir (Malone, 2011). Sin embargo, aún no existe evidencia suficiente como para atribuir un aumento de la excitación o incluso la inhibición de la producción de melatonina a estos aparatos, los cuales si bien es evidente que son una fuente de luz directa y cercana a la retina, puede que no tengan la intensidad suficiente como para suponer un estímulo mayor que el que se recibe cuando uno se lava los dientes con la luz encendida en el baño antes de irse a dormir. Algunos estudios han determinado que los efectos nocivos provocados por el *jet lag* pueden ser aminorados controlando la hora del día a la que se programa el viaje (Waterhouse, Edwards, Nevill et al., 2002), y que adelantar la hora de salida del vuelo a la hora de comer puede reducir también los efectos de este síndrome (Herxheimer & Waterhouse, 2003).

### 1.3. Los instrumentos de valoración del sueño

A la hora de evaluar al deportista existen diversos métodos e instrumentos de valoración de la calidad del sueño, siendo los más comúnmente utilizados los cuestionarios que, a pesar de haber demostrado una relación pobre con las mediciones objetivas del sueño en deportistas (Leeder, Gardner, Foley, et al., 2009; Richmond, Dawson, Hillman & Eastwood, 2004) siguen siendo frecuentemente aplicados por su comodidad y por ser menos intrusivos que otros métodos.

En el extremo opuesto, la polisomnografía, el *gold standard* para la evaluación de los indicadores de calidad del sueño, es un método altamente intrusivo (utilizado en laboratorios del sueño específicamente preparados para que los sujetos pasen la noche), costoso y que requiere de un personal altamente cualificado (Ruiz, 2007). Este instrumento permite el registro de las respuestas corporales, como la actividad cerebral (*electroencefalograma*), los movimientos oculares (*electrooculograma*), la actividad muscular (*electromiograma*) y la actividad cardíaca (electrocardiograma) (Halsón, 2014). También puede incluir pruebas como flujo de aire (oral y nasal), esfuerzo respiratorio (torácico y abdominal) (Passos, Poyares, Santana et al., 2011). La polisomnografía permite obtener valores de eficiencia del sueño, latencia, tiempo total, índice de fragmentación del sueño, número de despertares, así como los tiempos en cada una de las etapas del sueño y valor relativo sobre el tiempo total dormido. Sin embargo, las mismas características que hacen de la polisomnografía un método válido y fiable son las que lo convierten en un instrumento difícilmente aplicable en una muestra con deportistas, menos aún si se trata de profesionales (Leeder, Glaister, Pizzoferro et al., 2012).

Pero existen soluciones prácticas y fiables que permiten realizar evaluaciones fiables y eficientes, sin que los sujetos tengan que desplazarse ni estar condicionados al uso de complejos aparatos que puedan ser lo suficientemente intrusivos como para alterar su sueño. Estos aparatos, basados en la acelerometría, sirven para monitorizar tanto la actividad diaria como nocturna de los sujetos y se denominan actígrafos. Los actígrafos son instrumentos no-intrusivos y económicos para la efectividad de los resultados que nos proporcionan en la investigación a la hora de estimar la calidad y la cantidad del sueño. Su fiabilidad ha sido validada al compararlo la polisomnografía, obteniendo una adecuación del 80% incluso en pacientes con trastornos del sueño en las variables de tiempo total de sueño y eficiencia del sueño (Kushida, Chang, Gadkary et al., 2001; Kosmadopoulos, Sargent,

Darwent et al., 2014; Babin, Lee, Halko, et al., 1997) y está ampliamente integrado como un método de evaluación útil, eficiente y eficaz para la valoración de la calidad del sueño y sus indicadores en todo tipo de poblaciones (Meltzer, Hiruma, Avis et al., 2014; Stanley, 2003; Pedlar, Lane, & Lloyd, 2007; Miller & Shattuck, 2005; Ancoli-Israel, Cole, Alessi et al., 2003). Las características de estos instrumentos hacen que sean fácilmente aplicables en deportistas de élite, ya que su formato de pulsera o reloj los hacen cómodos para dormir y no requieren de activación previa al inicio del registro. Sin embargo, tienen el inconveniente de que deben ir acompañados de un diario del sueño que permita registrar los horarios del deportista, señalando la hora a la que se acuesta y a la que se levanta junto con otras preguntas como la percepción de la latencia (Kushida, Chang, Gadkary et al., 2001). Este informe es necesario para el evaluador, ya que los registros que realizan la mayoría de actígrafos son básicamente el movimiento del sujeto, a partir del cual calcula valores del sueño aplicando algoritmos específicos de cada marca comercial, pero requiriendo que el evaluador determine el momento en que el sujeto se ha acostado para dormir (entendido como meterse en la cama con la intención de quedarse dormido) y se ha levantado a la mañana siguiente. Así, el software de análisis de los datos registrados mediante actigrafía podrá determinar los valores de cada uno de los indicadores, además de la exposición a la luz y otras variables que dependerán de la marca y modelo de instrumento que se esté utilizando (Cellini, Buman, McDevitt et al., 2013).

A pesar de las bondades de este tipo de instrumentos, su aplicación para la investigación con deportistas es aún escasa, haciendo que aun resulte complejo poder comparar y discutir los resultados con este tipo de muestra (Driver & Tylor, 2000).

### 1.3.1. Las nuevas tecnologías aplicadas a la evaluación del sueño

Las nuevas tecnologías han pasado a formar parte de nuestra sociedad adquiriendo una gran importancia para el interés general de la llamada sociedad de la información. Entre las tecnologías presentes en la mayoría de los hogares, el *smartphone* es el dispositivo más extendido, alcanzando incluso el 95% de los usuarios desde los 15 años (Instituto Nacional de Estadística, 2017).

Desde esta perspectiva de masificación de las fuentes tecnológicas de información, encontramos multitud de opciones para todo tipo de usuarios, las cuales sirven para la monitorización de diversas variables del organismo, entre las que se encuentra el sueño (Lee & Finkelstein, 2015; Evenson, Goto & Furberg, 2015; Kolla, Mansukhani & Mansukhani, 2016). Algunos estudios han revisado las características de distintos dispositivos y metodologías de control de parámetros vitales en el ámbito de la salud, especialmente en el control de enfermedades o la promoción de hábitos saludables (Ryan, Cobern, Wheeler et al., 2005; Duncan, Vandelanotte, Kolt et al., 2014; Bandodkar & Wang, 2015), instaurándose en nuestra sociedad dispositivos de control de la actividad física, que permiten monitorizar, medir o estimar diferentes parámetros relacionados con la salud con propósitos de prescripción y control médico, y que ayudan a mejorar los hábitos de vida saludables (Di Clemente, Marinilli, Singh et al., 2001; Munson & Consolvo, 2012). Entre estas tecnologías, encontramos pulsómetros, acelerómetros y, en los últimos años, elementos de cuantificación de la actividad diaria: herramientas habituales no sólo entre los deportistas de élite y amateurs, sino también entre la población general, para el control de la salud y el bienestar, permitiendo medir y estimar las condiciones ambientales, el gasto calórico, el sueño, la actividad diaria y el ejercicio físico.

Desde la aparición de los acelerómetros de bajo coste y alto rendimiento en el mercado, los profesionales de las ciencias de la actividad física y el deporte comienzan a servirse de ellos para el control y valoración funcional de parámetros relacionados con la condición física en relación con la salud, el entrenamiento y el rendimiento deportivo (Lee, Kim & Welk, 2014; Takacs, Pollock, Guenther et al., 2014). El desarrollo tecnológico ha propiciado la proliferación de este tipo de dispositivos, poniendo los instrumentos de cuantificación a disposición de todo tipo de población, tanto deportistas de diferentes niveles, como personas sedentarias o con diferentes grados de actividad física, de forma que todas ellas puedan llevar un cierto autocontrol sobre la respuesta fisiológica de su actividad diaria (estimación de kilocalorías, pasos, indicadores de sueño, etc.), logrando incrementar la adherencia a la actividad física en personas sedentarias (Bravata, Smith-

Spangler, Sundaram et al., 2007), generalmente en forma de pulseras que permiten sincronizar la actividad con (APPs) para *smartphones*, siendo algunas de ellas validadas para la valoración de la condición física y la actividad diaria (Tully, McBride, Heron & Hunter, 2014; Patel, Asch & Volpp, 2015; Ferguson, Rowlands, Olds & Maher, 2015; Kooiman, Dontje, Sprenger et al., 2015).

Gracias al desarrollo tecnológico de los últimos años, estos dispositivos han evolucionado de pulseras y relojes a todo un repertorio de *wearables devices (WD)*, que incluyen gafas, camisetas inteligentes y otros medios informáticos para llevar sobre el cuerpo (Custodio, Herrera, López & Moreno, 2012; Bandodkar & Wang, 2014). Las variables de estudio no se limitan a la actividad física o al sueño, y el uso del consumidor está condicionado por variables que van desde la ergonomía a las molestias que socialmente puedan ocasionar a los que le rodean (Rooksby, Elouafkoui, Humphris et al., 2015).

Esta tendencia ha sido señalada por el ACSM, que ha puesto de manifiesto que los *WD* y las nuevas tecnologías aplicadas a las ciencias del deporte son un topic de gran interés en el campo de las ciencias del deporte, ocupando el primer puesto en el *World Wide Survey of Fitness Trends* para el año 2016 (Thompson, 2015) y 2017 (Thompson, 2016), y el tercer puesto en el año 2018 (Thompson, 2017). Los *WD* irrumpieron en las tendencias situándose directamente en el primer puesto sin que en el año previo aparecieran ni siquiera en el top-ten de los tópicos de mayor interés para los profesionales del deporte.

Así las cosas, la introducción de los dispositivos vestibles o *WD* ha significado un avance sustancial en áreas de conocimiento para las cuales la obtención de datos estaba limitada exclusivamente a las pruebas de laboratorio. El área deportiva es una de las actividades donde mayor influencia potencial tienen los *WD*, dado que su uso podría mejorar tanto el entrenamiento como el seguimiento de los deportistas. En concreto, el reconocimiento de actividad física y el grado y esfuerzo de ésta es un campo donde se ha realizado inversión, tanto comercial como de investigación, trasladando sus resultados a público en general. En varios de estos estudios se han tratado la clasificación entre las posturas estáticas y las actividades dinámicas (Mathie Celler, Lovell & Coster, 2004; Karantonis et al. 2006) actividades realizadas a diferentes intensidades (Bornstein, Beets, Byun et al., 2011) actividades de la vida cotidiana (Berntsen, Hageberg, Aandstad et al., 2010; Grant, Ryan, Tigbe, & Granat, 2006; Johannsen, Calabro, Stewart, et al., 2010), y la validez para estimar el gasto energético tanto durante la realización de ejercicio físico como

en situación de reposo (Fruin & Rankin, 2004) tanto en niños (Corder, Brage, Mattocks et al. (2007) como en adultos (Crouter, Churilla, & Bassett, 2008), ya sean sujetos sanos (Mifflin, Jeor, Hill et al., 1990), o con sobrepeso y obesidad (Weijs, 2008). Otros trabajos han comparado los resultados obtenidos entre diferentes monitores de actividad, (Berntsen, Hageberg, Aandstad et al., 2010), (Calabro et al., 2014; Lee, Kim, & Welk, 2014), mostrando los diferentes monitores diferencias significativas en el gasto energético determinado por *gold standard* (Berntsen, Hageberg, Aandstad et al., 2010; Lee, Kim & Welk, 2014) e incluso diferencias entre productos de diferentes marcas (Lee, Kim & Welk, 2014). Algunos estudios han desarrollado metodologías de series temporales, como *Symbolic Aggregate Approximation* (SAX) (Villar, González, Sedano et al., 2013) para la detección de las actividades normales de la vida diaria, mientras que en otros trabajos se presentan propuestas sobre la identificación de las actividades diarias por medio de acelerómetros situados en las extremidades superiores.

La literatura reciente se ha centrado en determinar por medio de diferentes medidas (distintos cálculos), la obtención de nuevas características, y en la selección de aquellas que optimizan los modelos de clasificación de los movimientos. Entre ellos encontramos los siguientes (Yang et al., 2008; Villar, González, Sedano et al., 2013; González et al., 2014) que han utilizado selección de características como el Análisis de Componente Principal (PCA), el Coeficiente Correlación Información (ICC), o la Información Mutua (MI) con este fin. En el desarrollo de patrones de movimiento es fundamental la correcta calidad de los datos, su frecuencia, filtrado, etc.; así encontramos algunos trabajos que versan sobre esto (Sedano et al., 2013) que focalizaba su estudio en el desarrollo de dispositivos basados en acelerómetros triaxiales inerciales y sobre la adecuada frecuencia de muestreo, de modo que permita la mejor clasificación de las actividades realizadas. La introducción de la acelerometría para cuantificar el movimiento implicado en la actividad ha supuesto un gran avance para medir la actividad locomotriz (Bassett, Rowlands, & Trost, 2012) y estimar el gasto energético, por ser un instrumento poco invasivo y fácil de utilizar (Trost, McIver, & Pate, 2005), eficaz y fiable para obtener información objetiva y detallada (Esliger & Tremblay, 2006), convertido en un método muy usual a la hora de controlar la actividad física diaria (Munson & Consolvo, 2012; Dannecker et al., 2013; Guenther et al., 2014; Bandokar & Wang, 2014). Siendo además apropiado para cuantificar la actividad física en la mayoría de grupos de población, superando las limitaciones de los cuestionarios y escalas de percepción subjetiva del esfuerzo. No obstante, presentan limitaciones en su utilización y

fiabilidad de medición (Bornstein, Beets, Byun et al., 2011; Calabro, et al., 2014; Giacomozzi et al., 2002; Welk, McClain, & Ainsworth, 2012).

A pesar de su gran difusión, en la actualidad presentan una serie de limitaciones científicamente demostradas como son, su incapacidad para detectar la actividad en las que no se produce desplazamiento, tales como el entrenamiento de fuerza-resistencia o el ciclismo, así como los desplazamientos mediante vehículos. También la calidad de los datos del acelerómetro se ve afectada significativamente por el grado de cumplimiento de los participantes, tales como recordar usar el dispositivo, o conectar adecuadamente el dispositivo en la posición recomendada (Copeland & Esliger, 2009). Existen problemas de calibración de estos, dependiendo del tipo de población a estudiar (Copeland & Esliger, 2009). Si bien son muchos los monitores de actividad física que estiman la distancia recorrida y/o pasos realizados, no son muchos los que verdaderamente estiman la actividad física realizada, especialmente a velocidades reducidas (Takacs, Pollock, Guenther et al., 2014). Las investigaciones realizadas con dispositivos comerciales como el Fitbit®, Fuelband®, y otros (Nelson, Caminsky, Dickin & Montoye, 2016), demuestran que las mediciones que realizamos con los cuantificadores se ven influenciadas por la velocidad de la actividad (Mammen, Gardiner, Senthinathan et al., 2012), de ahí el error obtenido en la estimación del gasto energético de las actividades de baja intensidad (Calabro, Lee, Saint-Maurice, Yoo & Welk, 2014), característica de pacientes que se mueven lentamente (sujetos con diabetes tipo II o enfermedad coronaria crónica) (Giacomozzi, Caselli, Maceralli et al., 2002; Guazzi, Dickstein, Vicenzi & Arena, 2009) pudiendo ser debido a las ecuaciones diseñadas. Además presentan la dificultad de equiparar la salida de datos entre diferentes monitores (Welk, McClain, & Ainsworth, 2012) impidiendo la comparación de datos, ya que hay discrepancias en las unidades que representan la intensidad estimada durante cada periodo de tiempo, debido a diferentes modelos de regresión utilizados para generar puntos y estimar el gasto energético y la actividad (Bornstein, Beets, Byun et al., 2011). Con los avances de la tecnología, el número de monitores disponibles que registran la actividad está incrementando (van Remoortel, Giavedoni, Raste et al., 2012), teniendo que utilizar con precaución los datos obtenidos mediante esos monitores, ya que pueden subestimar o sobrestimar el gasto energético (Nelson, Caminsky, Dickin & Montoye, 2016), en función de la actividad realizada. La heterogeneidad de los datos obtenidos entre diferentes acelerómetros es un factor a tener en cuenta en la valoración de la actividad y una dificultad añadida (van Remoortel, Giavedoni, Raste et al., 2012).

En la actualidad los diferentes wearables cuantifican la carga mediante el registro de la actividad, y la muestran de manera simplificada durante la actividad y ampliada al finalizar el ejercicio (Calabro, Lee, Saint-Maurice, Yoo & Welk, 2014).

Uno de los métodos más utilizados para estimar la intensidad del ejercicio es el registro de la frecuencia cardíaca (FC) (Achten & Jeukendrup, 2003). Debido a la linealidad entre la FC y el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) en un amplio rango de intensidades submáximas (Astrand y Rodal, 1986). Esta relación permite la utilización de la FC para estimar el  $VO_2$ , variable que es un fiel reflejo de la intensidad del ejercicio. Incluso se ha utilizado para predecir el  $VO_{2max}$  (Astrand & Ryhming, 1954). La medición simultánea de la FC y el  $VO_2$  en una amplia variedad de intensidades en el laboratorio, permiten utilizar la FC para predecir el gasto energético de la actividad de campo (Padilla, Mujica, Orbananos et al., 2001). A pesar de ser una variable sencilla, económica y relativamente fiable (Achten & Jeukendrup, 2003) la utilización de la FC para estimar la intensidad del ejercicio, el  $VO_2$  y por lo tanto el gasto energético presenta ciertas limitaciones (Achten & Jeukendrup, 2003). Se va a ver influenciada por la hora del día (Taylor, 1944), el drift cardiovascular (Coyle & Gonzalez-Alonso, 2001), el nivel de hidratación (Saltin, 1964), la temperatura ambiente (Achten & Jeukendrup, 2003), la altitud (Vogel, Hansen & Harris, 1967) y la posición corporal (Li, et al., 1993). A pesar de la aceptación de la relación lineal entre la FC y el  $VO_2$  en todas las intensidades, la relación no es lineal, sino que en intensidades muy bajas y muy elevadas es curvilínea (Davies, 1968). La predicción de la frecuencia cardíaca muestra una desviación estándar con un error de 8-12 latidos por minuto (Miller, Wallace & Egert, 1993) y la estimación del  $VO_{2max}$  mediante la FC puede ocasionar un error de 10-20% (Mc Ardle, Katch & Katch, 2015). Pequeños movimientos o cambios en la posición corporal pueden ocasionar cambios en la FC mientras que el gasto energético es prácticamente constante. Cambios en la intensidad del ejercicio o el paso del estado de reposos a actividad no se ven reflejados inmediatamente en la FC, sino que precisan un periodo de adaptación. Por lo tanto, el registro conjunto de la FC con otras variables fisiológicas como son la concentración de lactato y de  $O_2$  y la actividad cuantificada mediante la acelerometría ofrecerán una mayor precisión en la estimación del gasto energético que implique una actividad.

El estudio de la energética muscular ha sufrido un cambio radical en los últimos años gracias a la progresiva introducción de técnicas para la valoración de la oxigenación muscular (Ferrari, Mottola, Quaresima et al., 2004). La saturación tisular de  $O_2$  representa el

balance de la dinámica entre el aporte de  $O_2$  y el consumo de  $O_2$  (Hamaoka, Iwane, Simomizu et al., 1996). Una de las técnicas más empleadas en la valoración de la oxigenación muscular, que también puede proporcionar información de la desoxigenación es el near infrared spectroscopy (NIRS) (Gerz, Geranskin, & Franke, 2013) pudiendo determinar los niveles de hemoglobina, dexosihemoglobina y mioglobina (Ozyener, 2002). No obstante este sistema presenta ciertas limitaciones (Boushel & Piantadosi, 2000) como las interferencias producidas por el espesor del tejido adiposo, la controvertida y desconocida aportación de la mioglobina y los efectos del flujo de sangre (Ferrari, Mottola & Quaresima, 2004). El estudio del consumo de  $O_2$  en un tejido determinado, es importante por la relación lineal entre el consumo de  $O_2$  y la intensidad de ejercicio (Sako, Hamaoka & Higuchi, 2001) permitiéndonos examinar diferencias intracorporales, y medir los cambios inducidos por el entrenamiento. Junto con la disponibilidad de  $O_2$ , la tasa de reoxigenación muscular una vez finalizado el ejercicio es un indicador fiable de la función aeróbica muscular, directamente relacionada con el nivel de condición física (Ichimura et al., 2006). Se han correlacionado los niveles de  $O_2$  con el porcentaje de fibras musculares oxidativas, indicando la potencial importancia de las fibras oxidativas, en el mantenimiento de los niveles de hemoglobina durante el ejercicio (Kitada, Machida & Naito, 2015) así como una diferente disminución de la disponibilidad de  $O_2$  y utilización de  $O_2$  en función del tipo de ejercicio (Zafeiridis, Kounoupis, Dippla et al., 2015) de la carga y duración del ejercicio (Pereira, Gomes & Dhani, 2007), la musculatura analizada (Steimers, Vafiadou, Koukourakis et al., 2016) estando determinada esta presencia de  $O_2$  por el comportamiento de la curva de disociación de la hemoglobina (Grassi, Quaresima, Marconi et al., 1999) y la edad, mostrando una más baja saturación muscular de  $O_2$  los adultos que los jóvenes (Costes, Denis, Roche et al., 1999). La medición y estudio del  $O_2$  proporciona una oportunidad para evaluar patrones metabólicos y circulatorios importantes en tejidos muy localizados, siendo muy fructíferos en el estudio de síndromes ocupacionales y en situaciones patológicas (Boushel, Langberg, Olesen et al., 2001) como por ejemplo la ataxia (Lynch, Lech, Farmer et al., 2002) o enfermedades cardiovasculares (Boushel & Piantadosi, 2000).

Entre los parámetros fisiológicos y funcionales estudiados en todo tipo de población (Brand, Beck & Gerber, 2009), y en los deportistas en particular (Cumiskey, 2013) encontramos los relacionados con la cuantificación y estimación de la actividad física y la calidad del sueño (Dannecker, 2013). Las relaciones existentes entre el sueño y la vigilia, los ciclos de descanso y actividad, por un lado, y el rendimiento deportivo y la actividad física por otro, aunque sus relaciones son muy complejas, intrincadas y multifactoriales en ambos

sentidos. Recientemente muchos de estos dispositivos cuantificadores fundamentados en la acelerometría han implementado su utilidad en el registro y monitorización del sueño, tanto en lo referente a su cantidad como a su calidad. En el campo del sueño y de la cronobiología, la literatura presenta diferentes trabajos en los que se han validado aparatos que se sirven de la acelerometría para la medición de la calidad del sueño (Cellini, 2013).

Como ya se ha expuesto, el *gold standard* para la valoración del sueño es la polisomnografía. Sin embargo, esta técnica presenta inconvenientes como su elevado coste y la necesidad de un laboratorio específico, por lo que en la actualidad la valoración mediante la actigrafía, que resulta menos invasiva, más económica y facilita la valoración al realizarse en el domicilio del sujeto (Sadeh y Acebo, 2002), se ha instaurado como una metodología habitual en la literatura. Dentro de la actigrafía, el Actigraph GT3X (AGT3X) es considerado el *gold standard* para la valoración de la calidad del sueño (Ancoli-Israel et al., 2003; Littner, Kushida, & Anderson, 2003) debido a las altas correlaciones obtenidas con la polisomnografía (Cellini, Buman, McDevitt et al., 2013). Sin embargo, el AGT3X también puede resultar un dispositivo caro y con una menor aplicabilidad en la práctica, debido a que requiere un procesamiento y análisis del registro para obtener resultados (Kang et al., 2017). Quizás por ello los actígrafos en forma de brazaletes, relojes, y otras tecnologías vestibles, o dispositivos de consumo, se han convertido en los instrumentos más populares para valorar la calidad del sueño y cuantificar el ejercicio físico (Calabro, Lee, Saint-Maurice, Yoo & Welk, 2014), tanto en el área clínica como en la investigación.

Estos dispositivos se caracterizan por ser pequeños, no invasivos y muy fáciles de utilizar, lo cual permite obtener indicadores de diferentes variables en largos periodos de medición (Sadeh y Acebo, 2002). Su desarrollo cuenta con una sofisticada tecnología basada en la acelerometría, siendo preparados para registrar datos y mostrarlos en interfaces web y app, funcionalidades no disponibles en AGT3X, que no solo permiten visualizar los datos sino también calcular el progreso o comparar datos con otros usuarios.

Es por esta razón por la que es importante desarrollar tecnologías accesibles para los consumidores que permitan el control de los indicadores de calidad del sueño de forma sencilla y económica. La pulsera FitBit Flex® (FF) es un instrumento dirigido al público masivo para la cuantificación de variables como la actividad física diaria, la calidad del sueño o el registro alimentario. La FF es una pulsera vestible en cualquiera de las dos manos, cuyo

hardware incluye un acelerómetro piezoeléctrico de sistema microelectromecánica (tecnología MEMS) (Figura 14).



Figura 14. Fitbit Flex®, componentes y microcontrolador STM32L151. Tomado de ifixit.com.

Si bien la prioridad debería ser utilizar los aparatos gold standard, instrumentos como la FF permiten realizar mediciones por un bajo coste, utilizando una interfaz web que facilita la consulta de los datos registrados (Figura 15). Para un uso fiable en la evaluación del sueño, es necesario validar este dispositivo para garantizar la validez de las mediciones.

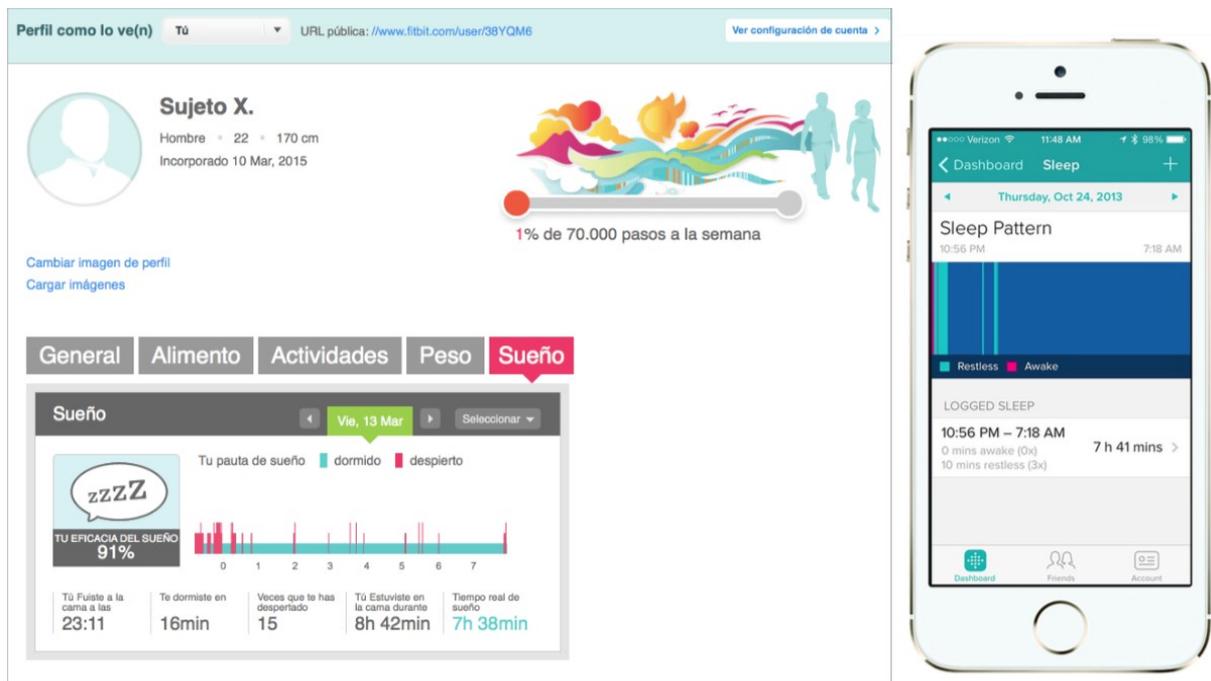


Figura 15. Software online de FitBit y app móvil. Pantalla del software online con la muestra de un registro nocturno de sueño (izquierda) y aplicación en la pantalla de un Smartphone (derecha). En rojo se marcan los despertares superpuestos sobre la línea azul de tiempo de sueño. Ambos muestran los resultados de ES, LS y TTS.

Estudios previos ya han validado la FF para valoración de la actividad física y el consumo energético (Takacs, Pollock, Guenther et al., 2014). Determinar su validez podrá permitir la implantación del dispositivo tanto en el ámbito del rendimiento deportivo como en el de salud ya que, a pesar de que los Pacientes usen estos instrumentos para llevar un autocontrol de los indicadores de salud, la mayoría de estos datos no son admitidos por las instituciones sanitarias para que los médicos acepten estos registros como válidos, debido a la falta de validación existente en la mayoría de los casos, al menos en los primeros años tras el lanzamiento de la tecnología (Kolla, Mansukhani & Mansukhani, 2016).

Otra de las grandes barreras de estos dispositivos son la falta de información técnica que proporcionan los fabricantes a cerca de los sensores, los algoritmos y la variabilidad en las mediciones (de Zambotti, Godino, Baker et al., 2016). Ante esta situación, resulta interés valorar y determinar cuales de estas herramientas tienen la fiabilidad, validez e idoneidad necesarias para evaluar una determinada situación, y algunos autores instan al resto de la comunidad científica a la realización de análisis de confiabilidad y acuerdo, tales como el Bland-Altman Plots y Epoch by Epoch, para comparar los resultados obtenidos por estas tecnologías con los métodos gold standard y validar así (de Zambotti, Godino, Baker et al., 2016). También señalan estos autores que, paradójicamente, la información científica que evalúa los resultados de estos aparatos suele publicarse en la literatura científica cuando las marcas ya han cambiado los algoritmos o implementado unos nuevos para su tecnología, debido precisamente a estas barreras con las que se encuentran los científicos.

Dado la amplia instauración de los dispositivos *wearables* en la sociedad actual y especialmente en el ámbito deportivo, resulta fundamental conocer la validez y fiabilidad de los datos utilizados por este tipo de monitores de actividad física y sueño antes de aplicarlos en con fines médicos, investigadores o de rendimiento deportivo.

## 2. OBJETIVOS



*Partido de Liga Nacional de Baloncesto en Silla de Ruedas del Servigest Burgos.*



LOS OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS de este trabajo son:

**PRIMER OBJETIVO:**

Conocer la influencia sobre el rendimiento deportivo de la influencia de los protocolos de recuperación sobre el sueño, y específicamente identificar las estrategias de recuperación, activación y sincronización circadiana tanto por inducir la síntesis de melatonina como por analizar los efectos de su administración exógena.

**SEGUNDO OBJETIVO:**

Valorar la influencia de la práctica de actividad físico-deportiva vespertina sobre el sueño en deportistas con paraplejia, y específicamente analizarla tanto en los días de descanso, entrenamiento y competición como tras un periodo competitivo.

**TERCER OBJETIVO:**

Evaluar la validez y fiabilidad del wearable Fitbit Flex® en la valoración de la Calidad del Sueño, y específicamente compararlos con el actígrafo Actigraph GT3X®.

Para dar respuesta a estos 3 objetivos generales se han diseñado y desarrollado diversos estudios con la finalidad de conocer mejor el comportamiento del sueño en relación con la práctica físico-deportiva, así como la aplicabilidad de nuevas tecnologías de monitorización de la actividad diaria en el registro de la calidad del sueño, especificándose en cada uno de ellos la metodología empleada.



## 3. METODOLOGÍA



*Mujer durmiendo mientras es monitorizada con un wearable (Actigraph GT3X). Tomado de [actigraphcorp.com](http://actigraphcorp.com)*



### 3.1. METODOLOGÍA DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El proceso de revisión bibliográfica se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones de la literatura a la hora de plantear la búsqueda en el ámbito de la salud (Perestelo-Pérez, 2013; Moher, Shamseer, Clarke et al., 2015). La búsqueda para realizar la revisión bibliográfica del Estudio 1 y las búsquedas para el diseño y justificación de los estudios 2 y 3 se realizaron en las bases de datos PubMed y SportDiscuss fundamentalmente, aunque con apoyo de otras bases de datos y literatura en formato físico.

La fase de cribado y selección de los artículos se realizó siguiendo las indicaciones de la metodología de reporte de los resultados establecidos por el grupo PRISMA para revisiones bibliográficas (Moher, Liberati, Tetzlaff et al., 2009).

### 3.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL SUEÑO

#### 3.2.1.-Procedimientos

La evaluación del sueño se llevó a cabo siguiendo la metodología de referencia en la materia (Littner, Kushida, Anderson et al., 2002). Los registros actigráficos se llevaron a cabo siguiendo las recomendaciones de diversas referencias de la literatura (Morgenthaler, Alessi, Friedman, et al., 2007; (Sadeh, A., & Acebo, 2002; Sadeh, Sharkey, & Carskadon, 1994) en función de la especificidad de cada muestra.

#### 3.2.2.-Instrumentos

##### Consentimiento Informado

Los participantes fueron informados del procedimiento y los propósitos de los estudios antes de firmar el consentimiento informado, el cual se adjunta (Anexo 1).

##### Cuestionario de Pittsburgh

El Cuestionario de Pittsburgh (Buysse, Reynolds, Monk, et al., 1989) fue integrado en los estudios 2 y 3 para evaluar la calidad del sueño en la muestra participante (Anexo 2). En aquellas personas en las que el resultado del cuestionario revelase una mala calidad del sueño o un indicio de trastorno del sueño, serían descartados.

##### ActiGraph wGT3X-BT® (ActiGraph™ Corp., Florida, EEUU)

El wGT3X-BT es el monitor de actividad principal de ActiGraph, utilizado por investigadores de todo el mundo para capturar y registrar la actividad física continua de alta

resolución y la información de sueño / vigilia. El dispositivo tiene unas dimensiones de 4,6 x 3,3 x 1,5 cm y 19 g de peso.



---

Figura 16. Actigraph wGT3x®

El wGT3X-BT está diseñado para su uso en aplicaciones donde se desea una medición y almacenamiento cuantificables del movimiento físico. Los monitores de actividad ActiGraph wGT3X-BT contienen un acelerómetro MEMS de 3 ejes con un rango dinámico de +/- 8 G. Los datos de aceleración se muestrean mediante un convertidor de analógico a digital de 12 bits a velocidades especificadas por el usuario que varían de 30 Hz a 100 Hz y se almacenan en un formato en bruto, no filtrado / acumulado en las unidades de gravedad (G). Los datos se almacenan directamente en una memoria flash no volátil. El wGT3X-BT se usa típicamente en la cintura o en la muñeca no dominante utilizando uno de nuestros cinturones o muñequeras compatibles. La ubicación durante la evaluación de los indicadores de calidad del sueño es la muñeca no dominante.

#### Actilife 6.0.®

El software de análisis Actilife 6.0.® fu utilizado para analizar los datos registrados por el actígrafo mediante el archivo AGD generado de forma automática. Este archivo muestra toda la actividad de movimiento registrada tanto en la fase de vigilia como de sueño. El registro de cuentas de movimiento y registro de luz se mantuvo activo en todo momento.

Todos los dispositivos utilizados en los estudios fueron inicializados con la máxima carga de batería posible y sin determinar un límite en el registro. Así mismo,, se definió el modo de registro "normal", realizando registros en los tres ejes a una frecuencia de 60 Hz y manteniendo el registro de Lux.

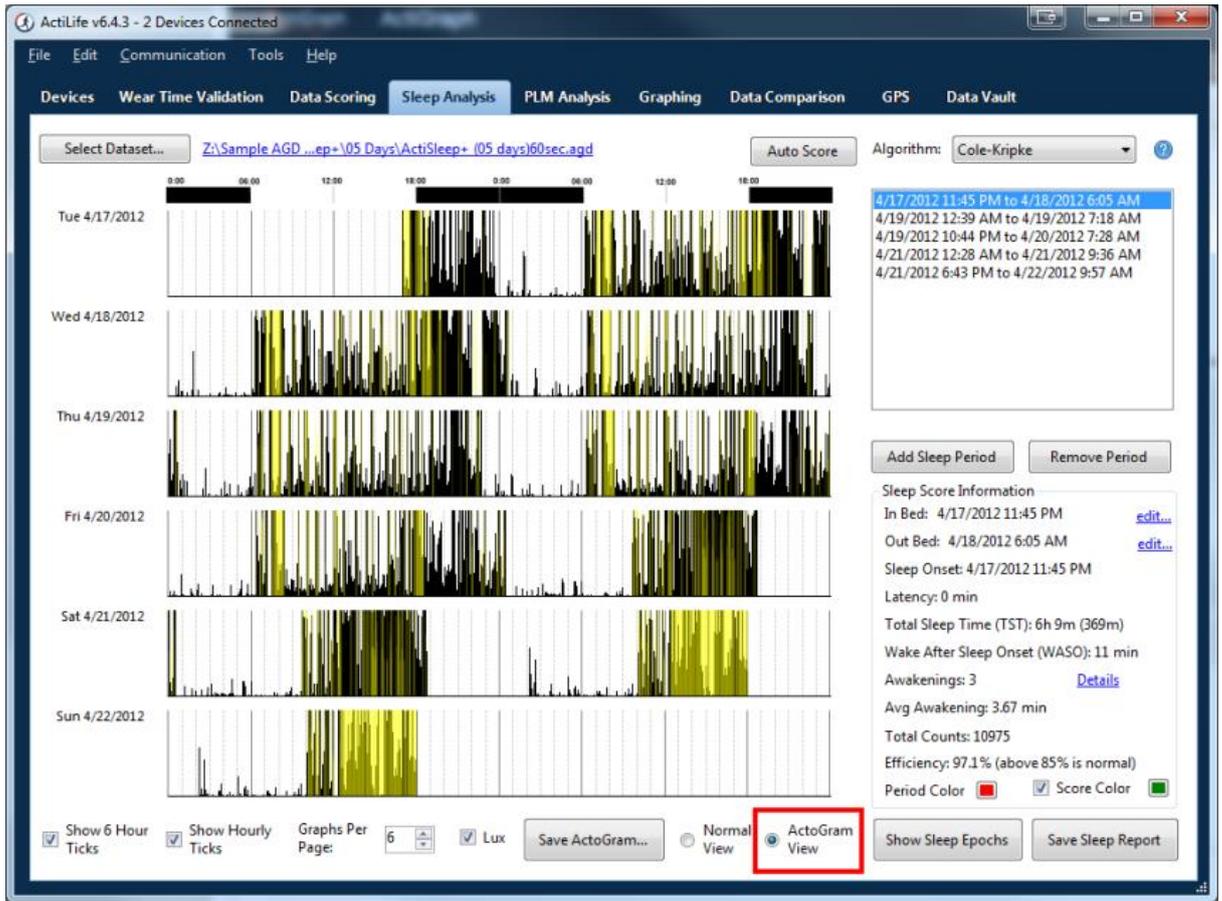


Figura 17. Software de análisis actigráfico Actilife 6.0.

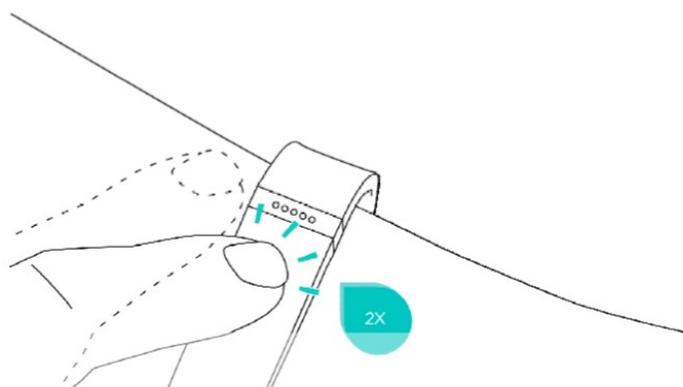
### Fitbit Flex®

La pulsera de cuantificación Fitbit Flex® (Fitbit Inc., San Francisco, EEUU) fue utilizada en su modo de registro *Normal*. Flex cuenta con una pantalla que tiene cinco luces LED indicadoras. Las luces se comportan de diferente manera en función de lo que esté haciendo el monitor, bien sea porque está registrando una actividad durante sueño o vigilia y muestre el tipo de registro, o bien porque durante la vigilia este reportando el progreso del sujeto en el alcance de sus objetivos de actividad física diaria. El dispositivo tiene unas dimensiones de 1,3 x 14 x 17 cm ; 31,8 g (Figura 18).

---

Figura 18. Fitbit Flex®

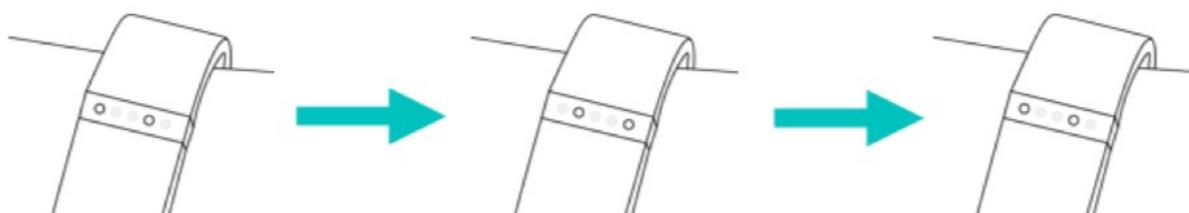
Este monitor permite transmitir la información por tecnología NFC y Bluetooth para actualizar la información en el ordenador, con el uso de un receptor, o en el smartphone mediante el bluetooth del propio terminal. Los datos sincronizados con el ordenador o con la App Fitbit® (disponible para terminales con sistemas operativos móviles iOS y Android) pueden actualizarse permanentemente y son visualizados con gráficos en los que se puede interpretar el número total de despertares y su duración. Además, el software nos reporta los datos de eficiencia del sueño, latencia y tiempo total de sueño. Una vez actualizadas las mediciones en el sistema, éstas pueden consultarse en cualquier momento, quedando registradas en un calendario de utilización de la pulsera de cuantificación junto con otros datos de actividad física diaria e ingesta. Este monitor tiene la particularidad de que requiere de activación manual del sujeto para cambiar del registro de vigilia al registro de sueño. Para su correcto uso, los participantes recibieron indicaciones sencillas acerca de cómo utilizar la pulsera de cuantificación, indicándoles la manera de proceder para cambiar el tipo de registro (Figura 16).



---

Figura 19. Activación de la Fitbit Flex®. Cuatro toques con un dedo en la parte exterior de la pulsera para cambiar el tipo de registro. Tomado de Fitbit Inc, 2014.

De la misma forma, se les enseñó a realizar la comprobación del modo de registro correcto visualizado en el panel tras realizar los cuatro toques (Figura 17).



---

Figura 20. Cambio de registro de la Fitbit Flex®. Señal luminosa indicadora del cambio en el tipo de registro de vigilia a sueño en la Fitbit Flex® tras su activación. Tomado de Fitbit Inc., 2014.

### Software online Fitbit

Tras el registro, se utilizó el software online de Fitbit Inc. para la exportación de los resultados, obteniendo así los resultados en las variables evaluadas.

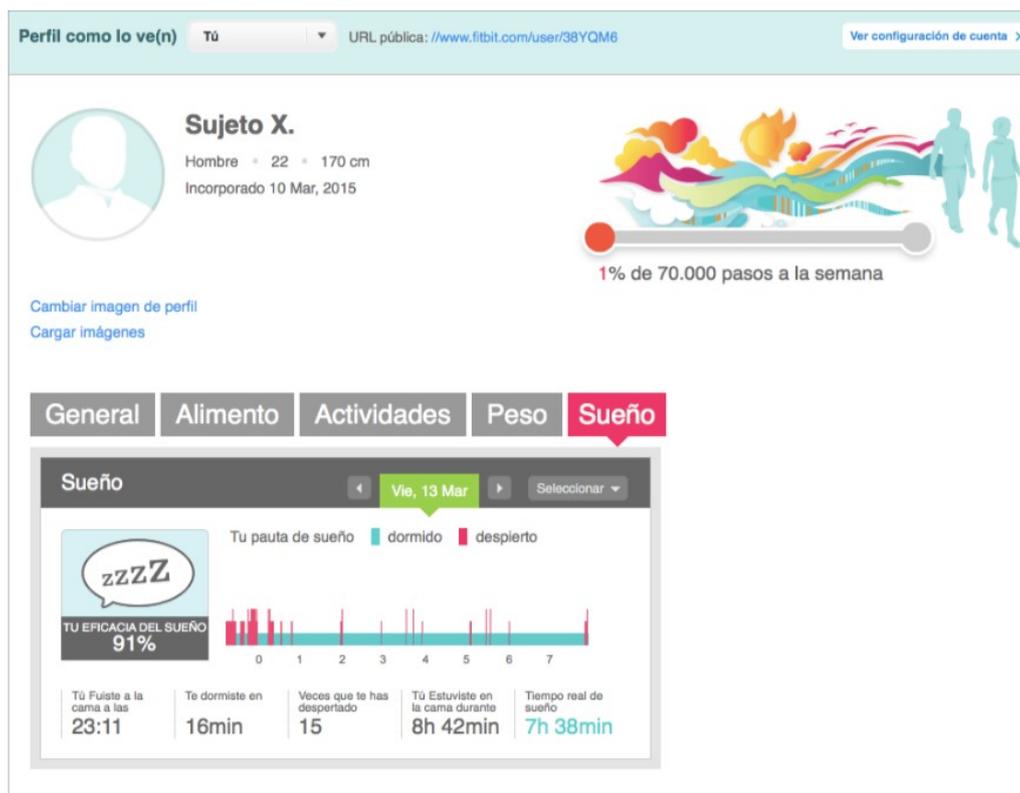


Figura 21. Software online de análisis de Fitbit Flex . Tomado de Fitbit Inc., 2014.

### Diseño experimental

Los participantes fueron seleccionados entre una muestra de deportistas aficionados y profesionales, participando en todo caso de manera voluntaria e informada. El mismo día que se informaba del estudio a los deportistas, se les realizaba inicialmente un estudio cineantropométrico para, mediante toma de peso, talla, proceder a describirles antropométricamente.

Se midió el peso corporal y la talla de cada uno de los jugadores mediante el uso de una báscula (COBOS precisión, modelo 50K150), con un rango de medición entre 0 y 150 kg y una precisión de 20 g, y el tallímetro (Detecto, modelo D52, USA), con un rango de medición entre 60 y 200 cm y una precisión de 0.5 cm.

Todas las mediciones del análisis cineantropométrico fueron tomadas por el mismo evaluador en todas ellas. A la vez que el evaluador iba realizando las diferentes medidas, otra persona iba introduciendo los datos obtenidos en una hoja Excel diseñada especialmente para esta recogida de datos.

### Sujetos

Los estudios 2 y 3 se llevaron a cabo con voluntarios con diferente experiencia en el ámbito deportivo. Se tomaron las medidas antropométricas de la muestra utilizando un metro y una báscula.

### Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en los diversos estudios fueron presentados como media  $\pm$  desviación estándar utilizando el software de análisis de datos Microsoft Excel. La distribución normal de los resultados de las variables aplicadas se probó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y se llevaron a cabo técnicas estadísticas paramétricas. Las diferencias entre medias se expresaron como porcentajes. La significación estadística se estableció en  $p < 0,05$ . La importancia práctica se evaluó al calcular el tamaño del efecto de Cohen. Los tamaños de efecto ( $d$ ) superiores a 0,8, entre 0,8 y 0,5, entre 0,5 y 0,2 y menores a 0,2 se consideraron grandes, moderados, pequeños y triviales, respectivamente. Se utilizó la siguiente escala de valores para interpretar la magnitud de los coeficientes de correlación:  $<0.1$ , trivial;  $= 0.1- 0.3$ , pequeño;  $<0.3- 0.5$ , moderado;  $<0.5-0.7$ , grande;  $<0.7- 0.9$ , muy grande; y  $<0.9- 1.0$ , casi perfecto (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). Para el tratamiento estadístico, el paquete estadístico SPSS se utilizó en su versión 22.0.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



*Ponencia en la jornada de divulgación científica en la Marcha Alberto Contador.*



## **Estudio 1.**

### **Efectos de la melatonina en el rendimiento deportivo: una revisión bibliográfica**

**López-Flores, M.**, Nieto Luque, R., Costa Moreira, O., Suárez Iglesias, D., Villa Vicente, J.G. (2018) Effects of Melatonin on Sports Performance: A Systematic Review. *J Exerc Physiol Online*, 21(5):121-138.



## Resumen

**Introducción:** La melatonina ha sido poco estudiada en el ámbito deportivo y aún existe controversia sobre cómo actúa en el organismo en relación con la actividad física. El objetivo de este trabajo es identificar cuáles son los efectos de la melatonina sobre el rendimiento deportivo y el sueño.

**Métodos:** Para llevar a cabo la investigación, se ha realizado una revisión sistemática de artículos científicos consultando las bases de datos de PubMed y de la mediateca de la universidad Isabel I, seleccionando estudios científicos publicados desde el año 2000 al 2018. Finalmente se seleccionaron 18 artículos para la elaboración del estudio.

**Resultados:** Los resultados no muestran mejoras en el rendimiento deportivo cuando la melatonina es ingerida de forma exógena hasta una hora antes de la realización de actividad física. También, es posible que una dosis de 10 mg de melatonina ingerida 30 minutos antes de dormir, pueda mejorar el rendimiento físico a corto y la calidad del sueño.

**Conclusión:** Parece que contra mayores sean las concentraciones de melatonina en el momento de realizar actividad física, menor es el rendimiento deportivo, debido principalmente a un mayor efecto de somnolencia.

**Palabras clave:** Melatonina, sueño, rendimiento deportivo

## Abstract

**Introduction:** Melatonin has been little studied in sports and yet there is controversy about how it acts in the body in relation to physical activity. The objective of this work is to identify the effects of melatonin on sports performance and sleep.

**Methods:** To carry out the research, a systematic review of scientific articles has been carried out for the PubMed databases and the university media library. Isabel I, selecting published studies from 2000 to 2018. Finally, they selected 18 articles for the study.

**Results:** The results show no improvement in athletic performance when melatonin is ingested exogenously up to one hour before physical activity is performed. Also, it is possible that a dose of 10 mg of melatonin ingested 30 minutes before sleep, can improve short physical performance and sleep quality.

**Conclusion:** It seems that against greater are the concentrations of melatony at the time of performing physical physics, lower in sports performance, due to a greater effect of drowsiness.

**Keywords:** Melatonin, sleep, sport performance.

## Introducción

El sueño puede definirse como un estado conductual reversible en el que un individuo se desconecta perceptivamente del entorno (Carskadon y Dement, 2011). Dicho estado, conductual y fisiológico, puede dividirse en dos fases principales, en función del movimiento ocular: el sueño de movimiento ocular rápido o Rapid Eye Movement (REM) y el sueño de movimiento ocular no rápido o No Rapid Eye Movement (No REM). Las personas pasan aproximadamente un tercio de su vida durmiendo, dado que el sueño tiene funciones fundamentales para el desarrollo, el funcionamiento diario del organismo y la salud (Gerber, Brand, Holsboer-Trachsler y Pushe, 2010; Rial et al., 2007). Además, el sueño realiza importantes funciones en el aprendizaje, la memoria y la cognición (Cirelli y Tononi, 2008; Dattilo et al., 2011).

Como en todos los procesos fisiológicos que se desarrollan en el cuerpo, el cual debemos entender como una unidad en la que la actividad nocturna y diurna deben estar en armonía, el ejercicio y la actividad física deberán jugar un papel importante en esta cuestión. En la literatura, se ha descrito que realizar 150 minutos de actividad física a la semana es un enfoque no farmacológico eficaz para mejorar la calidad del sueño (Lang et al., 2013). Por otro lado, está demostrado que el ejercicio intenso puede perjudicar la calidad del sueño (Morin, Colecchi, Stone, Sood y Brink, 1999), dado que los niveles de cortisol elevados favorecen la activación simpática y por tanto el nivel de alerta nocturno, lo que provoca que el sueño sea más ligero y con mayor probabilidad de aparición de despertares. De la misma manera, Souissi et al. (2012) han demostrado que el ejercicio aeróbico de alta intensidad nocturno es peor que el entrenamiento vespertino y podría dar lugar a una calidad del sueño marcadamente pobre (sueño perturbador y fragmentario). Sin embargo, algunos estudios previos no encontraron ningún deterioro en el sueño después de 1-3 h de ejercicio vigoroso que finaliza 30 minutos antes de acostarse (O'Connor, Breus y Youngstedt, 1998; Youngstedt, Kripke y Elliott, 1999).

En el contexto de la recuperación, el sueño resulta especialmente importante para los atletas (Halsón, 2014). Está demostrado que los cambios en la calidad o cantidad del sueño pueden ser perjudiciales para el rendimiento deportivo del día siguiente. Por ejemplo, la pérdida de sueño puede disminuir el tiempo hasta el agotamiento (Oliver, Costa, Laing, Bilzon y Walsh, 2009), la potencia anaeróbica (Skein, Duffield, Edge, Short y Mundel, 2011; Souissi, Sesboue, Gauthier, Larue y Davenne, 2003), la fuerza submáxima (Reilly y Piercy, 1994) y la precisión (Edwards y Waterhouse, 2009; Reyner y Horne, 2013), así como aumentar el tiempo de reacción (Jarraya, Jarraya, Chtourou y Souissi, 2014) y aumentar la percepción de esfuerzo (Engle-Friedman, 2014).

Para tratar de paliar los efectos nocivos de la restricción del sueño o las alteraciones en los ritmos circadianos del deportista sobre el rendimiento, algunos estudios (Cardinali et

al., 2002; Samuels, 2012) han investigado acerca del uso de protocolos para favorecer la inducción del sueño o mejorar su eficiencia, y por tanto la calidad del sueño.

Entre otras variables a tratar en dichos protocolos de aplicación en el deporte de rendimiento, se ha investigado sobre la influencia de la melatonina tanto endógena como exógena. Dicha hormona fue descubierta en 1958 e identificada químicamente en 1959 por Lerner (Karasek, Lewiński y Reiter, 2001). Se trata de una hormona producida por la glándula pineal del cerebro y sintetizada a partir de la serotonina (sustancia presente en las neuronas y que realiza funciones de neurotransmisor), estando ambas sustancias presentes en todos los seres vertebrados después de un ciclo de luz – oscuridad (Reiter, 1991). Un grupo especializado de células nerviosas en el hipotálamo, el núcleo supraquiasmático, responde a las variaciones diarias en intensidad de luz y dirige la liberación de melatonina, con un aumento de hasta 10 veces en la noche y una disminución a los niveles más bajos durante las horas diurnas (Machi y Bruce, 2004). La luz que ingresa al cuerpo a través de los ojos actúa sobre el pigmento criptocromo retinal. El mensaje se transmite posteriormente a través de la vía retinohipotalámica al marcapasos circadiano en el núcleo supraquiasmático. La señal se transmite al ganglio cervical superior y desde allí a través de las fibras posganglionares a la glándula pineal (Moore, 1996). Por otro lado, la melatonina interactúa con muchos tejidos endocrinos y no endocrinos para afectar su actividad metabólica.

Entre otros efectos, la melatonina provoca un efecto depresivo sobre el sistema nervioso central, lo cual induce la típica somnolencia nocturna. Los niveles de melatonina también están asociados con la disminución circadiana en la temperatura corporal, con las temperaturas más bajas que se observan a primeras horas de la mañana después de que los niveles de melatonina hayan sido elevados durante la noche y las temperaturas más altas vistas al final de la tarde cuando los niveles de melatonina son bajos (Cagnacci, Elliott y Yen, 1992). El ritmo circadiano de la secreción de melatonina es inversamente proporcional al ciclo normal de la temperatura central, con aumentos en la melatonina que promueven disminuciones en la temperatura central a través de la vasodilatación cutánea (Waterhouse et al., 2005). En las primeras horas de la mañana, cuando la temperatura central está en su punto más bajo, la melatonina puede tener un pico nocturno 30 veces mayor que los niveles diurnos (Atkinson, Drust, Reilly y Waterhouse, 2003).

Algunos estudios han descrito los efectos de esta hormona sobre el sueño, así como los efectos concomitantes sobre otros procesos fisiológicos como la termorregulación, la reproducción o su relación con los ciclos biológicos (Edwards et al., 2000; Konarska, Karolkiewicz y Kasprzak, 2006; Ghattassi et al., 2016). También se han descrito sus efectos antioxidantes como factor antienvjecimiento, sus efectos anticancerígenos y su efecto regulador del sistema inmunológico.

La melatonina a menudo se consume como un suplemento para mejorar la calidad del sueño, debido a su efecto depresivo en el sistema nervioso central e inductor de la somnolencia. Por lo tanto, ante cualquier beneficio hipotérmico potencial de la administración de suplementos de melatonina para mejorar, primero se debe ponderar el rendimiento frente a posibles efectos adversos debido a su supresión del sistema nervioso central, como han descrito Tzischinsky y Lavie (1994), una dosis de 5 mg de melatonina es suficiente para inducir un efecto soporífero.

Se ha demostrado que la ingesta diurna de melatonina en hombres jóvenes y sanos podría provocar somnolencia, fatiga, disminución del estado de alerta, pérdida de equilibrio y peor coordinación en la locomoción (Dollins, Zhdanova, Wurtman, Lynch y Deng, 1994). También, entre los pocos medicamentos diseñados para tratar neoplasia maligna, que se trata de enfermedades como el carcinoma, el sarcoma, la leucemia, el linfoma o el mieloma en las que existen células anormales que se multiplican de forma descontrolada e invaden tejidos cercanos, solo la melatonina se considera seguro y efectivo para usar, al menos, en poco tiempo (Babineau, Goodwin y Walker, 2008) y sin ningún tipo de riesgo de dependencia (Community Pediatrics Committee, 2012). Sin embargo, los resultados de la literatura son controvertidos y esto podría explicarse por las diferentes dosis de melatonina utilizadas, la naturaleza de la suplementación (aguda o crónica), la hora del día de la ingesta y el diseño del protocolo. En el contexto de la actividad física y el deporte, Scheer et al. (2012) demostraron que la melatonina no tuvo efectos adversos en las quejas generales de salud de los atletas, según un cuestionario sobre la presencia de cefaleas, insomnio, hiperactividad, irritabilidad, náuseas, "extremidades dormidas", mareos, estreñimiento, "manos temblorosas", calambres estomacales, somnolencia, sudoración y hambre.

A menudo, esta hormona es considerada como un cronobiótico, debido a su función reguladora y sincronizadora de los ritmos circadianos generados en el organismo tras los ciclos de luz – oscuridad diarios (Ghattassi et al., 2016). Además, se ha demostrado que la melatonina exógena puede mejorar la calidad del sueño y aliviar los síntomas del *jet lag* después de los viajes transmeridianos (Atkinson et al., 2005), además de la regulación de los ritmos biológicos, se ha determinado que la administración exógena de melatonina provoca efectos hipotérmicos (Escames et al., 2012). Debido a la disminución de la temperatura corporal que provoca la liberación de esta hormona, se ha investigado acerca su potencial efecto en la mejora del rendimiento en ejercicios a altas temperaturas. Varios estudios examinaron el efecto hipotérmico de la melatonina tomada como un suplemento dietético, demostrando una disminución de 0.25 ° C a 0.3 ° C en la temperatura central dentro de varias horas consumiendo hasta una dosis de 5 mg (Dawson, Gibbon & Slingh, 1996; Hughes & Badia, 1997; Waterhouse & Atkinson, 2008). Aunque es evidente que la

melatonina exógena es capaz de ejercer un efecto hipotérmico, no ha quedado evidenciado su efecto beneficioso sobre rendimiento.

Respecto a la melatonina y el rendimiento deportivo, existen aún pocos estudios que tengan como objetivo principal mostrar la relación existente entre ambos conceptos, sino que esta relación suele pasar a ser un objetivo secundario o describirse brevemente en diferentes estudios. Por esta razón se decidió realizar la presente revisión bibliográfica, llevando a cabo una síntesis de los diferentes estudios en los que se haya descrito el papel de la melatonina en el rendimiento deportivo.

Así, la propuesta del presente estudio fue revisar sistemáticamente la literatura examinando las relaciones entre la melatonina y el rendimiento deportivo, para establecer la relación entre el consumo de melatonina de forma exógena y el rendimiento deportivo.

## **Métodos**

La búsqueda de los artículos utilizados para el desarrollo de esta revisión se realizó a través de las bases de datos de Pubmed y SPORTDiscus. Las palabras utilizadas para la búsqueda de los artículos en las diferentes bases de datos fueron: “melatonin”, “sleep” y “sport performance”.

En el proceso de identificación de los resultados de las búsquedas realizadas en las diferentes bases de datos el número total de registros identificados fue 175 (PubMed = 56 SPORTDiscus = 119).

Al realizar la búsqueda en la base de datos PubMed se aplicó un filtro para mostrar los resultados desde el año 2000 hasta el año 2018, siendo descartados 9 artículos. Tras la lectura de los títulos y resúmenes, se seleccionaron 20 artículos que cumplieran los criterios de inclusión para su posterior revisión.

En la base de datos SPORTDiscus se aplicó el filtro de texto completo “Full Text”. Al igual que en la búsqueda realizada en PubMed, se aplicó un filtro para mostrar los resultados desde el año 2000 hasta el año 2018, siendo descartados 6 artículos por no cumplir alguno de los criterios de inclusión. A continuación, se procedió a descartar todos aquellos artículos repetidos ya seleccionados en la búsqueda realizada en la base de datos de PubMed, descartando de esta forma 5 artículos. De la misma forma, se leyó detenidamente el título y el resumen de cada artículo, para finalmente seleccionar 11 de ellos.

El número de artículos de texto completo evaluados para su elegibilidad fue de 31. Tras la lectura y revisión de cada artículo, el número total de artículos de texto completo excluidos fue de 13. El número de artículos excluidos por las características de los

participantes fue de 2, dado que trata sobre sujetos que no tienen relación con ningún tipo de actividad física. El número de artículos excluidos por las características de los parámetros objeto de estudio fue de 6. Finalmente, el número de artículos excluidos por el tipo de estudio fue de 5, dado que no se realizó ningún tipo de prueba o actividad física. Finalmente el número de estudios incluidos en la síntesis cualitativa fue de 18.

Como Criterios de inclusión fueron establecidos: acceso al texto completo; mostrar una relación directa con el rendimiento deportivo; estudiar el comportamiento fisiológico resultante de la acción de la melatonina, endógena o exógena; y tratarse de estudios experimentales que tengan relación con la melatonina y sus efectos sobre la calidad del sueño. Por otro lado, fueron criterios de exclusión: estudios publicados antes del año 2000; no tener participantes relacionados con el deporte; tratarse de estudios en los que no se realiza ningún tipo de actividad física; o artículos en formato de revisiones bibliográficas.

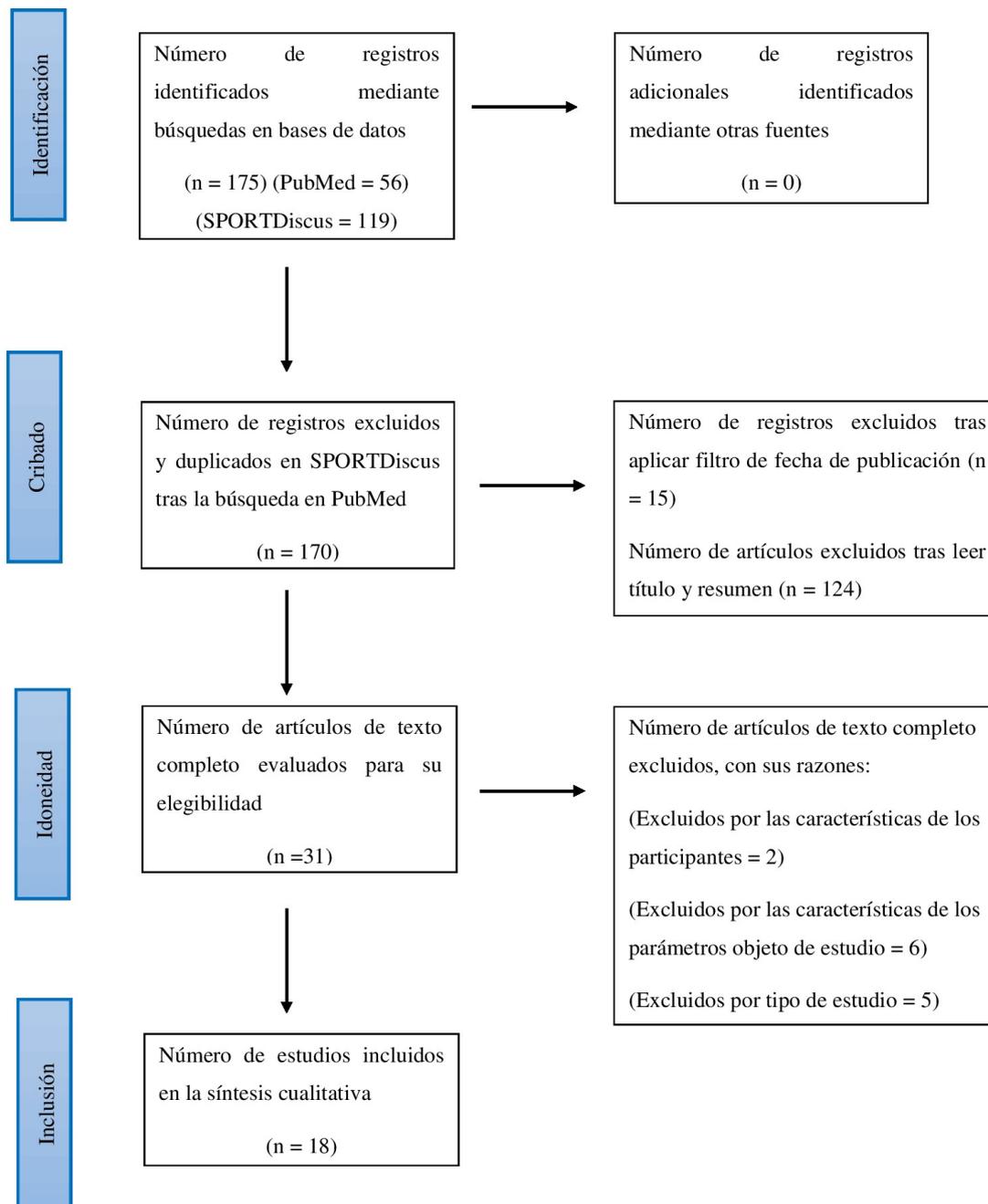


Figura 22. Diagrama de flujo. Incluyendo las distintas fases de búsqueda y selección de estudios a incluir en la revisión (PRISMA).

## Resultados

### **Relaciones entre la melatonina y el rendimiento deportivo**

En el estudio llevado a cabo por Knaier et al. (2017) se comprobó que tras 60 minutos de exposición a luz brillante, se producen mejoras en el rendimiento deportivo en competiciones de corta duración que son llevadas a cabo por la noche, siendo debido a una reducción de la producción de melatonina.

Kraemer et al. (2014) en su estudio, realizaron pruebas de rendimiento físico en dos momentos diferentes del día a sujetos altamente entrenados. En el estudio se obtuvieron concentraciones de melatonina en plasma significativamente mayores por la mañana que por la tarde, empeorando la rapidez de los movimientos por la mañana. A pesar de que la rapidez empeora por la mañana, la hora del día no tiene ningún impacto negativo en ningún otro aspecto relacionado con el rendimiento físico.

Robey et al. (2013) demostraron en su estudio que la inmersión en agua fría o agua caliente tras la realización de ejercicio físico fatigante realizado por la tarde, no influye en la respuesta del aumento de los niveles de melatonina salival.

En el estudio de Zhao et al. (2012), se demostró que 30 minutos de exposición todas las noches a la luz roja de intervención de terapia produce un aumento de los niveles de melatonina durante el sueño, afecta positivamente la calidad del sueño y mejora las variables de rendimiento del entrenamiento de resistencia.

### **La melatonina exógena y el rendimiento deportivo**

Cheikh et al. (2018) demostraron que una dosis de 10 mg de melatonina exógena tras la realización de ejercicio intenso al anochecer puede mejorar el rendimiento cognitivo y el rendimiento deportivo a corto plazo, además de tener una menor percepción de fatiga, una reducción de DOMS y un mejor estado de bienestar a la mañana siguiente.

En el estudio de Brandenberger, Ingalls, Rupp y Doyle (2017), se realizó una prueba de contrarreloj de 32,2 km en cicloergómetro en la que no hubo diferencias significativas entre el grupo de sujetos que consumió 5 mg de melatonina exógena 15 minutos antes de la contrarreloj y el grupo que consumió placebo.

Por otra parte, en el estudio realizado por Ghattassi et al. (2016), en el que los sujetos consumieron 5 mg de melatonina o placebo a las 7:30 h de la mañana, parece que el rendimiento cognitivo matutino y algunas capacidades físicas se ven afectadas, pudiendo mejorar en el desempeño de por la tarde.

En otro estudio realizado por Ghattassi et al. (2014) los sujetos tomaron 5 mg u 8 mg de melatonina exógena o placebo 30 minutos antes de cada sesión de pruebas físicas. En los resultados de las pruebas no hubo diferencias entre el grupo que ingerió 5 mg de

melatonina y el grupo que tomó placebo, mientras que los resultados fueron significativamente peores para el grupo que ingerió 8 mg de melatonina exógena.

En el estudio de Mero, Vähälummukka, Hulmi, Kallio y Wright (2006), se demostró que la ingesta de 6 mg de melatonina exógena 60 minutos antes de la actividad física no tuvo efectos significativos sobre el rendimiento deportivo. Por otra parte, se observó un aumento significativo en los valores de melatonina tras la ingesta de 6 mg de melatonina exógena.

Otro de los estudios en los que se investigaron los efectos de la melatonina exógena sobre el rendimiento deportivo fue el de Atkinson, Buckley, Edwards, Reilly y Waterhouse (2001). En su estudio, los participantes ingerieron 5 mg de melatonina exógena 30 minutos antes de dormir. Respecto a los resultados obtenidos en las pruebas físicas realizadas a la mañana siguiente, las variables no se vieron afectadas por la melatonina.

### **Efectos de la melatonina sobre el sueño y el ritmo circadiano**

En el estudio llevado a cabo por Jones et al. (2018) los resultados obtenidos muestran que la lectura en papel favorece el aumento de la melatonina y de la somnolencia.

También, en el estudio de Cheikh et al. (2018) se demostró que la ingesta de 10 mg de melatonina exógena tras realizar ejercicio de forma intensa al anochecer mejora la calidad de sueño, destacando un mayor tiempo total de sueño, una mejor eficiencia del sueño y una duración menor de la latencia de inicio del sueño.

Knaier et al. (2017) demostraron que largos tiempos de exposición a la luz brillante pueden activar el sistema circadiano y compensar un cronotipo desfavorable. También, al igual que Thompson, Jones, Marqueze, Gregson y Atkinson (2014), demostraron que la exposición a la luz brillante suprime el aumento de la concentración de melatonina y disminuye el sueño.

En el estudio de Atkinson et al. (2001) no hubo ninguna mejora significativa en la calidad del sueño tras la ingesta de 5 mg de melatonina exógena.

### **Efectos del ejercicio físico sobre la melatonina y el sueño**

En el estudio realizado por Kilic, Demirhan, Patlar, Baltaci y Mogulkoc (2016), en el que se realizó ejercicio físico hasta el agotamiento una vez durante el día y una vez por la noche, no se observó ningún efecto destacable sobre los niveles de melatonina sérica en ningún momento del día. A pesar de ello, las mediciones de melatonina sérica fueron mayores por la noche tanto en reposo como después de realizar la actividad física.

En el estudio de Marrin et al. (2011) se realizaron pruebas en cicloergómetro hasta el agotamiento a las 08:00 h y a las 17:00 h. Los niveles de melatonina obtenidos fueron casi

dos veces mayores por la mañana que por la tarde y aumentaron con el ejercicio independientemente de la hora del día.

Por otra parte, Konarska et al. (2006) en su estudio, realizaron diferentes tipos de pruebas físicas a los sujetos, entre las que se encontraban una prueba incremental hasta el agotamiento en cicloergómetro y una prueba aeróbica. Los resultados obtenidos en el estudio muestran por un lado un aumento de los niveles de melatonina en los ejercicios de intensidad máxima, mientras que por otro, muestran una disminución en los ejercicios aeróbicos.

### **Beneficios de la melatonina exógena sobre el síndrome del *jet lag***

En el estudio realizado por Cardinali et al. (2002) se combinaron diversas estrategias con el objetivo de contrarrestar los efectos del síndrome del jet lag en un viaje de Argentina a Tokyo. En el estudio los sujetos ingerían 3 mg de melatonina exógena 30 minutos antes de dormir, entrenaban dos veces al día al aire libre y la única luz natural recibida era durante los entrenamientos. Los resultados obtenidos mostraron una aceleración de la resincronización del ciclo de sueño y la ausencia de cambios significativos en el sueño y la vigilancia.

Del mismo modo, Lagarde et al. (2001) estudiaron los efectos de 5 mg de melatonina exógena sobre el rendimiento deportivo tras un viaje de Estados Unidos a Francia. En el estudio los resultados no mostraron disminución del rendimiento para los sujetos que consumieron 5 mg de melatonina, mientras que el rendimiento se vio disminuido en los sujetos que consumieron solo placebo.

En el estudio de Edwards et al. (2000), los deportistas realizaron un viaje de Londres a Australia. Los sujetos ingirieron 5 mg de melatonina exógena o placebo y realizaron una prueba de fuerza de prensión manual. Como resultado de la investigación, la melatonina no tuvo efectos significativos en el proceso de ajuste del ritmo circadiano ni tuvo una mejora del sueño.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos en la revisión bibliográfica.

Autor y año	Muestra	Estímulo	Intervención	Registro	Resultados	Conclusiones
(Jones et al., 2018)	Jugadoras de netball altamente entrenadas n = 8 Edad ( $18 \pm 1$ años)  Grupo 1. Acertijos con tableta Grupo 2. Lectura con tableta Grupo 3. Acertijos sin tableta Grupo 4. Lectura sin tableta	Tareas cognitivamente estimulantes 2 h antes de dormir Tareas pasivas 2 h antes de dormir Tareas cognitivamente estimulantes 2 h antes de dormir Tareas pasivas 2 h antes de dormir	5/1/NR	Polisomnografía Pruebas previas al sueño Batería de pruebas físicas Análisis salival; cromatografía líquida	↑↑ de melatonina tras la lectura que tras los acertijos en tableta ↑↑ de la somnolencia tras la lectura que tras los acertijos en papel  No hubo diferencias significativas en los resultados de las pruebas físicas	El uso de tabletas durante 2 horas antes de dormir no produce un ↑↑ de la somnolencia No afecta negativamente el sueño posterior No afecta el RD al día siguiente en los deportistas
(Cheikh et al., 2018)	Competidores de judo varones a nivel nacional en etapa de pubertad  n = 10 Edad ( $15.4 \pm 0.3$ años)  Grupo 1. Melatonina de liberación sostenida de acción doble Grupo 2. Placebo	10 mg de melatonina exógena tras ejercicio intenso  Placebo	NR	YOYO test Polisomnografía Índice de bienestar de Hooper Batería de pruebas físicas	↑↑ TTS, ES, sueño en etapa 3 y sueño REM con melatonina ↓ duración de la latencia del sueño, tiempo total de despertares nocturnos, sueño etapa 1 y etapa 2 con melatonina ↑↑ significativo rendimiento a corto plazo ↑↑ calidad de sueño ↑↑ TTS ↓ percepción de fatiga ↓ de DOMS	La administración de una dosis de melatonina de 10 mg después del ejercicio intenso al anochecer puede ↑↑ la calidad del sueño, el rendimiento cognitivo, algún tipo de actividad física a corto plazo y el estado de bienestar a la mañana siguiente
(Brandenberger et al., 2017)	Ciclistas varones entrenados en resistencia n = 10	5 mg melatonina exógena 15 min antes de contrarreloj Placebo multivitamínico 15 min antes de contrarreloj	3/1/NR	Contrarreloj de 32,2 km en cicloergómetro Sonda rectal flexible	No hubo diferencia significativa entre los grupos en el tiempo final de la prueba, la potencia media, la T <sup>3</sup> rectal, cadencia media de pedaleo, FC, consumo de O <sub>2</sub>  No hubo diferencia significativa	5 mg de melatonina exógena no tiene un efecto destacable sobre el RD

					entre los 3 ensayos	
(Knaier et al., 2017)	<p>Atletas de resistencia de élite varones</p> <p>n = 69</p> <p>Edad 23 (21 – 29 años)</p> <p>Grupo 1. Luz brillante</p> <p>Grupo 2. Luz azul</p> <p>Grupo 3. Luz de control</p>	<p>60 min. de exposición a la luz individualmente tras 10 min. de oscuridad</p>	56/3/NR	<p>Prueba de aptitud cardiorrespiratoria hasta el agotamiento de 12 min. en cicloergómetro pasadas 12 h tras la exposición a la luz</p> <p>Medición de melatonina salival 60 min. antes y hasta 2 h después del inicio de las exposiciones a la luz en intervalos de 30 min.</p> <p>Escala de somnolencia de Karolinska</p> <p>Escala visual de motivación</p> <p>Programa de efectos positivos y negativos del estado</p>	<p>↑↑ RD durante la contrarreloj con luz brillante que con luz de control</p> <p>↑↑ RD en la segunda mitad de la contrarreloj con luz brillante</p> <p>↑↑ supresión de melatonina con luz brillante, seguida de la luz azul y de control</p> <p>Buena adaptación al ritmo circadiano entre el momento de inicio de producción de melatonina y la hora de acostarse habitual</p> <p>Dolores de cabeza leves o cansancio</p>	<p>La exposición a la luz brillante puede proporcionar a los deportistas una mejora significativa del RD en competiciones de corta duración que tienen lugar a altas horas de la noche</p> <p>↓TTS y el nivel de supresión de melatonina depende de los mecanismos subyacentes</p> <p>Las altas dosis de luz brillante pueden activar el sistema circadiano y así compensar un cronotipo desfavorable</p>
(Kilic et al., 2016)	<p>Hombres sanos</p> <p>n = 10</p> <p>Edad (22.20 ± 0.24 años)</p>	<p>Actividad física hasta el agotamiento una vez durante el día y una vez por la noche</p>	NR	<p>Recogida de muestras de sangre de 2,5 ml a las 10:00 h en reposo e inmediatamente después del ejercicio hasta el agotamiento. A las 24:00 h antes del ejercicio hasta el agotamiento e inmediatamente después</p> <p>Protocolo de Bruce en cinta de correr</p>	<p>No hubo diferencias significativas entre los niveles de melatonina de los sujetos medidos en reposo y después del ejercicio durante el día y por la noche</p> <p>Las mediciones de melatonina sérica eran mayores por la noche tanto en reposo como después del EF</p>	<p>El EF hasta el agotamiento tanto durante el día como durante la noche no tienen ningún efecto significativo sobre los niveles de melatonina sérica</p>
(Ghattassi et al., 2016)	<p>Jugadores de fútbol de un equipo tunecino</p> <p>n = 12</p> <p>Edad (17.9 ± 1.3 años)</p> <p>Grupo 1. Melatonina</p> <p>Grupo 2. Placebo</p>	<p>5 mg de melatonina a las 07:30 h</p> <p>Placebo a las 07:30 h</p>	1/2/NR	<p>Temperatura oral medida con termómetro clínico digital</p> <p>Sesiones de prueba a las 08:00 h, 12:00 h y 16:00 h que incluían:</p> <p>Tiempo de reacción simple de 10 ensayos en respuesta a un estímulo visual</p> <p>Prueba de vigilancia</p> <p>Lanzamiento de balón medicinal</p> <p>Prueba de los 5 saltos</p>	<p>↑↑ desempeño cognitivo y físico a las 16:00h VS 08:00h con melatonina</p> <p>Los rendimientos del tiempo de reacción fueron significativamente ↑ a las 16:00h VS 12:00h u 08:00h, independientemente del tratamiento</p> <p>↓ significativa del tiempo de reacción</p> <p>El consumo de melatonina por la mañana puede generar un efecto</p>	<p>5 mg de melatonina ingerida por la mañana parece afectar el rendimiento cognitivo matutino y algunas acciones específicas a corto plazo en los jugadores de fútbol y podría mejorar las de la tarde</p> <p>La melatonina es un potente antioxidante que puede tener beneficios terapéuticos para prevenir el daño tisular inducido por el ejercicio y el estrés oxidativo</p>

				Fuerza de prensión manual Pruebas de agilidad	hipnótico antes de la evaluación	
(Kraemer et al., 2014)	Hombres altamente entrenados (jinetes y velocistas) n = 10 Edad (24.4 años)	Pruebas de rendimiento físico en dos momentos diferentes del día	2/1/NR	Análisis de orina Análisis de sangre Pruebas de rendimiento: batería anaeróbica que incluía CMJ, press banca isométrico y prueba de reacción rápida en los pies	Concentraciones de melatonina en plasma y epinefrina en reposo significativamente ↑ por la mañana que por la tarde La velocidad y ejecución de la técnica ↓ por la mañana La potencia no se ve afectaba por la hora del día	La hora del día no tiene un impacto negativo en el RD de todo el cuerpo en deportistas entrenados, pero sí afecta la calidad de la rapidez Por la mañana, las funciones de todo el cuerpo pueden ↑↑ a través de la excitación adrenérgica cuando la melatonina esta elevada Los entrenamientos matutinos pueden requerir una ↑ activación adrenérgica para contrarrestar el efecto de somnolencia de la melatonina
(Ghattassi et al., 2014)	Jugadores de fútbol profesional tunecinos n = 12 Edad (22.9 ± 1.3 años) Grupo 1. 5 mg de melatonina Grupo 2. 8 mg de melatonina Grupo 3. Placebo	Ingestión de 8 mg o 5 mg de melatonina o placebo de forma aleatoria 30 min. antes de cada sesión de pruebas físicas	1/3/NR	Pruebas físicas: Salto vertical partiendo en posición de media sentadilla (SJ), salto en contra movimiento (CMJ), lanzamiento de pelota medicinal (MBT), cinco saltos (5-JT), fuerza de prensión manual (HG) y pruebas de agilidad	No hubo diferencias entre el rendimiento tras ingerir 5 mg de melatonina o placebo Resultados significativamente más bajos para 8 mg que 5 mg de melatonina y placebo	La ingestión de 5 mg de melatonina no afecta el RD <sub>max</sub> nocturno a corto plazo, mientras que 8 mg afecta ↓ el RD anaeróbico
(Thompson et al., 2014)	Hombres sanos que entrenan de forma regular o a nivel recreativo n = 8 Edad (22 ± 2 años)	Luz policromática de intensidad 2500 lux 1 hora antes de dormir	3/1/NR	Tres series de 10 min. de ciclismo en posición vertical en cicloergómetro con 10 min. de descanso entre series Contrarreloj 10 km. Análisis salival	Supresión de aumento de concentración de melatonina salival en la noche de exposición a la luz brillante No hubo diferencias en las concentraciones melatonina por la mañana	La exposición a la luz brillante antes del sueño tiene una utilidad potencial como ayuda ergogénica para el RD en el entrenamiento de resistencia sometido a altas temperaturas ambiente durante la mañana

	Grupo 1. Luz brillante Grupo 2. Sin luz				↓Temperatura corporal antes de la prueba física ↑↑ RD en las pruebas de ciclismo de la mañana después a la exposición a la luz	
(Robey et al., 2013)	Ciclistas y triatletas masculinos  n = 10 Edad (29.4 ± 2.5 años)  Grupo 1. Inmersión en agua fría Grupo 2. Inmersión en agua caliente	Dos pruebas de ciclismo nocturnas seguidas de 15 min. de inmersión en agua fría o agua caliente	2/1/45	Análisis salival  Prueba de 15 minutos al 75% de potencia máxima en cicloergómetro  Prueba de tiempo de 15 minutos en cicloergómetro	La temperatura central fue significativamente mayor después del ejercicio para ambas condiciones  La TC se redujo más con inmersión en agua fría que en agua caliente tras 30 a 90 min. La temperatura central fue más baja para ambas condiciones que los niveles previos al ejercicio FC ↓significativamente tras la inmersión en agua fría ↑↑ melatonina, pero la temperatura del agua no influyó	La inmersión en agua fría después de un ejercicio fatigante realizado por la tarde  ↓temperaturas del núcleo corporal en comparación con la inmersión en agua caliente La temperatura del agua no influye en la respuesta de ↑↑ de los niveles de melatonina salival
(Zhao et al., 2012)	Mujeres chinas jugadoras de un equipo de baloncesto  n = 20 Edad (18.60 ± 3.60 años)  Grupo 1. Luz roja de intervención de terapia Grupo 2. Luz placebo	Irradiación corporal 30 min. todas las noches	2/14/150	Calidad de sueño Test de Cooper 12 min. carrera continua Análisis de sangre	↑↑ de los niveles de melatonina durante el sueño ↑↑ rendimiento en entrenamiento de resistencia ↑↑ calidad de sueño	La iluminación con luz roja afecta ↑↑ calidad del sueño y las variables de rendimiento en resistencia  El tratamiento con luz roja contribuye a ↑↑ la secreción de melatonina en la glándula pineal y la regeneración muscular
(Marrin et al., 2011)	Hombres físicamente activos  n = 7 Edad (27.4 ± 5.1 años)	Prueba en cicloergómetro a las 08:00 h y a las 17:00 h	5/2/NR	Prueba incremental hasta el agotamiento en cicloergómetro Análisis salival	Niveles de melatonina aproximadamente dos veces mayores por la mañana que por la tarde Los niveles de melatonina ↑↑ con el ejercicio independientemente de la hora del día  No hubo diferencias	El ejercicio ↑ los niveles de melatonina salival Posiblemente se deba a una relación alterada entre las respuestas autonómicas y de la melatonina durante el ejercicio

					significativas en la FC entre las sesiones de la mañana y las de la tarde FC basal vespertina significativamente ↑↑	
(Konarska et al., 2006)	Jugadores de voleibol masculino de un equipo de U.K. n = 11 Edad (16.0 ± 0.45 años)	Pruebas físicas realizadas entre las 08:00 h y las 11:00 h	1/1/NR	Prueba incremental hasta el agotamiento en cicloergómetro Prueba aeróbica Análisis de sangre Frecuencia cardíaca Polar Accurex	↑↑ niveles de melatonina en ejercicios de intensidad máxima Disminución de los niveles de melatonina en ejercicios aeróbicos	Un solo EF, dependiendo de su intensidad, induce diversos cambios en la concentración sanguínea de melatonina
(Mero et al., 2006)	Sujetos masculinos entrenados en resistencia n = 10 Edad (24 ± 3 años)  Grupo 1. Melatonina Grupo 2. Placebo	Ingesta de 6 mg de melatonina o de 6 mg de placebo de forma aleatoria 60 min. antes de la actividad física	2/1/80	Análisis de sangre Salto en contra movimiento (CMJ) Press banca Sentadilla profunda Sesión de entrenamiento de fuerza que incluyó 25 series al 70 y 85% de 1RM	Sin diferencias significativas en el RD entre melatonina y placebo ↑↑ significativo valores de melatonina tras ingesta de 6 mg de melatonina Las concentraciones de hormonas del crecimiento (GH) ↑↑ significativamente durante el EF tras ingesta de melatonina y placebo y hasta 30 min.	La ingesta de 6 mg de melatonina durante el día no aumenta el aumento de GH La ingesta de melatonina durante el día no parece tener ningún efecto agudo en la capacidad máxima de salto o en la fuerza a pesar de la notoria ↓ en el estado de alerta por la melatonina
(Cardinali et al., 2002)	Jugadores de fútbol profesional del Club Atlético Boca Juniors (Argentina) que viajan Tokyo  n = 22 Edad (29.7 ± 8.7 años)	Ingestión de 3 mg de melatonina 30 min antes de dormir  Ejercicio físico de 08:00 a 11:00 y de 13:00 a 16:00 al aire libre con luz ambiente	2/9 días total/6	Análisis de orina  Diarios de registro de sueño	Aceleración de la resincronización del ciclo de sueño Ausencia de cambios significativos en el sueño o la vigilia como consecuencia del cambio de horario ↑↑ niveles de melatonina a primeras horas de la mañana Todos los sujetos se sincronizaron mientras dormían con la hora local de 24 a 48 h teniendo 12 zonas de diferencia horaria	La combinación de tratamiento con melatonina, un horario de luz ambiental apropiado y EF aplicado a tiempo puede ser útil para ayudar a los deportistas de élite a superar las consecuencias del <i>jet lag</i>

(Atkinson et al., 2001)	Estudiantes de ciencias del deporte y la salud  n = 12 Edad (19 – 30 años) Grupo 1. Melatonina Grupo 2. Placebo	Ingestión de 5 mg de melatonina 30 min. antes de dormir  Ingestión de placebo 30 min. antes de dormir	2/2/NR	Temperatura intraaural LS y mantenimiento subjetivos del sueño Fuerza de prensión manual (HG) Contrarreloj de 4 km en ciclómetro por la mañana	Las variables en el RD no se vieron afectadas por la melatonina No hubo diferencias en la calidad de sueño	5 mg de melatonina tomadas durante la noche en condiciones de insensibilidad no provocan ningún efecto adverso relevante para las pruebas de rendimiento físico Tampoco mejora significativamente la calidad subjetiva del sueño en los deportistas
(Lagarde et al., 2001)	Soldados sanos de la fuerza aérea de Estados Unidos que viajan a Francia n = 27 sujetos (19 hombres y 8 mujeres) Edad (20 – 48 años)  Grupo 1. Melatonina Grupo 2. Cafeína Grupo 3. Placebo	5 mg de melatonina  300 mg de cafeína de liberación lenta  Placebo	NR	2 evaluaciones físicas (mañana y tarde): Prueba de fuerza de prensión manual (HG) Salto en sentadilla (SJ) Prueba de salto múltiple durante 15 s	El desfase horario disminuye el RD en HG para el grupo placebo El grupo melatonina no mostró ↓ del RD para HG El grupo cafeína mejoró el RD para HG en la mañana No hubo resultados significativos en las pruebas dinámicas	La cafeína de liberación lenta y la melatonina mantienen un nivel satisfactorio de rendimiento físico estático
(Edwards et al., 2000)	Deportistas profesionales y científicos deportivos que viajaban de Londres a Australia n = 26 (23 hombres y 3 mujeres) Edad (40 ± 13 años)  Grupo 1. Melatonina Grupo 2. Placebo	5 mg de melatonina  Placebo	1/6/NR	Prueba de fuerza de prensión manual (HG)  Temperatura corporal	No hubo diferencias de síntomas en los 6 primeros días entre ambos grupos La melatonina no tuvo efectos significativos en el proceso de ajuste del ritmo circadiano Posibles efectos hipnóticos	La melatonina exógena no tuvo efecto significativo en el proceso de ajuste de los ritmos circadianos a la nueva zona horaria ni a la mejora del sueño No hubo efectos del tratamiento con melatonina en la evaluación subjetiva o en los síntomas que comprenden el síndrome del <i>jet lag</i>

## Discusión

La exposición a la luz brillante antes del ejercicio físico indujo una mejora del rendimiento en competiciones de corta duración que son llevadas a cabo por la noche, así como una mayor reducción en los niveles de melatonina y somnolencia en atletas de élite en comparación con la luz azul o la luz de control (Knaier et al., 2017). También, se demostró un mayor rendimiento aeróbico para la segunda mitad de la contrarreloj con la exposición a la luz brillante, por lo que las competiciones con una duración similar a 12 minutos pueden verse beneficiadas, siendo esta elegida como la mejor estrategia por diversos autores (Tucker, Lambert y Noakes, 2006; Corbett, 2009). Por otra parte, en el estudio de Thompson et al. (2014), se demostró que la exposición a la luz brillante una hora antes de dormir mejora el rendimiento en los entrenamientos de resistencia por la mañana con altas temperaturas.

Kraemer et al. (2014) expusieron que la potencia y la producción de fuerza en la parte superior del cuerpo no se vieron afectadas por la hora del día. Sin embargo, el rendimiento en los ejercicios que requerían rapidez y precisión de los movimientos fue mejor por la tarde que en la mañana, debido principalmente a unos mayores niveles de concentración de melatonina a primeras horas de la mañana.

Los resultados del estudio de Robey et al. (2013) sobre los cambios no marcados en la melatonina salival después del ejercicio y tras la inmersión en agua fría se respaldan con los de Kauppinen, Taipale y Komulainen (1989), donde se midió la melatonina después de la inmersión en agua fría.

En el estudio de Zhao et al. (2012), los resultados indicaron que un programa de 14 días de tratamiento con luz roja durante 30 minutos todas las noches mejora los niveles de melatonina en el sueño, siendo posible que el efecto observado se deba a niveles de melatonina más altos después de la iluminación con luz roja. Los resultados de este estudio están de acuerdo con otros estudios previos, que muestran que la melatonina podría ser un componente principal en la terapia con luz roja (Wright y Lack, 2001).

Sin embargo, las necesidades del deportista en ocasiones no se ven satisfechas con la acción de la melatonina endógena, por lo que la administración de melatonina exógena puede jugar un papel importante en el cuidado del deportista. Por ello, son diversos los estudios que han investigado los efectos del uso de melatonina exógena sobre el rendimiento deportivo. Para comparar los resultados de los estudios, se pueden dividir según el momento del día en el que la melatonina es ingerida y si se ingiere antes o después de la realización de ejercicio físico.

Los estudios de Branderberguer et al. (2017), Ghattassi et al., (2014) y Mero et al., (2006) coinciden en que la ingesta de 5 mg o 6 mg de melatonina exógena ingerida 15, 30 o

60 minutos antes de realizar actividad física no induce efectos sobre el rendimiento deportivo, coincidiendo con los resultados obtenidos en otros estudios (Atkinson et al., 2001; Atkinson, Jones, Edwards y Waterhouse, 2005). Sin embargo en Ghattassi et al. (2014) los resultados obtenidos en las pruebas físicas fueron significativamente peores cuando a los sujetos se les administraba una dosis superior, de 8 mg de melatonina, 30 minutos antes de la actividad física.

Por otra parte, en el estudio de Cheikh et al. (2018), se demuestra que una dosis de 10 mg de melatonina exógena tras realizar ejercicio físico intenso (Yo-Yo test) al anochecer puede mejorar el rendimiento físico a corto plazo, coincidiendo con los resultados de Smits, Nagtegaal, Heijden, Coenen y Kerkhof, (2001), en los que la suplementación durante 4 semanas con 5 mg de melatonina exógena al día mejoró el rendimiento deportivo. Por otra parte, en el estudio de Atkinson et al. (2001), la ingesta de 5 mg de melatonina exógena 30 minutos antes de dormir no tuvo un efecto significativo en el rendimiento deportivo a la mañana siguiente.

En el estudio de Cheick et al. (2018), la ingesta de 10 mg de melatonina exógena mejoró la calidad del sueño, mientras que en el estudio de Atkinson et al. (2001), 5 mg no tuvieron un efecto significativo sobre la calidad del sueño.

Los estudios de Knaier et al. (2017) y Thompson et al. (2014) coinciden en que periodos prolongados de exposición a la luz brillante reducen el aumento de las concentraciones de melatonina y disminuyen el sueño. Por el contrario, en el estudio de Zhao et al. (2012) se demuestra que 30 minutos de exposición a la luz roja de intervención de terapia, sí produce un aumento de los niveles de melatonina durante el sueño, además de mejorar la calidad del sueño y el rendimiento físico de los deportistas.

La melatonina exógena, administrada en solitario, tampoco ha inducido efectos positivos en la calidad del sueño ante el síndrome del jet lag. En el estudio de Lagarde et al. (2001) el rendimiento deportivo no se vio afectado en un viaje de Estados Unidos a Francia tras el consumo de 5 mg de melatonina exógena, mientras que en el estudio de Edwards et al. (2000), 5 mg de melatonina no tuvieron efectos significativos sobre el ajuste del ritmo circadiano y la mejora del sueño. Sin embargo, Cardinali et al. (2002) demostraron que la combinación de consumir 3 mg de melatonina antes de dormir, entrenar y recibir una cantidad de luz ambiental adecuada mejora la resincronización del ciclo de sueño y evita cambios sobre el mismo sueño y la vigilancia; información relevante de cara a establecer protocolos que permitan la llamada resincronización del ritmo circadiano tras viajes en varios usos horarios.

En los estudios de Kilic et al. (2016), Marrin et al. (2011) y Konarska et al. (2006), se investigaron los efectos que produce la realización de ejercicio físico, entre ellos el efecto

sobre la producción endógena de melatonina. De los resultados obtenidos en estos estudios podemos decir que los niveles de melatonina son mayores por la mañana y por la noche en comparación a los de la tarde. En el estudio de Kilic et al. (2016) no se observa ningún efecto significativo del ejercicio al realizar el test de Bruce en tapiz rodante sobre los niveles de producción de melatonina posterior a la realización de ejercicio físico. Sin embargo en Marrin et al. (2011), los niveles de melatonina obtenidos aumentaron independientemente del momento del día con el ejercicio físico tras un test incremental de esfuerzo en cicloergómetro. La respuesta a esta contradicción se puede encontrar en Konarska et al. (2006), donde se muestra que los ejercicios de intensidad máxima aumentan los niveles de melatonina, mientras que los ejercicios aeróbicos los disminuyen.

La principal limitación de la presente revisión es que apenas existen estudios que describan los efectos de la melatonina sobre el rendimiento deportivo. Sin embargo, el presente trabajo puede ayudar a los preparadores físicos y profesionales involucrados con las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte a entender cuáles son los efectos de la melatonina sobre el rendimiento deportivo. También puede servir de ayuda a la hora de desarrollar planes de entrenamiento y recuperación para deportistas y equipos de alto rendimiento.

### Aplicación Práctica

Apoyados en esta revisión, se recomienda la utilización de la Tabla 2 como guía para comprender las adaptaciones que se producen con la aplicación de diversas estrategias para la mejora de la calidad del sueño. Estas recomendaciones pueden resultar de utilidad con deportistas que padezcan trastornos del sueño o ante alguna de las situaciones que provocan una disminución de la calidad del sueño con influencia en el rendimiento deportivo, algunas de las cuales han sido descritas en el documento.

Tabla 2. Recomendaciones para la mejora del rendimiento deportivo, la calidad del sueño y la resincronización circadiana.

Intervención	Objetivo	Intensidad, Volumen y Frecuencia
Ingesta de melatonina exógena / Exposición a luz roja	Mejorar el rendimiento deportivo y la calidad de sueño a corto plazo	10 mg de melatonina exógena, 30 minutos antes de dormir / Luz roja de intervención de terapia, 30 minutos antes de dormir
Exposición a luz brillante	Mejorar el rendimiento deportivo en competiciones	2500 lux, 1 hora antes de la actividad física o 1 hora

	de corta duración que tienen lugar por la noche o a tempranas horas de la mañana	antes de dormir
Ingesta de melatonina, entenamiento y luz ambiental	Mejorar la resincronización del ciclo de sueño y contrarrestar los síntomas del <i>jet lag</i>	3 mg de melatonina exógena 30 minutos antes de dormir y ejercicio físico de 08:00 a 11:00 y de 13:00 a 16:00 al aire libre con luz ambiente los días posteriores tras la realización del viaje

## CONCLUSIONES

El rendimiento deportivo, la calidad del sueño y la melatonina mantienen una relación que ha sido evidenciada en la literatura. Al parecer, las altas concentraciones de melatonina en el organismo en el momento de realizar actividad física pueden hacer que disminuya el rendimiento deportivo debido, principalmente, a que esta hormona tiene efectos depresores sobre el sistema nervioso simpático. Pero esta relación es bidireccional, puesto que el ejercicio aeróbico también ha sido demostrado como un factor limitante de la producción de melatonina y, por tanto, emperonando la calidad del sueño tras el ejercicio, mientras que diversos estudios demostraron que el ejercicio físico de alta intensidad puede incrementar su producción y por lo tanto facilitar su efecto depresivo e inductor del sueño.

Es precisamente este efecto el que hace que esta hormona resulte de interés para inducir el sueño y se emplee en el reajuste de los ritmos circadianos, también en población deportista, a la cual le puede resultar de especial interés dado el estrés y los viajes transcontinentales a los que se ven sometidos habitualmente. Por ello se ha investigado acerca de la administración de melatonina exógena como fármaco regulador del biorritmo, sin embargo, no se han encontrado resultados positivos a la hora de reducir los efectos del *jet lag* en el contexto del rendimiento deportivo cuando las ingestas eran menos a 5 mg o mayores de 8 mg, y se encontraron algunos efectos tardíos cuando 5 mg de melatonina fueron consumidos por la mañana.

Otras estrategias como la exposición a la luz brillante o la intervención con terapias de luz roja podrían servir para mejorar la calidad del sueño y por tanto el rendimiento deportivo. Es precisamente la combinación de melatonina exógena, ejercicio físico y luz ambiental la que ha evidenciado mejoras en el proceso de resincronización tras un viaje y evitar los síntomas del síndrome del *jet lag*.

La aplicación de estos resultados de prevención del síndrome del *jet lag* y la recuperación biológica pueden resultar de gran interés en los protocolos de recuperación en el ámbito del rendimiento deportivo.

## Referencias

- Atkinson, G., Buckley, P., Edwards, B., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2001). Are there hangover-effects on physical performance when melatonin is ingested by athletes before nocturnal sleep? *International Journal of Sports Medicine*, 22(3), 232–234. doi: 10.1055/s-2001-16387
- Atkinson, G., Drust, B., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2003). The relevance of melatonin to sports medicine and science. *Sports Medicine*. doi: 10.2165/00007256-200333110-00003
- Atkinson, G., Holder, A., Robertson, C., Gant, N., Drust, B., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2005). Effects of melatonin on the thermoregulatory responses to intermittent exercise. *Journal of Pineal Research*, 39(4), 353–359. doi: 10.1111/j.1600-079X.2005.00256.x
- Atkinson, G., Jones, H., Edwards, B. J., & Waterhouse, J. M. (2005). Effects of daytime ingestion of melatonin on short-term athletic performance. In *Ergonomics* (Vol. 48, pp. 1512–1522). doi: 10.1080/00140130500100967
- Babineau, S., Goodwin, C., & Walker, B. (2008). FPIN's clinical inquiries. Medications for insomnia treatment in children. *American Family Physician*, 77(3), 358–359.
- Brandenberger, K. J., Ingalls, C. P., Rupp, J. C., & Doyle, J. A. (2017). Consumption of a 5 mg melatonin supplement does not affect 32.2 kilometer cycling time trial performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000001955
- Cagnacci, A., Elliott, J. A., & Yen, S. S. C. (1992). Melatonin: A major regulator of the circadian rhythm of core temperature in humans. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 75(2), 447–452. doi: 10.1210/jcem.75.2.1639946

- Cardinali, D. P., Bortman, G. P., Liotta, G., Lloret, S. P., Albornoz, L. E., Cutrera, R. A... Gallo, P. O. (2002). A multifactorial approach employing melatonin to accelerate resynchronization of sleep-wake cycle after a 12 time-zone westerly transmeridian flight in elite soccer athletes. *Journal of Pineal Research*, 32(1), 41–46. doi: 10.1034/j.1600-079x.2002.10820.x
- Carskadon, M. A., & Dement, W.C. (2011). Chapter 2 – Normal Human Sleep: An Overview. In *Principles and Practice of Sleep Medicine* (pp. 16–26). doi: 10.1016/B978-1-4160-6645-3.00002-5
- Cheikh, M., Hammouda, O., Gaamouri, N., Driss, T., Chamari, K., Cheikh, R. B... Souissi, N. (2018). Melatonin ingestion after exhaustive late-evening exercise improves sleep quality and quantity, and short-term performances in teenage athletes. *Chronobiology International*, 1–13. doi: 10.1080/07420528.2018.1474891
- Cirelli, C., & Tononi, G. (2008). Is sleep essential? *PLoS Biology*. doi: 10.1371/journal.pbio.0060216
- Corbett, J. (2009). An analysis of the pacing strategies adopted by elite athletes during track cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(2), 195–205. doi: 10.1123/ijsp.4.2.195
- Dattilo, M., Antunes, H. K. M., Medeiros, A., Mônico Neto, M., Souza, H. S., Tufik, S., & De Mello, M. T. (2011). Sleep and muscle recovery: Endocrinological and molecular basis for a new and promising hypothesis. *Medical Hypotheses*, 77(2), 220–222. doi: 10.1016/j.mehy.2011.04.017
- Dawson, D., Gibbon, S., & Singh, P. (1996). The hypothermic effect of melatonin on core body temperature: Is more better? *Journal of Pineal Research*, 20(4), 192–197. doi: 10.1111/j.1600-079X.1996.tb00258.x
- Dollins, A. B., Zhdanova, I. V., Wurtman, R. J., Lynch, H. J., & Deng, M. H. (1994). Effect of inducing nocturnal serum melatonin concentrations in daytime on sleep, mood, body temperature, and performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(5), 1824–1828. doi:10.1073/pnas.91.5.1824
- Edwards, B. J., Atkinson, G., Waterhouse, J., Reilly, T., Godfrey, R., & Budgett, R. (2000).

Use of melatonin in recovery from jet-lag following an eastward flight across 10 time-zones. *Ergonomics*, 43(10), 1501–1513. doi: 10.1080/001401300750003934

Edwards, B.J. Waterhouse, J., Atkinson, G., & Reilly, T. (2001). Exercise does not necessarily influence the phase of circadian rhythm in temperature in healthy humans. *J sport Science*, 20(9), 725-732. doi: 10.1080/026404102320219437

Edwards, B. J., & Waterhouse, J. (2009). Effects of one night of partial sleep deprivation upon diurnal rhythms of accuracy and consistency in throwing darts. *Chronobiology International*, 26(4), 756–768. doi: 10.1080/07420520902929037

Engle-Friedman, M. (2014). The effects of sleep loss on capacity and effort. *Sleep Science*. FLASS. doi: 10.1016/j.slsci.2014.11.001

Escames, G., Ozturk, G., Baño-Otálora, B., Pozo, M. J., Madrid, J. A., Reiter, R. J... Acuña-Castroviejo, D. (2012). Exercise and melatonin in humans: Reciprocal benefits. *Journal of Pineal Research*. doi: 10.1111/j.1600-079X.2011.00924.x

Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse, U. (2010). Fitness and exercise as correlates of sleep complaints: Is it all in our minds? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(5), 893–901. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c0ea8c

Ghattassi, K., Hammouda, O., Graja, A., Boudhina, N., Chtourou, H., Hadhri, S... Souissi, N. (2016). Morning melatonin ingestion and diurnal variation of short-term maximal performances in soccer players. *Acta Physiologica Hungarica*, 103(1), 94–104. doi: 10.1556/036.103.2016.1.9

Ghattassi, K., Graja, A., Hammouda, O., Chtourou, H., Boudhina, N., Chaouachi, A., & Souissi, N. (2014). Effect of nocturnal melatonin ingestion on short-term anaerobic performance in soccer players. *Biological Rhythm Research*, 45(6), 885–893. doi: 10.1080/09291016.2014.929853

Halson, S. L. (2014) Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Medicine*, 44(SUPPL.1). doi: 10.1007/s40279-014-0147-0

Hughes, R.J. & Badia, P. (1997) Sleep-Promoting and Hypothermic Effects of Daytime

Melatonin Administration in Humans. *Sleep*. doi: 10.1093/sleep/20.2.124

Jarraya, S., Jarraya, M., Chtourou, H., & Souissi, N. (2014) Effect of time of day and partial sleep deprivation on the reaction time and the attentional capacities of the handball goalkeeper. *Biological Rhythm Research*, 45(2), 183–191. doi: 10.1080/09291016.2013.787685

Jones, M. J., Peeling, P., Dawson, B., Halson, S., Miller, J., Dunican, I... Eastwood, P. (2018). Evening electronic device use: The effects on alertness, sleep and next-day physical performance in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 36(2), 162–170. doi: 10.1080/02640414.2017.1287936

Karasek, M., Lewiński, A. & Reiter, R. (2001). Melatonina: znaczenie kliniczne i zastosowanie terapeutyczne (Melatonin: clinical significance and therapeutic applications). *Endokrynologia Polska*.

Kauppinen, R. A., Taipale, H. T., & Komulainen, H. (1989). Interrelationships (Between Glucose Metabolism, Energy State, and the Cytosolic Free Calcium Concentration in Cortical Synjaptosomes from the Guinea Pig. *Journal of Neurochemistry*, 53(3). doi: 10.1111/j.1471-4159.1989.tb11771.x

Kilic, M., Demirhan, B., Patlar, S., Baltaci, A. K., & Mogulkoc, R. (2016). Effects of diurnal and nocturnal strenuous exercise on serum melatonin levels. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 22(6). doi: 10.1590/1517-869220162206134684

King, D. L., Gradisar, M., Drummond, A., Lovato, N., Wessel, J., Micic, G... Delfabbro, P. (2013). The impact of prolonged violent video-gaming on adolescent sleep: An experimental study. *Journal of Sleep Research*, 22(2), 137–143. doi: 10.1111/j.1365-2869.2012.01060.x

Knaier, R., Schäfer, J., Rossmeissl, A., Klenk, C., Hanssen, H., Höchsmann, C... Schmidt-Trucksäss, A. (2017). Prime time light exposures do not seem to improve maximal physical performance in male elite athletes, but enhance end-spurt performance. *Frontiers in Physiology*. doi: 10.3389/fphys.2017.00264

Konarska A., Karolkiewicz J., & Kasprzak Z., P.-S. L. (2006). Changes in melatonin

concentration after physical exercise of variable intensity. *Studies of Physical Culture and Tourism*, 13(2), 45–50.

Kraemer, W. J., Boyd, B. M., Hooper, D. R., Fragala, M. S., Hatfield, D. L., Dunn-Lewis, C... Maresh, C. M. (2014). Epinephrine preworkout elevation may offset early morning melatonin concentrations to maintain maximal muscular force and power in track athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2604–2610. doi: 10.1519/JSC.0000000000000392

Lagarde, D., Chappuis, B., Billaud, P. F., Ramont, L., Chauffard, F., & French, J. (2001). Evaluation of pharmacological aids on physical performance after a transmeridian flight. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 628–634. doi: 10.1097/00005768-200104000-00018

Lang, C., Brand, S., Feldmeth, A. K., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2013). Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiology and Behavior*, 120, 46–53. doi: 10.1016/j.physbeh.2013.07.001

Marrin, K., Drust, B., Gregson, W., Morris, C. J., Chester, N., & Atkinson, G. (2011). Diurnal variation in the salivary melatonin responses to exercise: Relation to exercise-mediated tachycardia. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2707–2714. doi: 10.1007/s00421-011-1890-7

Mero, A. A., Vähälummukka, M., Hulmi, J. J., Kallio, P., & von Wright, A. (2006). Effects of resistance exercise session after oral ingestion of melatonin on physiological and performance responses of adult men. *European Journal of Applied Physiology*, 96(6), 729–739. doi: 10.1007/s00421-005-0119-z

Moore, R. Y. (1996). Neural control of the pineal gland. *Behavioural Brain Research*, 73, 125–130. doi: 10.1016/0166-4328(96)00083-6

Morin, C. M., Colecchi, C., Stone, J., Sood, R., & Brink, D. (1999). Behavioral and Pharmacological Therapies for Late-Life Insomnia. *JAMA*, 281(11), 991. doi: 10.1001/jama.281.11.991

- Oliver, S. J., Costa, R. J. S., Walsh, N. P., Laing, S. J., & Bilzon, J. L. J. (2009). One night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 107(2), 155–161. doi: 10.1007/s00421-009-1103-9
- Reilly, T., & Piercy, M. (1994). The effect of partial sleep deprivation on weight-lifting performance. *Ergonomics*, 37(1), 107–115. doi: 10.1080/00140139408963628
- Reiter, R. J. (1991). Melatonin: The chemical expression of darkness. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 79(1–3). doi: 10.1016/0303-7207(91)90087-9
- Reyner, L. A., & Horne, J. A. (2013). Sleep restriction and serving accuracy in performance tennis players, and effects of caffeine. *Physiology and Behavior*, 120, 93–96. doi: 10.1016/j.physbeh.2013.07.002
- Rial, R. V., Nicolau, M. C., Gamundí, A., Akaârir, M., Aparicio, S., Garau, C... Esteban, S. (2007). The trivial function of sleep. *Sleep Medicine Reviews*. doi: 10.1016/j.smr.2007.03.001
- Robey, E., Dawson, B., Halson, S., Goodman, C., Gregson, W., & Eastwood, P. (2013). Post-exercise cold water immersion: Effect on core temperature and melatonin responses. *European Journal of Applied Physiology*, 113(2), 305–311. doi: 10.1007/s00421-012-2436-3
- Samuels, C. H. (2012). Jet lag and travel fatigue: A comprehensive management plan for sport medicine physicians and high-performance support teams. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(3), 268–273. doi: 10.1097/JSM.0b013e31824d2eeb
- Scheer, F. A. J. L., Morris, C. J., Garcia, J. I., Smales, C., Kelly, E. E., Marks, J. Malhotra, A... Shea, S. A. (2012). Repeated melatonin supplementation improves sleep in hypertensive patients treated with beta-blockers: a randomized controlled trial. *Sleep*, 35(10), 1395–402. doi: 10.5665/sleep.2122
- Skein, M., Duffield, R., Edge, J., Short, M. J., & Mündel, T. (2011). Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1301–1311. doi: 10.1249/MSS.0b013e31820abc5a

- Smits, M. G., Nagtegaal, E. E., van der Heijden, J., Coenen, A. M. L., & Kerkhof, G. A. (2001). Melatonin for chronic sleep onset insomnia in children: A randomized placebo-controlled trial. *Journal of Child Neurology*, 16(2), 86–92. doi: 10.1177/088307380101600204
- Souissi, M., Chtourou, H., Zrane, A., Cheikh, R. B., Dogui, M., Tabka, Z., & Souissi, N. (2012). Effect of time-of-day of aerobic maximal exercise on the sleep quality of trained subjects. *Biological Rhythm Research*, 43(3), 323–330. doi: 10.1080/09291016.2011.589159
- 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. doi: 10.1007/s00421-003-0793-7
- Thompson, A., Jones, H., Marqueze, E., Gregson, W., & Atkinson, G. (2014). The effects of evening bright light exposure on subsequent morning exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 36(2), 101–106. doi: 10.1055/s-0034-1389970
- Tucker, R., Lambert, M. I., & Noakes, T. D. (2006). An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(3), 233–245. doi: 10.1123/ijsp.1.3.233
- Tzischinsky, O., & Lavie, P. (1994). Melatonin possesses time-dependent hypnotic effects. *Sleep*, 17(7), 638–645. doi: 10.1093/sleep/17.7.638
- Waterhouse, J., & Atkinson, G. (2008). Melatonin as an ergogenic aid. In *Biological Rhythm Research* (Vol. 40, pp. 71–79). doi: 10.1080/09291010802067106
- Waterhouse, J., Drust, B., Weinert, D., Edwards, B., Gregson, W., Atkinson, G... Reilly, T. (2005). The circadian rhythm of core temperature: Origin and some implications for exercise performance. *Chronobiology International*. doi: 10.1081/CBI-200053477
- Wright, H. R., & Lack, L. C. (2001). Effect of light wavelength on suppression and phase delay of the melatonin rhythm. *Chronobiology International*, 18(5), 801–808. doi: 10.1081/CBI-100107515

Youngstedt, S. D., Kripke, D. F., & Elliott, J. A. (1999). Is sleep disturbed by vigorous late-night exercise? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(6), 864–869. doi: 10.1097/00005768-199906000-00015

Zhao, J., Tian, Y., Nie, J., Xu, J., & Liu, D. (2012). Red light and the sleep quality and endurance performance of chinese female basketball players. *Journal of Athletic Training*, 47(6), 673–678. doi: 10.4085/1062-6050-47.6.08

## **Estudio 2.**

### **Calidad del sueño en jugadores de baloncesto en silla de ruedas: influencia de la carga de entrenamiento y competición**

**López-Flores, M.**, Suárez Iglesias, D., Castillo, D., Raya González, J., Rodríguez-Fernández, A., Villa Vicente, J.G. (2018) Sleep Quality in Wheelchair Basketball players: influence of training and competition load. *J Exerc Physiol Online*  
[pendiente de publicación]



## Resumen

**Objetivos:** este estudio pretendió evaluar la influencia de la carga de entrenamiento y de competición en la calidad del sueño de deportistas con discapacidad practicantes de Baloncesto en Silla de Ruedas (BSR) durante una fase de playoffs.

**Métodos:** diez jugadores profesionales de BSR sin trastornos del sueño registraron su sueño mediante el dispositivo Actigraph GTx3. Tras los entrenamientos y partidos, se administró la escala de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) con el fin de controlar su carga de entrenamiento y competición. Al levantarse, respondieron a la escala TQR con el objetivo de valorar su sensación de recuperación al esfuerzo.

**Conclusiones:** los deportistas evaluados no vieron modificada su calidad del sueño al comparar los registros pre-playoff con los post-playoff, ni tampoco al comparar días de actividad física con los días de descanso. Igualmente, no se obtuvieron correlaciones entre la percepción del carga del deportista con el posterior comportamiento del sueño.

**Palabras clave:** wearable, calidad del sueño, Baloncesto en Silla de Ruedas, recuperación.

## Abstract

**Objective:** this work pretend to evaluate the influence of training and competition load on sleep quality in wheelchair basketball professional players during the playoff season.

**Methods:** ten professional players without sleep disorders were evaluated using Actigraph GTx3. Also, after trainings and games, RPE scale was administered as well as TQR after wake time.

**Conclusion:** our work suggest that wheelchair basketball could not be enough stimulus to develop an altered sleep. We did not found correlations between training or competition load perception and sleep quality.

**Keywords:** wearable, sleep quality, Wheelchair Basketball, recovery.

## INTRODUCCIÓN

El sueño es un área de gran interés en la monitorización de la carga de entrenamiento y la comprensión de la fatiga en diferentes poblaciones de deportistas (Gupta, Morgan, & Gilchrist, 2017; Nedelec, Aloulou, Duforez, Meyer, & Dupont, 2018; Samuels, 2008), pero es particularmente importante para los individuos con discapacidad dado que padecen trastornos del sueño ligados a su condición particular (Giannoccaro et al., 2013; Giummarra & Bradshaw, 2010; Li et al., 2018; Verschuren, Gorter, & Pritchard-Wiart, 2017). Al contrario que los deportistas ordinarios, existe mucha menos información acerca de la calidad del sueño en deportistas con discapacidad. Estudios de la última década han divulgado información acerca de deportes muy populares en el contexto del alto rendimiento deportivo. Silva, Queiroz, Winckler et al. (2012) evaluaron a 27 deportistas brasileños de ambos sexos, demostrando que el 83,3% de los atletas presentaban una mala calidad del sueño el mes antes de la competición de los Juegos Paralímpicos de Beijing 2008. En un caso similar, 33 deportistas chilenos de natación, tenis de mesa, fútbol adaptado, alterofilia y tenis en silla de ruedas, Durán Agüero, Arroyo Jofre, Varas Standen et al. (2015) demostraron que el 78,8% de los deportistas presentaban una baja calidad del sueño justo antes de los juegos Panamericanos de Toronto 2015. Por el contrario, Rodrigues, Silva, Rosa et al. (2015) expusieron que la mayoría de atletas paralímpicos brasileños presentaban una buena calidad del sueño dos meses antes de los juegos de Londres 2012. Además, la mayoría de lo que conocemos del sueño en deportistas con discapacidad es el resultado de estudios con jugadores de baloncesto en silla de ruedas (BSR). Los deportistas japoneses de BSR de ambos sexos han mostrado peores valores de calidad del sueño que sus homologos sin discapacidad (Tsunoda, Hotta, Mutsuzaki et al., 2015), mientras que los competidores sub-23 de la selección japonesa mostraron valores similares a los de la población general japonesa de igual edad (Mutsuzaki, Tsunoda, Hotta et al., 2018). De todas formas, opuestamente a estos resultados, Gomes, Diniz, Silva-Filho et al. (2018) detectaron que la práctica regular de BSR no afectaba a la calidad del sueño en pacientes con lesión medular al compararlo con adultos sanos y usuarios sedentarios de silla de ruedas.

A pesar de la importancia de evaluar objetivamente los indicadores de calidad del sueño, las investigaciones bajo este tópico se han realizado fundamentalmente mediante cuestionarios que evalúan la calidad del sueño del último mes (Durán Agüero, Arroyo Jofre, Varas Standen et al., 2015; Mutsuzaki, Tsunoda, Hotta et al., 2018; Silva, Queiroz, Winckler et al., 2012; Tsunoda, Hotta, Mutsuzaki et al., 2015; Tsunoda, Mutsuzaki, Hotta et al., 2017). Mientras que los monitores del sueño se han ido popularizando (Leeder, Glaister, Pizzoferro et al., 2012) solo recientemente Sargent, Lastella, Halson & Roach (2016) demostraron que era un método válido para el estudio del sueño en

atletas de élite. Hasta ahora, la actigrafía en deportistas paralímpicos se limita únicamente al estudio de Thornton, Miller, Tylor et al. (2017) quienes evaluaron el impacto de los viajes internacionales en la calidad del sueño antes y durante la competición.

Los trastornos del sueño son uno de los problemas más prevalentes antes de la competición en los deportistas (Juliff, Halson & Peiffer, 2015), lo que ha logrado incrementar el interés del estudio acerca del comportamiento del sueño y mejorar su calidad mediante la aplicación de protocolos que favorezcan la producción endógena de melatonina, o mediante la suplementación exógena de la misma siempre y cuando no afecte de forma nociva al rendimiento deportivo (López-Flores, Nieto Luque, Costa Moreira et al., 2018). En particular, en el ámbito de las competiciones de BSR, los deportistas afrontan diversos retos relacionados con el proceso de competición, entre los que se encuentra la falta de sueño antes de los grandes eventos y la preparación física (Campbell & Jones, 2002). Es sabido que la adecuada monitorización de la cantidad y calidad del sueño puede aportar una información valiosa para el proceso de recuperación y el diseño de la planificación del deportista (Halson, 2014). La carga y la agenda de entrenamiento juegan un papel fundamental en la recuperación y el rendimiento deportivo (Mendes, Palao, Silvério et al., 2018; Sargent, Lastella, Halson & Roach, 2014), y el incremento de la carga de entrenamiento se asocia con un descenso de la calidad del sueño en deportistas sin discapacidad (Dumortier, Mariman, Boone et al., 2018; Lastella, Vincent, Duffield et al., 2018). Sorprendentemente, no hemos hallado estudios que investiguen los efectos de la carga de entrenamiento en la calidad del sueño aún no han sido estudiados en deportistas con discapacidad.

Por tanto, a la luz del papel del sueño en la calidad del entrenamiento y sus implicaciones durante la competición, el principal objetivo de este estudio fue el de analizar el comportamiento de la calidad del sueño tras cinco semanas de periodo competitivo, incluyendo playoffs, y valorar si existen diferencias entre los días de descanso, competición o entrenamiento. En Segundo lugar, nos marcamos como objetivo evaluar si existe una relación entre los indicadores de calidad del sueño y la carga de entrenamiento cuantificada mediante la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE).

## MÉTODOS

### Sujetos

Diez jugadores de elite españoles de BSR (altura 144,40 cm; peso; 76,50 kg; Índice de masa corporal: 26,35 kg·m<sup>-2</sup>) pertenecientes al mismo equipo participaron de manera voluntaria en este

studio (Tabla 1). Los sujetos fueron clasificados de acuerdo a las normas del Comité de Clasificación de la Federación Internacional de BSR por oficiales del comité Nacional de Clasificación de BSR. El equipo realizaba 3 sesiones de entrenamiento semanales de 120 minutos de duración a la semana, entre las 18.30 y las 20.30 h. El equipo terminó la temporada en segunda posición entre un total de 8 equipos de la primera división nacional de BSR. Los criterios de selección establecidos requerían que los sujetos no consumieran farmacos que afectasen a la calidad del sueño. Además, todos los jugadores que entrenaron al menos el 80% de las sesiones y compitieron en los partidos fueron seleccionados. Antes de comenzar el estudio, los participantes fueron informados de los fines y la metodología y firmaron un consentimiento informado. El estudio se llevo a cabo respetando los acuerdos de la Declaración de Helsinki (2013).

Tabla 3. Descripción y clasificación de los participantes.

Jugador	Discapacidad Física	IWBF Clasificación	Edad (años)	Tiempo de lesión (años)	Experiencia de entrenamiento (años)	Experiencia competitiva (años)	Actividad Física Semanal (horas)
1	Espina Bífida (T12)	1	28	29	19	19	0
2	Cerebral palsy	1	29	28	15	7	5
3	Lesión Medular (T4)	1	36	14	12	12	8
4	Lesión Medular (T12)	2	50	21	19	19	12
5	Lesión Medular (T10)	3	42	32	32	18	3
6	Lesión de rodilla y cadera	3.5	28	10	2	0	5
7	Amputación de miembro inferior unilateral	3.5	38	12	10	10	8
8	Lesión de cadera	4	25	17	2	0	5
9	Osteoarthritis congenital	4	30	18	3	1	1
10	Lesión de rodilla	4.5	29	7	6	6	2
Muestra (n = 10)		-	34 ± 8	19 ± 9	12 ± 10	9 ± 8	5 ± 4

## Procedimientos

En este estudio se investigó el comportamiento del sueño en hombres practicantes de BSR y se realizó durante cinco semanas, en las que se incluyeron los Play-offs en los que el equipo disputó cinco partidos. Las sesiones de entrenamiento se llevaron a cabo en la misma superficie de juego (cancha de baloncesto) y los partidos fueron jugados en instalaciones deportivas de similares características (28x15 m), incluyendo partidos en casa y partidos como visitante. Además, ninguno de los miembros del equipo participó en entrenamientos de fuerza o Resistencia durante este periodo, aunque se les dio la libertad

de hacer otras actividades que no fueran baloncesto y se les aconsejó acerca de su dieta y consumo de cafeína.

### **Percepción subjetiva del esfuerzo (RPE)**

Con el objetivo de cuantificar los entrenamientos y partidos de BSR, la escala de RPE de 1 a 10 propuesta por Foster, Florhaugh, Franklin et al. (2001) fue administrada al final de cada sesión o partido de manera individual. Los jugadores respondieron a la pregunta “¿cómo de duro fue el entrenamiento/partido?” diez minutos después de finalizar la sesión (Los Arcos, Méndez-Villanueva, Yanci et al., 2015). Los jugadores no conocieron los resultados de RPE de sus compañeros. Se permitió que los jugadores utilizaran un plus (interpretado como 0,5 puntos) a la hora de valorar su esfuerzo (Los Arcos, Méndez-Villanueva, Yanci et al., 2016). La misma persona fue la responsable de realizar las preguntas (investigador). Además, para calcular la RPE sesión (RPEs), cada valoración fue multiplicada por el tiempo de entrenamiento/partido (min) siguiendo la metodología de Foster, Florhaugh, Franklin et al. (2001). Los deportistas estaban habituados al uso de la RPE antes de comenzar la investigación.

### **Evaluación del sueño**

ActiGraph GT3X+ (AGT3X) (ActiGraph, Pensacola, FL). El AGT3X fue colocado en la muñeca de la mano dominante del sujeto para el registro actigráfico. Si bien el instrument no requiere activación, se complementó con un diario del sueño que nos permitiera registrar los hábitos de sueño, el cual fue cumplimentado a la hora de levantarse.

En el registro, datos como la hora de acostarse (momento en que tratas de quedarte dormido) y de levantarse (momento en que te despiertas para salir de la cama), fueron recogidos. Las cuentas de movimiento registradas a una frecuencia de 0.30Hz y almacenadas en la memoria del dispositivo nos permitieron establecer la Eficiencia del Sueño (ES) (porcentaje de tiempo dormido durante el tiempo en la cama), la Latencia del sueño (LS) (tiempo en minutos que ha tardado en dormirse), y el tiempo total de sueño (TTS) (tiempo total dormido en minutos). Los jugadores fueron preguntados por la mañana, una hora después de levantarse, acerca de su sensación psicofisiológica de recuperación tras el descanso nocturno.

## **Escala de recuperación TQR**

La escala de 20 puntos propuesta por Kenta en 1988, recomendada para la evaluación de deportistas (Osiecki, Rubio, Coelho et al., 2015) fue administrada todas las mañanas junto con el diario del sueño. Los jugadores respondían a la pregunta: “¿cómo de recuperado te sientes hoy?”. Los jugadores no conocieron los resultados de TQR de sus compañeros. Los deportistas fueron informados acerca del funcionamiento de la escala un mes antes de la evaluación, y la usaron desde entonces.

### *Análisis Estadístico*

Los resultados fueron presentados como media  $\pm$  DS. La distribución normal de las variables evaluadas fue testada mediante la aplicación del test Kolmogorov-Smirnov, y se realizaron pruebas paramétricas. Además, una prueba T de Student para muestras pareadas para analizar las diferencias en cada una de las variables entre el periodo Pre-Playoff y post-Playoff. Las diferencias entre las medias fueron expresadas como porcentajes. La significación estadística se estableció en  $p < 0.05$ . La significación práctica fue calculada mediante la D de Cohen para el Tamaño del Efecto. Se estableció un valor de (d) superior a 0.8, entre 0.8 y 0.5, entre 0.5 y 0.2, y por debajo de 0.2 considerándolos como grande, moderados, pequeños y trivial, respectivamente. Se calculó la P de Pearson para el coeficiente de correlación (correspondiente a un intervalo de confianza del 90%) para determinar la relación entre los indicadores de calidad del sueño y la RPE y el Volumen de entrenamiento (min). La siguiente escala de valores se utilizó para interpretar la magnitud de los coeficientes de correlación:  $<0.1$ , trivial;  $= 0.1- 0.3$ , pequeño;  $<0.3- 0.5$ , moderado;  $<0.5- 0.7$ , grande;  $<0.7- 0.9$ , muy grande; y  $<0.9- 1.0$ , casi perfecto (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó el paquete SPSS en su versión 22.0.

## **RESULTADOS**

No se obtuvieron diferencias al comparar el comportamiento de los indicadores de calidad del sueño entre los días de entrenamiento/competición y los días de descanso. Los resultados de la comparación entre los indicadores del sueño antes y después del periodo de Playoff (Tabla 2) no mostraron diferencias y solo llegaron a alcanzar un tamaño del efecto moderado para las variables de LS y TTS.

Tabla 4. Comparativa de la RPE y TQR, y los indicadores de calidad del sueño antes y después del periodo competitivo.

Variable	Pre-Playoff	Post-Playoff	ES
RPE	5,05	5,19	0.48 Small
LS	0,72	1,02	0.57 Moderate
TTS	378,18	361,1	0.70 Moderate
ES	89,36	87,12	0.65 Moderate
WASO	45,76	55,78	0.35 Small
AWs	14,64	18,28	0.29 Small
AvGAWs	2,73	3,56	0.38 Small
TQR	13,48	13,7	0.44 Small

Tampoco se obtuvieron correlaciones entre el comportamiento de los indicadores de calidad del sueño y los registros de RPE y TQR (Tabla 3).

Tabla 5. Correlaciones entre la RPE y el Volumen de entrenamiento con los indicadores de calidad del sueño y la TQR..

Variable	LS	ES	TTS	WASO	DES	mDES	TQR
RPE	-,249	,416	-,276	-,240	-,243	-,243	,074
	,290	,193	,239	,209	,302	,302	,756
VOLmin	,120	,103	,374	,019	,019	-,121	,097
	,613	,665	,104	,937	,937	,612	,683

Se compararon los registros de los distintos sujetos clasificándolos en función de su clasificación deportiva, aquellos cuyas condiciones eran mayoritariamente neurológicas (jugadores de  $\leq 3$  puntos) frente a los que respondían fundamentalmente a enfermedades músculo-esqueléticas (jugadores de  $\geq 3.5$  puntos). Así, en la Figura 23, se puede comprobar como no se obtuvieron

diferencias estadísticamente significativas entre los 5 jugadores del grupo de menores puntuaciones deportivas, compuesto por los que presentaban lesiones medulares y parálisis cerebral, en los valores promedio para la carga de entrenamiento (pre =  $551,6 \pm 154,0$  vs post =  $503,0 \pm 292,4$  u.a.), la recuperación (pre =  $13,6 \pm 2,3$  vs post =  $11,7 \pm 6,3$  unidades) y la eficiencia del sueño (pre =  $87,4 \pm 9,6$  vs post =  $73,4 \pm 39,8$  %); si bien se observó una tendencia a una menor carga de entrenamiento con el paso del tiempo, así como a peores valores de recuperación y eficiencia del sueño.

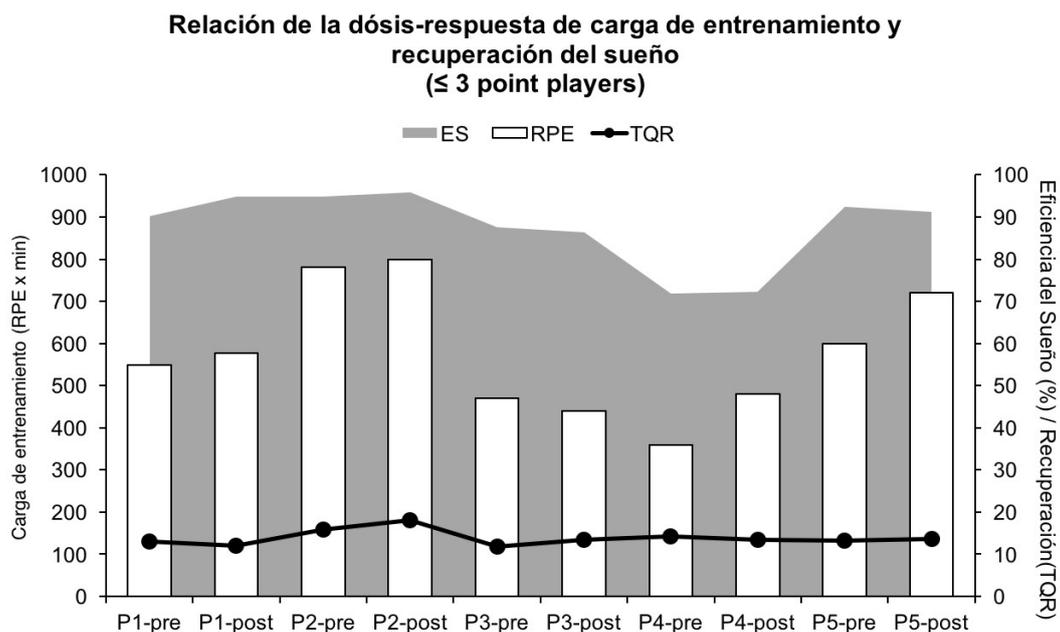


Figura 23. Relación de la dosis-respuesta de carga de entrenamiento y recuperación en lesionados musculo esqueléticos

En la Figura 24, se observa como la respuesta de los jugadores de mayores puntuaciones deportivas, principalmente afectados por lesiones musculo-esqueléticas en cadera y miembros inferiores, tampoco suponen diferencias estadísticamente significativas inter- ni intra-grupo. En cuanto a los valores promedios de los 5 jugadores relativos a las variables estudiadas, se comprueba nuevamente una tendencia con el paso del tiempo hacia una menor carga de entrenamiento (pre =  $513,3 \pm 89,0$  vs post =  $510,0 \pm 382,0$  u.a.), una peor recuperación (pre =  $13,4 \pm 1,3$  vs post =  $11,1 \pm 6,2$  unidades) y una menor eficiencia del sueño (pre =  $91,3 \pm 8,5$  vs post =  $71,8 \pm 41,8$  %).

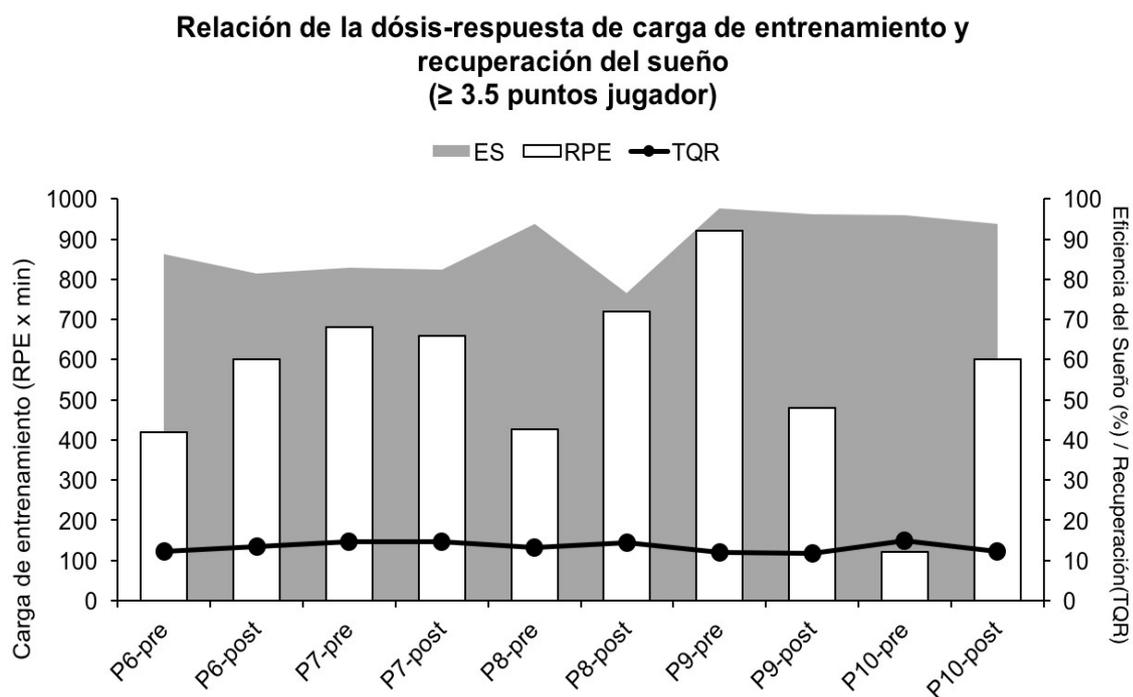


Figura 24. Relación de la dosis-respuesta de carga de entrenamiento y recuperación en lesionados medulares.

## Discusión

Este trabajo estudió el comportamiento del sueño en deportistas de élite de BSR, durante cinco semanas que incluyeron una fase de Playoff. El objetivo fue el de comparar el comportamiento del sueño antes y después de la competición así como relacionar la respuesta de sus indicadores con la RPE y TQR referida por los sujetos. Los principales hallazgos de este estudio fueron (a) no se observaron diferencias en la calidad del sueño tras el periodo competitivo, lo que puede indicar que la fatiga causada por la competición fuera mitigada por el proceso de recuperación y que no generase deuda de sueño en el deportista, y (b) que la intensidad del ejercicio físico realizado por los jugadores de BSR no plantease un estímulo suficiente como para provocar efectos nocivos en el comportamiento del sueño ni tras los entrenamientos ni los partidos.

Estudios previos como el de Silva, Quiroz, Winckler et al. (2012) describieron que los paralímpicos brasileños presentaban una baja calidad del sueño antes de los juegos, igual que en el caso de Durán Agüero, Arroyo Jofre, Veras Standen et al. (2015) que obtuvieron resultados en el mismo sentido en el caso de la delegación chilena que compitió en los juegos panamericanos. Los resultados de baja calidad del sueño pueden ser atribuidos al estrés previo a la competición que sufren los atletas, y que es más pronunciado en los deportistas paralímpicos en las noches previas a la competición (Smamulski & Noce, 2002), a pesar de que los valores de eficiencia del sueño sean buenos dos meses antes de la competición (Rodrigues, Silva, Rosa et al., 2015). También debido a que los deportistas con discapacidad tienden a presentar una peor calidad del sueño que en otros deportistas (Gupta, Morgan & Gilchrist, 2017). En muchos casos, sufren otras patologías que causan que el sueño sea fragmentario o que incluso tengan que cambiar de posición durante la noche para mitigar el dolor (Giummarra & Bradshaw, 2010). En cualquier caso, el grupo de deportistas evaluado en este estudio no presentó valores por debajo de los recomendados, aunque en algunos sujetos el TTS no alcanzó el mínimo recomendado de entre 9 y 10 h (Calder, 2003), como suele ocurrir con la mayoría de los deportistas (Halsom, 2017).

Por otro lado, puede resultar de gran interés conocer la fatiga causada por el periodo competitivo, y si dicha fatiga se puede relacionar con una necesidad de sueño. Este conocimiento podría ayudar a los técnicos y preparadores físicos a establecer estrategias de recuperación adecuadas. En nuestro caso, los deportistas no reportaron valores subjetivos de alta intensidad en los esfuerzos de los entrenamientos y han sido de corta duración en los partidos. El descanso tras el esfuerzo, a pesar de tratarse de una tarea fundamentalmente aeróbica, lo cual se presupone más nociva para el sueño (Souissi et al., 2012) no ha afectado al descanso de los deportistas. Estudios previos han demostrado que la fatiga inducida por las actividades en horario diurno debería inducir el sueño profundo nocturno (Kubitz, Landers, Petruzzello, & Han, 1996; O'Connor & Youngstedt, 1995), sin embargo, el horario de entrenamiento y competición de nuestra muestra es fundamentalmente vespertino-nocturno.

Tsunoda, Hotta, Mutsuzaki et al. (2015) y Tsunoda, Mutsuzaki, Hotta et al. (2017) han descrito una reducción de la calidad del sueño en sujetos con discapacidad atribuible a su dificultad para reducir su temperatura central en comparación con personas sin discapacidad tras esfuerzos, aumentando el estrés físico y mental. De todas formas, el estrés competitivo que sufren estos deportistas es de origen multifactorial (Campbel et al., 2012), entre los que destaca el causado por la falta de comprensión de sus necesidades especiales causadas por su discapacidad, así como los problemas de accesibilidad y alojamiento en los viajes. Afortunadamente para nuestros sujetos de estudio, la fase de playoff se jugó en casa, por lo que la mayoría de estos inconvenientes presentes en los desplazamientos no tuvieron lugar. Esta situación puede haber propiciado que el sueño de los deportistas evaluados fuera mejor de lo esperado al evitar esta fuente de estrés, ya que no se obtuvieron diferencias en ninguna de las variables estudiadas entre las mediciones previas y posteriores a la fase competitiva, así como tampoco fueron obtenidas al comparar días de entrenamiento/competición con días de descanso. Los deportistas de nuestro estudio tampoco mostraron diferencias atribuibles al estrés psicológico causado por la competición quizá debido a que, aunque no son deportistas paralímpicos, si cuentan con una amplia experiencia en el deporte de élite y también en fases de playoff.

Al comparar el estado de sueño por la clasificación deportiva y condiciones de discapacidad y relacionarlo con la recuperación y la carga de entrenamiento, no se encontraron diferencias entre los jugadores de menores puntuaciones y los de mayores puntuaciones de acuerdo con la IWBF. Estos resultados contrastan con los de Tsunoda, Hotta, Mutsuzaki et al. (2015), para quienes las puntuaciones de la calidad del sueño de los jugadores con enfermedades del sistema esquelético fueron significativamente más altas que las de los atletas con lesión medulares. Además, los atletas con enfermedades del sistema esquelético fueron significativamente más propensos a puntuar por encima del límite para el insomnio que aquellos con lesión de la médula espinal. En nuestro caso, no hemos encontrado tales diferencias. Esto puede ser debido a que las mediciones realizadas mediante actigrafía permiten una mayor objetividad que los obtenidos mediante el cuestionario de Pittsburgh utilizado por Tsunoda, Hotta, Mutsuzaki et al. (2015), el cual puede haber distorsionado en parte los resultados. Al igual que en nuestro estudio, contaban con un número reducido de sujetos que, sumado a que se encontraban en periodo competitivo, puede haber provocado ciertas diferencias en el sueño que sean más atribuibles al estrés que a la influencia causada por las molestias, dinámicas o particularidades de la lesión de medular sobre el sueño.

La RPE ha sido considerada una herramienta adecuada para la valoración de la carga de entrenamiento, aunque no un sustituto de la frecuencia cardíaca, especialmente en el campo de la discapacidad donde la muestra presenta una gran diversidad funcional (Iturricastillo, 2016). También se ha demostrado que la carga interna recogida por los jugadores está relacionada con las variaciones en los registros de los indicadores de calidad del sueño (Leeder, Glaister, Pizzoferro et al., 2012). Con estos antecedentes, el uso de la RPE como un posible predictor del cansancio o deuda de sueño en los atletas podría ser de gran interés a la hora de planificar momentos puntuales de extensión del sueño o protocolos que favorezcan la recuperación biológica. De todas formas, en nuestro estudio, no se demostraron correlaciones entre la RPE y los indicadores de calidad del sueño observados, concluyendo así que las cargas no influyeron en el patrón del sueño. Para futuras investigaciones, sería adecuado combinar el uso de RPE con otros métodos de cuantificación para analizar su relación con el comportamiento del sueño.

Sin embargo, la percepción de la recuperación en los jugadores de BSR fue generalmente mala, infraestimando la eficiencia del sueño obtenida durante toda la

noche y no reportando una buena sensación de recuperación acorde con el registro actigráfico. La fiabilidad del uso de la RPE no es cuestionable dado que ha sido ampliamente acreditada en la literatura. Las investigaciones con la escala TQR podrían ser de gran interés para la evaluación y planificación de protocolos de recuperación con muestra con discapacidad.

Finalmente, nuestros resultados concuerdan con los recientemente publicados en el estudio de Gomes, Diniz, Silva-Filho et al., (2018) en el cual no obtuvieron diferencias en los indicadores de calidad del sueño tras la práctica de BSR.

### **Limitaciones del estudio**

Este estudio tiene algunas limitaciones. El tamaño de la muestra era pequeño, y con un número más adecuado de sujetos la evaluación podría reportar diferencias estadísticamente mayores en los indicadores de calidad observados.

### **CONCLUSIONES**

La carga de entrenamiento en BSR, incluso competitiva, puede no ser un estímulo suficientemente vigoroso como para provocar un trastorno en el sueño. Los entrenamientos vespertinos-nocturnos no mostraron diferencias significativas en la ES ni TTS, incluso cuando el estrés psicológico de la competición debía haber afectado. Puede ser necesario ampliar esta investigación con una muestra mayor y una evaluación de mayor duración para valorar si las diferencias se mantienen.



## **Estudio 3.**

### **Validez de la pulsera de cuantificación Fitbit Flex® en la valoración del sueño**

**López-Flores, M.**, Rodríguez-Fernández, A., Suárez Iglesias, D., Rodríguez Marroyo, J.A., Villa Vicente, J.G. (2018) Validez de la pulsera de cuantificación Fitbit Flex® en la valoración del sueño. Revista CCD  
[pendiente de publicación]



## Resumen

**Objetivos:** este estudio piloto pretende evaluar la validez de las mediciones de los indicadores de calidad del sueño en la Fitbit Flex® en su modo *Normal* (FF), un dispositivo comercial que permite la medición la actividad diaria y el sueño en el día a día, comparándolos registros con los del Actigraph GR3X® (AGT3X), (considerado el *gold standard* en la evaluación de la calidad del sueño mediante actigrafía.

**Métodos:** sesenta y siete personas sin trastornos del sueño portaron de noche simultáneamente durante semana los monitores FF y el AGT3X ambos en la muñeca. Se analizaron estadísticamente los resultados obtenidos comparando ambos monitores.

**Conclusiones:** a pesar de la existencia de diferencias significativas entre los dos instrumentos de medida, la alta correlación e ICC sugieren que el dispositivo comercial FF puede ser una herramienta útil para valorar la calidad del sueño, aunque los valores obtenidos no pueden ser considerados intercambiables con los registros de AGT3X.

**Palabras clave:** validación, monitores de actividad, calidad del sueño, eficiencia del sueño.

## Abstract

**Objective:** this pilot study pretends to evaluate the accuracy of Fitbit Flex®, a consumer device for diary register, for the evaluation of sleep quality, compared to Actigraph GR3X, one of the most recommended actigraphs for sleep evaluation.

**Methods:** sixtyseven subjects without sleep disorders used simultaneously both monitors, Fitbit Flex® and Actigraph GT3X®, during one week nights.

**Conclusion:** even the significative differences between both monitors, de high correlation values and the ICC suggest that Fitbit Flex commercial device could be a useful instrument for the sleep quality evaluation, assuming that this result can not be considered interchangeable with AGT3X.

**Palabras clave:** validación, monitores de actividad, calidad del sueño, eficiencia del sueño.

## Introducción

La calidad del sueño es un factor determinante para la salud pública (Irish, Kline, Gunn, Buysse, & Hall, 2015; Grandner, 2017), el cual ha sido directamente relacionado con el sobrepeso y obesidad, y viceversa (Hargens, Kaleth, Edwards & Butner, 2013), enfermedades cardiovasculares y cambios en la composición corporal (Chaput, Després, Bouchard, & Tremblay, 2007; Knuston & Caurter, 2008; Thun et al., 2015; Wirth et al., 2015), diabetes, depresión y cáncer (Wirth, Hébert, Hand, Youngstedt, Hurley, Shook & Blair, 2015; Parish, 2009; Breslau, Roth, Rosenthal & Andreski, 1996). La valoración de la calidad del sueño se realiza a través de la medición de la Eficiencia del Sueño (ES), la Latencia del Sueño (LS) y el Tiempo Total de Sueño (TTS) (Sadeh & Acebo, 2002).

En el ámbito del deporte y, especialmente, del rendimiento deportivo, el sueño ha sido descrito como un factor fundamental en los deportistas, considerando inicialmente que las características de sueño era mejor que el de personas sedentarias (Shapiro, Catterall, Warren, Oswald, Trinder, Paxton, & East, 1987). Así, se ha atribuido una mayor duración del sueño al deportista, no por un mayor estrés, sino por una mayor necesidad de recuperación biológica (Paxton, Trinder & Montgomery, 1983). Tanto la restricción como la privación del sueño, afectan a la respuesta fisiológica y cognitiva al ejercicio (Fullagar, Skorski, Duffield, Hammes, Coutts & Meyer, 2015). El sueño es, por tanto, una variable crítica para determinar el estado de salud y el nivel de estrés (Bonnet & Arand, 2003; Garcia-Mas, Aguado, Cuartero, Calabria, Jiménez & Pérez, 2003; Youngstedt, 2005, Davenne, 2009; Leatherwood & Drago, 2013; Halson, 20014; Samuels, James, Lawson & Meeuwisse, 2015), siendo por lo tanto necesaria su valoración para el adecuado control para la salud, más aún para la del deportista y la prescripción del ejercicio y el entrenamiento.

No obstante, el número de estudios que han abordado la temática de la calidad del sueño y el estudio de sus indicadores se ha incrementado en los últimos años. El control del descanso del deportista comienza a verse como un factor más a evaluar en su vida profesional, con el objetivo de controlar la recuperación de la fatiga, prevenir el sobreentrenamiento o evitar el *jet lag* (Waterhouse, Edwards, Nevill, Atkinson, Reilly, Davies & Godfrey, 2000), con la consecuente mejora en el rendimiento deportivo.

El *gold standard* para la valoración del sueño es la polisomnografía (Rae, Chin, Dikgomo, Hill, Mckune, Kohn & Roden, 2017). Sin embargo, esta técnica presenta inconvenientes como su elevado coste y la necesidad de un laboratorio específico, por lo

que en la actualidad la valoración mediante la actigrafía, que resulta menos invasiva, más económica y facilita la valoración al realizarse en el domicilio del sujeto (Sadeh & Acebo, 2002), se ha instaurado como una metodología habitual en la literatura. Dentro de la actigrafía, el Actigraph GT3X (AGT3X) es considerado un instrumento validado y referente para la valoración de la calidad del sueño (Ancoli-Israel, Cole, Alessi, Chambers, Moorcroft & Pollak, 2003; Littner, Kushida, Anderson, Bailey, Berry, Davila & Johnson, 2003; Paavonen, Fjällberg, Steenari & Aronen, 2002) habiendo sido validado comparándolo con la polisomnografía ( Cellini, Buman, McDevitt, Ricker & Mednick, 2013). Sin embargo, el AGT3X también puede resultar un dispositivo caro y con una menor aplicabilidad en la práctica, debido a que requiere un procesamiento y análisis del registro para obtener resultados (Kang, Kang, Ko, Park, Mariani & Weng, 2017). Quizás por ello los actígrafos en forma de brazaletes, relojes, y otras tecnologías *vestibles*, o *dispositivos de consumo*, se han convertido en los instrumentos más populares para valorar la calidad del sueño y cuantificar el ejercicio físico (Calabro, Lee, Saint-Maurice, Yoo & Welk, 2014), tanto en el área clínica como en la investigación (Baroni, Bruzzese, Di Bartolo & Shatkin, 2016). Estos dispositivos se caracterizan por ser pequeños, no invasivos y muy fáciles de utilizar, lo cual permite obtener indicadores de diferentes variables en largos periodos de medición (Sadeh & Acebo, 2002). El desarrollo de estos dispositivos cuenta con una sofisticada tecnología basada en la acelerometría. Así, los dispositivos de cuantificación están preparados para registrar datos y mostrarlos en interfaces web y *app*, funcionalidades no disponibles en AGT3X, que no solo permiten visualizar los datos sino también calcular el progreso o comparar datos con otros usuarios.

Es por esta razón por la que es importante desarrollar tecnologías accesibles para los consumidores que permitan el control de los indicadores de calidad del sueño de forma sencilla y económica. La pulsera Fitbit Flex® (FF) es un instrumento dirigido al público masivo para la cuantificación de factores como la actividad física diaria, la calidad del sueño o el registro alimentario. Si bien la prioridad debería ser utilizar los aparatos *gold standard*, instrumentos como la FF permiten realizar mediciones por un bajo coste, utilizando una interfaz web que facilita la consulta de los datos registrados. Para un uso fiable, es necesario validar este dispositivo para garantizar la validez de las evaluaciones. Estudios previos han validado la FF para valoración de la actividad física y el consumo energético (Takacs, Pollock, Guenther et al., 2014; Mammen, Gardiner, Senthinathan et al., 2012), pero desde nuestro conocimiento se desconocen estudios que hayan validado este dispositivo para el registro de la calidad del sueño. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue validar la

pulsera de actividad FF para el registro de la calidad del sueño comparándola con el registro del AGT3X. Determinar su validez podrá permitir la implantación del dispositivo tanto en el ámbito del rendimiento deportivo como en el de salud.

## **Método**

### *Participantes*

Sesenta y siete sujetos (hombres:  $n = 33$ ;  $\text{media} \pm \text{DS}$  edad  $37.43 \pm 8.41$  años, peso  $66.73 \pm 7.8$  kg, estatura  $174.2 \pm 6.7$  cm y mujeres:  $n = 34$ ; edad  $21.32 \pm 16.36$  años, peso  $44.82 \pm 13.4$ , estatura  $149.9 \pm 13.2$  cm) participaron voluntariamente en el estudio. Todos ellos realizaban al menos 2 sesiones semanales de actividad física y cumplieron los criterios de inclusión: no presentar ninguna lesión grave o enfermedad en los tres meses previos a la realización del estudio, no recibir una medicación que pudiera influir en su calidad del sueño, obtener un resultado  $\geq 8$  en el Pittsburgh Sleep Questionnaire Index que asegure una adecuada calidad del sueño (Buysse, Reynolds, Monk, Berman & Kupfer, 1989). Los participantes fueron informados del procedimiento y los propósitos de este estudio antes de firmar el consentimiento informado, el cual fue firmado por los padres en los participantes menores de edad. El estudio fue realizado respetando en todo momento los principios de la declaración de Helsinki.

### **Diseño experimental**

Todos los sujetos que participaron en el estudio vistieron FF en su modo de registro *Normal* (Fitbit Inc., San Francisco, EEUU) junto con el AGT3X (ActiGraph™ Corp., Florida, EEUU) durante siete noches consecutivas. Previamente al comienzo del estudio, los sujetos fueron citados en el laboratorio en dos ocasiones, una previa al registro de los datos en la cual se explicaron los objetivos del estudio, se completó un consentimiento informado y en la cual fueron instruidos para la utilización del FF, el AGT3X y el procedimiento para realizar el registro del diario de sueño. En esta misma sesión, se procedió a realizar individualmente el Pittsburgh Sleep Questionnaire Index, con el objetivo de valorar el comportamiento del sueño en el mes previo a la realización del estudio y verificar que no existieran trastornos del sueño (Buysse et al., 1989). En la segunda sesión, tras los siete días de registro, los sujetos eran citados de nuevo para recoger los dispositivos y el registro del diario de sueño.

### *Procedimiento*

El Pittsburgh Sleep Questionnaire Index es un cuestionario autoevaluable que permite valorar la calidad y los trastornos del sueño que hayan tenido lugar durante el último mes (Buysse et al., 1989). Los ítems del cuestionario evalúan mediante escala siete componentes: la percepción subjetiva de la calidad del sueño, la eficiencia del sueño habitual, la latencia y la duración, los trastornos del sueño, el uso de medicamentos para inducir o mantener el sueño y los trastornos diurnos ocasionados por el sueño. La suma de las puntuaciones en los siete componentes obtiene un resultado global que determina la calidad del sueño como “buena”, “mala” o “muy mala” considerándose un resultado  $\geq 8$  como buena calidad del sueño (Buysse et al., 1989). Así, cualquier sujeto que obtuviera un resultado por debajo de 8 en la valoración de la calidad del sueño sería descartado por asumirse que padece un trastorno del sueño.

FF (Fitbit Inc., San Francisco, EEUU) fue colocado en la línea media de la muñeca de la mano no dominante del sujeto durante las 7 noches que duró el estudio. Los participantes fueron instruidos para activar el FF antes de acostarse mediante una activación manual realizando tres toques rápidos sobre la pantalla led. Todos los participantes fueron instruidos para asegurar la aparición del mensaje de “*buenas noches*” y la vibración, confirmando la activación y comienzo del registro. La misma acción a la inversa se realiza para detener el registro en “modo sueño”.

AGT3X (ActiGraph, Pensacola, FL) fue colocado junto con la FF en la mano dominante del sujeto. No precisa de ninguna activación, pero sí del registro de los hábitos de sueño-vigilia, los cuales fueron recogidos en un diario del sueño, cumplimentado diariamente, antes de acostarse y al levantarse. En dicho registro se recabaron datos como la hora de acostarse (hora a la que se acuesta con propósito de dormir) y levantarse (hora a la que sale de la cama), la latencia estimada (tiempo que tarda en dormirse, en minutos) así como la hora de despertarse (hora a la que se despierta y no vuelve a dormirse).

Ambos dispositivos, FF y AGT3X, registran información en forma de cuentas de movimiento que posteriormente son transformadas mediante algoritmos en los resultados de ES (en porcentaje), LS (en minutos) y TTS (en minutos).

Los participantes recibieron recomendaciones para unos hábitos del sueño saludables, tales como ingerir cenas ligeras, evitar el consumo de cafeína después de las 18:00 h, y evitar la ingesta alcohol y azúcar desde tres horas antes de acostarse (Irish et al., 2015).

### *Análisis estadístico*

Los datos son mostrados como  $\text{media} \pm \text{DS}$ . Previo al análisis estadístico se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*. Para determinar las

diferencias en la latencia, la eficiencia y el tiempo total de sueño entre el FF y el AGT3X se empleó la prueba *t-test* para muestras pareadas. El grado de correlación entre las variables de estudio entre ambos dispositivos fue determinado mediante la prueba de correlación de Pearson, considerado los valores como trivial ( $r < 0.1$ ), bajo ( $0.1 < r < 0.3$ ), moderado ( $0.3 < r < 0.5$ ), grande ( $0.5 < r < 0.7$ ), muy grande ( $0.7 < r < 0.9$ ), casi perfecto ( $r > 0.9$ ) y perfecto ( $r = 1.0$ ). La técnica de concordancia Bland-Altman (Bland & Altman, 1968) fue utilizada para determinar el acuerdo en el registro de las variables entre ambos dispositivos. El grado de acuerdo se determinó trazando las diferencias entre los dos dispositivos en función de la media. El tamaño del efecto (Cohen's *d*) fue calculado y los valores de  $< 0.41$ ,  $0.41-0.70$  y  $> 0.70$  fueron considerados pequeños, moderado y grande respectivamente (Cohen, 1992). El nivel de significación se estableció en  $p < 0.05$ . El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el paquete de software estadístico SPSS para Windows en su versión 21.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA).

## Resultados

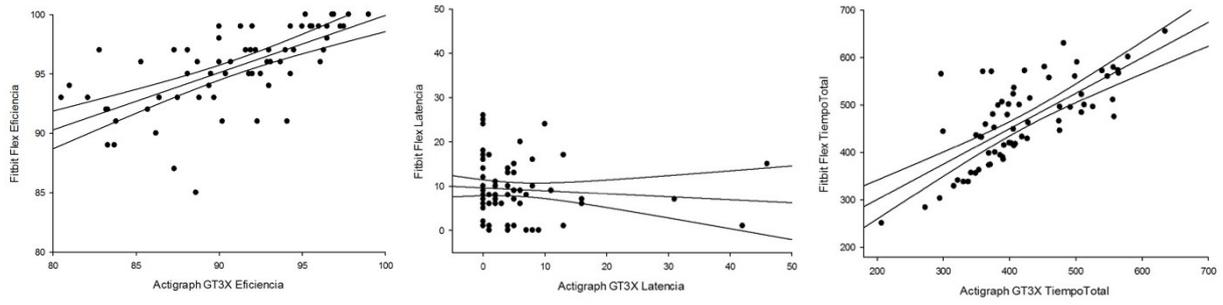
Se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en todas las variables que determinan la calidad del sueño (eficiencia, latencia y tiempo total) entre el registro realizado con FF y AGT3X (Tabla 1).

Tabla 6. Diferencias entre los monitores Fitbit Flex® y Actigraph GT3X®

	Fitbit Flex®	Actigraph GT3X®	Cohen's <i>d</i>
Eficiencia (%)	95.5 ± 3.4	90.9 ± 4.6 *	1.15 very large
Latencia (min)	9.1 ± 6.4	5.1 ± 8.5 *	0,54 medium
Tiempo total (min)	466.7 ± 87.5	422.1 ± 85.1 *	0,52 medium

\* Diferencias significativas entre Fitbit Flex® y Actigraph GT3X® . \* =  $p < 0.05$

La ES ( $r = 0.658$ ,  $ICC = 0.770$ ,  $p < 0.05$  *large*) y el TTS ( $r = 0.727$ ,  $ICC = 0.841$ ,  $p < 0.05$  *very large*) mostraron una correlación significativa en los datos registrados con el FF y el AGT3X. No se obtuvo correlación significativa ( $r = 0.081$ ,  $ICC = 0.191$ ,  $p > 0.05$ ) en la LS entre ambos dispositivos (Figura 25).



---

Figura 25. Correlación entre FitBit Flex® y Actigraph GT3X® en el registro de la Eficiencia, Latencia y el Tiempo Total de Sueño.

Bland-Altman plots revela un buen acuerdo entre FF y AGT3X en la valoración de la Eficiencia y Latencia (Figura 26). Bland-Altman plots para el Tiempo Total muestra una gran desviación entre ambos dispositivos.

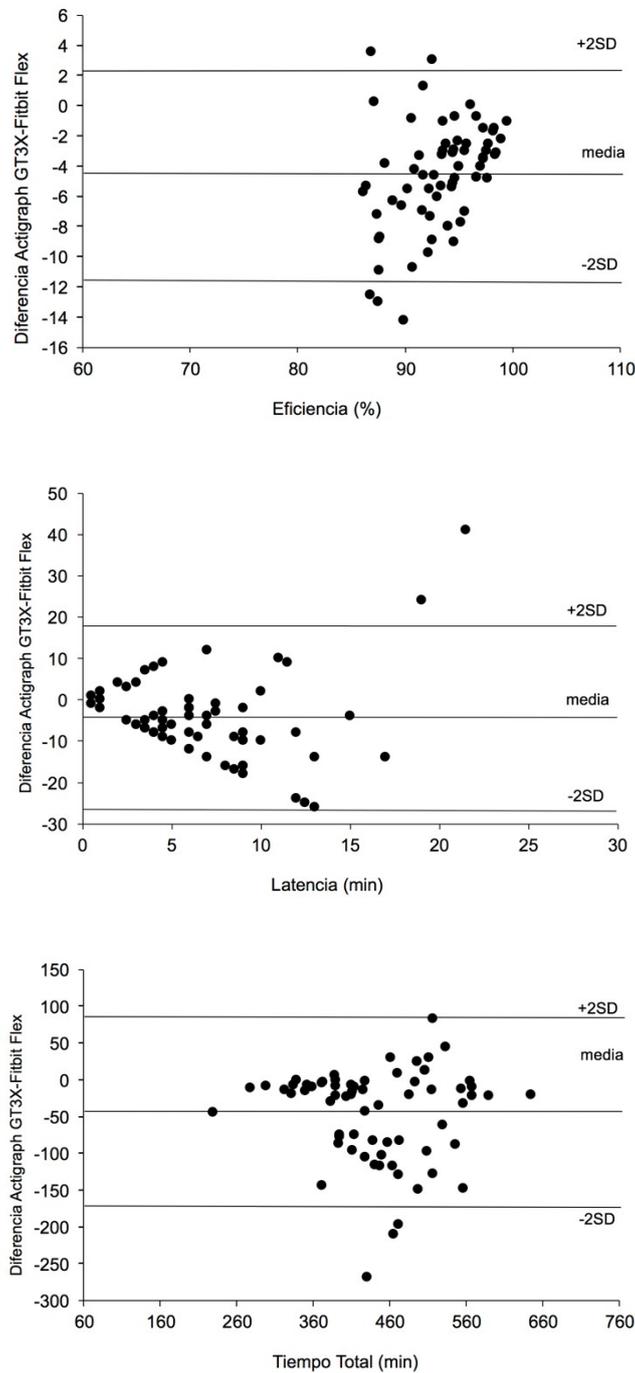


Figura 26. Bland-Altman plots mostrando el acuerdo entre Actigraph GT3X y Fitbit Flex en la Eficiencia del sueño, Latencia y Tiempo Total de sueño. Las líneas continuas de los extremos superior e inferior indican 2 desviaciones estándar por encima y por debajo de la media de las diferencias.

## Discusión

El objetivo principal de este estudio fue comparar el registro de la ES, la LS y el TTS, entre el FF y el AGT3X, considerado el *gold standard* en la valoración del sueño mediante actigrafía. Hasta la fecha, solo algunos estudios habían comparado el registro de FF con actigrafía y polisomnografía para la evaluación de la calidad del sueño (Mantua, Gravel, & Spencer, 2016; Kang et al., 2017), sin embargo, desde nuestro conocimiento, este es el primer estudio que compara FF con AGT3X. Los resultados parecen indicar que hay una correlación significativa entre AGT3X y FF en la evaluación de la ES ( $r = 0.658$ ) y el TTS ( $r = 0.727$ ) al igual que un alto grado de concordancia intraclass ( $ICC = 0.770$ ,  $ICC = 0.841$ ), y acuerdo en ambas variables respectivamente. La FF puede ser por tanto considerada como un instrumento estable para la evaluación de la calidad del sueño, sin que pueda sustituir a la actigrafía en el ámbito clínico o de la investigación. Los cuantificadores comerciales como la FF, gracias a su bajo coste, uso sencillo y ser poco invasivos, resultan un elemento de interés para cualquier deportista o institución deportiva que tenga necesidad de cuantificar y evaluar la calidad del sueño, ya sea por salud o por mejora y control del rendimiento deportivo. Por todo ello, este estudio resulta de interés para la mejora del control del deportista y su recuperación.

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas entre ambos dispositivos en el registro de la ES, LS y TTS. Estas diferencias pueden deberse, por un lado, a la falta de precisión de la FF en el registro, así como a la necesidad de activar y desactivar la pulsera para dar comienzo y detener los registros, con la correspondiente pérdida de datos que esto pueda originar (Baroni et al., 2016). Las diferencias en la LS y el TTS parecen indicar que el error pueda ser generado por la medición del tiempo despierto después de haberse acostado. A pesar de que la FF sobrestima la LS respecto al AGT3X, también sobrestima el TTS, lo que parece indicar que no detecta correctamente los despertares o el sueño ligero durante la noche. Estudios previos han mostrado resultados diferentes, obteniendo una mayor correlación en el TTS al compararlo con actigrafía (Actiwatch 2) ( $r = 0.937$ ) y polisomnografía (Embletta X100) ( $r = 0.974$ ) en sujetos sin trastornos del sueño (Kang et al., 2017). Si bien estas diferencias no afectan al resultado mostrado en la ES en el caso de la FF, esto puede ser debido a que se trata de una muestra sin trastornos del sueño. En caso de pacientes con insomnio u otras alteraciones, la ES podría verse más afectada.

Sin embargo, existen correlaciones moderadas-altas en las mediciones de ES y TTS entre FF y otros actigrafos (Mantua et al., 2016; Kang et al., 2017). Esto puede ser debido a que, a

pesar de las diferencias entre los resultados de ambos instrumentos, el error es constante y por tanto la FF es estable en las mediciones.

Los resultados de la prueba Bland-Altman muestran acuerdo entre FF y AGT3X en los resultados de ES y LS. La falta de acuerdo obtenido mediante la prueba de Bland-Altman en el caso del TTS puede ser debida a que la FF presenta diferencias en la sensibilidad de la medición, sobrestimando el tiempo despierto después de acostarse respecto a AGT3X, de acuerdo con los resultados de Kang et al., 2017, que describieron la falta de acuerdo entre FF y polisomnografía en el tiempo despierto después de quedarse dormido. Los resultados de acuerdo obtenidos mediante el Bland-Altman mejora los descritos para ES y TTS al comparar el primer modelo de Fitbit Inc., Fitbit®, al compararlos con el actígrafo ActiWatch-64 (Montgomery-Downs, Insana y Bond, 2012). Además, los resultados obtenidos mediante la prueba de Coeficiente de Correlación Intraclase, en las variables de ES y TTS concuerdan con los obtenidos en estudios previos al comparar el TTS con polisomnografía y actigrafía (Kang et al., 2017).

Estudios previos han señalado la pérdida de datos como un hándicap en el uso de esta tecnología, tanto en el modelo Fitbit One® ((Baroni et al., 2016, Lillehei, Halcón, Savik y Reis, 2015) como en FF (Baroni et al., 2016), destacando la importancia de utilizar instrumentos complementarios en función del tipo de investigación. Otros modelos de Fitbit®, han obtenido resultados similares en estudios recientes (Zambotti, Claudatos, Inkelis, Colrain & Baker, 2016), que resaltan la mejora en la precisión de la medición de los indicadores de calidad del sueño, habiendo sobreestimado tan solo 8 minutos en el TTS y 1,8% en la ES. Aun así, estos dispositivos aún no aportan suficiente información acerca de la calidad del sueño, no llegando a distinguir ni siquiera entre sueño ligero y profundo.

El desarrollo tecnológico no ha servido para que los algoritmos utilizados por este tipo de tecnología se abran al público (Kang et al., 2017), lo cual no ha facilitado la investigación en materia de validación. Al haber utilizado un solo modelo de dispositivo y versión de software para el análisis de los resultados de FF, cualquier cambio que se realice tanto de hardware como de software podría invalidar los resultados y conclusiones expuestos. El continuo desarrollo de los algoritmos y los instrumentos de medida nos hacen pensar que las evaluaciones van a poder llevarse a cabo de manera mucho más completa y eficiente en un futuro cercano.

## **Conclusión**

Este es el primer estudio que analiza la validez de la FF en el registro de la calidad del sueño analizando la correlación y concordancia con el AGT3X en el registro de la eficiencia, latencia y tiempo total de sueño. Los resultados obtenidos en cuanto a correlación, confiabilidad y acuerdo entre FF y AGT3X muestran que la FF es una herramienta complementaria estable para la valoración de la calidad del sueño sin fines diagnósticos en entornos domésticos y profesionales, pero no muestra una validez suficiente para sustituir al AGT3X en el registro de la calidad del sueño en investigación.

## **Limitaciones**

Este estudio se centra en la validación de la FF para el registro de los indicadores de la calidad del sueño, no obstante, en el estudio existen algunas limitaciones. El estudio ha utilizado una muestra reducida y heterogénea de participantes, lo cual puede limitar su poder estadístico y reproductibilidad.

El dispositivo FF requiere que el usuario inicialice el “modo sueño” lo cual puede afectar al registro de datos, situación que no ocurre con sistemas de registro permanente como el AGT3X.

La falta de bibliografía referente a la validación de este instrumento imposibilita compararlo con un mayor número de resultados, si bien este instrumento ya se había validado anteriormente en su función de cuenta pasos y estimación del gasto energético (Baroni et al., 2016; Lee et al., 2014; Mammen, Gardiner, Senthinathan et al., 2012), así como para la valoración de los indicadores de calidad del sueño comparándolo con la polisomnografía (Mantua et al., 2016); además de otros estudios que validaron dispositivos previos como la Fitbit One® (Takacs, Pollock, Guenther et al., 2014) para el recuento de pasos realizados, obteniendo errores menores al 1,3 %, así como la validación de la Fitbit Ultra®, sobre la cual también se encontraron diferencias respecto a la actigrafía y polisomnografía (Gusmer et al., 2014).

Estudios futuros deberán tener en cuenta estas limitaciones para usos diagnósticos e investigadores, a pesar de las cuales, este estudio piloto provee una evidencia sobre la utilidad, que no validez, del FF en la valoración e los indicadores de calidad del sueño.

## **Conflicto de interés**

Los autores confirman que este artículo no presenta conflicto de intereses.



## Referencias

Ancoli-Israel, S., Cole, R., Alessi, C., Chambers, M., Moorcroft, W., & Pollak, C. P. (2003). The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep*, 26(3), 342–392.

Baroni, A., Bruzzese, J-M, Di Bartolo, C.A., Shatkin, J.P. (2016) Fitbit Flex: an unreliable device for longitudinal sleep measures in a non-clinical population. *Sleep Breath* 20(2), 853–854. <http://doi.org/10.1007/s11325-015-1271-2>

Berger, A., Wielgus, K. K., Young-McCaughan, S., Fischer, P., Farr, L., & Lee, K. A. (2008). Methodological challenges when using actigraphy in research. *Journal of Pain Symptom Manage*, 36(2), 191–199. <http://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2007.10.008.META-AN>

Berntsen S, Hageberg R, Aandstad A, Mowinckel P, Anderssen SA, Carlsen KH, Andersen LB. (2010) Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. *British Journal of Sports Medicine*, 44(9), 657–664.

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 307–310.

Breslau, N., Roth, T., Rosenthal, L., & Andreski, P. (1996). Sleep disturbance and psychiatric disorders: A longitudinal epidemiological study of young adults. *Biological Psychiatry*, 39(6), 411–418. [http://doi.org/10.1016/0006-3223\(95\)00188-3](http://doi.org/10.1016/0006-3223(95)00188-3)

Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (1995). We are chronically sleep deprived. *Sleep*, 18(10), 908–911. <http://doi.org/10.3758/BF03333140>

Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (2003). Insomnia, metabolic rate and sleep restoration. *Journal of Internal Medicine*, 254(1), 23–31. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2003.01176.x>

Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument Psychiatric Practice and Research. *Methods*, 193–213.

Calabró, M., Lee, J.-M., Saint-Maurice, P. F., Yoo, H., & Welk, G. J. (2014). Validity of physical activity monitors for assessing lower intensity activity in adults. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11(1), 119. <http://doi.org/10.1186/s12966-014-0119-7>

Cellini N, Buman MP, McDevitt EA, Ricker AA, Mednick SC. (2013) Direct comparison of two actigraphy Devices with polysomnographically recorded naps in healthy young adults. *Chronobiology International*. 30(5): 691-8.

Chaput, J.-P., Després, J.-P., Bouchard, C., & Tremblay, A. (2007). Short sleep duration is associated with reduced leptin levels and increased adiposity: Results from the Quebec family study. *Obesity. Silver Spring Medicine*, 15(1), 253–261. <http://doi.org/10.1038/oby.2007.512>

Cicchetti, D.V. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessment*, 6(4) 284-290. <http://dx.doi.org/>

Cohen, J. (1992) A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19565683>

Cummiskey, J., Natsis, K., Papathanasiou, E., & Pigozzi, F. (2013). *Sleep and Athletic Performance*, 1(1), 13–22.

Davenne, D. (2009). Sleep of athletes – problems and possible solutions. *Biological Rhythm Research*, 40(1), 45–52. <http://doi.org/10.1080/09291010802067023>

Engle-Friedman, M. (2014). The effects of sleep loss on capacity and effort. *Sleep Science*, 7(4), 213–224. <http://doi.org/10.1016/j.slsci.2014.11.0010>

Fallis, A. (2013). The accuracy of various activity trackers in estimating steps taken and energy expenditure. *Journal of Fitness Research*, 3(3), 32-48.

Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and Athletic Performance: The Effects of Sleep Loss on Exercise Performance, and Physiological and Cognitive Responses to Exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161–186. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0260-0>

García-Mas, A., Aguado, F. J., Cuartero, J., Calabria, E., Jiménez, R., & Pérez, P. (2003). Sueño, descanso y rendimiento en jóvenes deportistas de competición. *Revista de Psicología del Deporte*, 12, 181–195.

Gusmer, R. J., Bosch, T. a., Watkins, a. N., Ostrem, J. D., & Dengel, D. R. (2014). Comparison of FitBit® Ultra to ActiGraph™ GT1M for Assessment of Physical Activity in Young Adults During Treadmill Walking. *The Open Sports Medicine Journal*, 8(1), 11–15. <http://doi.org/10.2174/1874387001408010011>

Grandner, M. A. (2017). Sleep and obesity risk in adults: possible mechanisms; contextual factors ; and implications for research , intervention , and policy. *Sleep Health: Journal of the National Sleep Foundation*, 3(5), 393-400 <http://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.07.014>

Halson, S. L. (2014). Sleep in Elite Athletes and Nutritional Interventions to Enhance Sleep. *Sports Medicine*, 44(S1), 13–23. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0147-0>

Hargens, T. a., Kaleth, A. S., Edwards, E. S., & Butner, K. L. (2013). Association between sleep disorders, obesity, and exercise: A review. *Nature and Science of Sleep*, 5, 27–35. <http://doi.org/10.2147/NSS.S34838>

Hopkins, WG. (2000) Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine* 30(1), 1-15.

Irish, L. A., Kline, C. E., Gunn, H. E., Buysse, D. J., & Hall, M. H. (2015). The role of sleep hygiene in promoting public health: A review of empirical evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 22, 23–36. <http://doi.org/10.1016/j.smrv.2014.10.001>

Jiménez-Correa, U., Haro, R., González-Robles, R. O., & Velázquez-Moctezuma, J. (2011). How is the Epworth Sleepiness Scale related with subjective sleep quality and

polysomnographic features in patients with sleep-disordered breathing? *Sleep and Breathing*, 15(3), 513–518. <http://doi.org/10.1007/s11325-010-0372-1>

Kang, S. G., Kang, J. M., Ko, K. P., Park, S. C., Mariani, S., & Weng, J. (2017). Validity of a commercial wearable sleep tracker in adult insomnia disorder patients and good sleepers. *Journal of Psychosomatic Research*, 97, 38–44. <http://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2017.03.009>

Kim, D. Y., Jung, Y. S., Park, R. W., & Joo, N. S. (2014). Different location of triaxial accelerometer and different energy expenditures. *Yonsei Medical Journal*, 55(4), 1145–1151. <http://doi.org/10.3349/ymj.2014.55.4.1145>

Knuston, K., & Van Cauter, E. (2008). Associations between sleep loss and increased risk of obesity and diabetes. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1129(1), 287–304. <http://doi.org/10.1196/annals.1417.033.Associations>

Kushida, C. a., Chang, a., Gadkary, C., Guilleminault, C., Carrillo, O., & Dement, W. C. (2001). Comparison of actigraphic, polysomnographic, and subjective assessment of sleep parameters in sleep-disordered patients. *Sleep Medicine*, 2(5), 389–396. [http://doi.org/10.1016/S1389-9457\(00\)00098-8](http://doi.org/10.1016/S1389-9457(00)00098-8)

Leatherwood, W. E., & Dragoo, J. L. (2013). Effect of airline travel on performance: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 47(9), 561–567. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091449>

Lee, J. M., Kim, Y., & Welk, G. J. (2014). Validity of consumer-based physical activity monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(9), 1840–1848. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000287>

Lillehei, A. S., Halcón, L. L., Savik, K., & Reis, R. (2015). Effect of Inhaled Lavender and Sleep Hygiene on Self-Reported Sleep Issues: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 21(7), 430–438. <http://doi.org/10.1089/acm.2014.0327>

Littner, M., Kushida, C. a, Anderson, W. M., Bailey, D., Berry, R. B., Davila, D. G., Johnson, S. F. (2003). Practice parameters for the role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms: an update for 2002. *Sleep*, 26(3), 337–341.

Mammen, G., Gardiner, S., Senthinathan, A., McClemont, L., Stone, M., & Faulkner G. (2012) Is this bit fit? Measuring the quality of the fitbit step-counter. *Health & Fitness Journal of Canada*, 5(4),30-9.

Man, G. C. W., & Kang, B. V. (1995). Validation of a portable sleep apnea monitoring device. *Chest*, 108(2), 388–393. <http://doi.org/10.1378/chest.108.2.388>

Mantua, J., Gravel, N., & Spencer, R. (2016). Reliability of Sleep Measures from Four Personal Health Monitoring Devices Compared to Research-Based Actigraphy and Polysomnography. *Sensors*, 16(5), 646. <http://doi.org/10.3390/s16050646>

Meltzer LJ, Hiruma LS, Avis K, Montgomery-Downs H, Valentin J. (2015). Comparison of a commercial accelerometer with polysomnography and actigraphy in children and adolescents. *Sleep*, 38(8), 1323-1330.

Meltzer, L. J., Montgomery-Downs, H. E., Insana, S. P., & Walsh, C. M. (2012). Use of actigraphy for assessment in pediatric sleep research. *Sleep medicine reviews*, 16(5), 463-475. <http://doi.org/10.1016/j.smr.2011.10.002>

Paavonen, E. J., Fjällberg, M., Steenari, M.-R., & Aronen, E. T. (2002). Actigraph placement and sleep estimation in children. *Sleep*, 25(2), 235–237. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11902433>

Parish, J. M. (2009). Sleep-related problems in common medical conditions. *Chest*, 135(2), 563–572. <http://doi.org/10.1378/chest.08-0934>

Rae, D. E., Chin, T., Dikgomo, K., Hill, L., Mckune, A. J., Kohn, T. A., & Roden, L. C. (2017). One night of partial sleep deprivation impairs recovery from a single exercise training session. *European Journal of Applied Physiology*, 117(4), 699-712. <http://doi.org/10.1007/s00421-017-3565-5>.

Ruiz Pacheco, C. (2007). Revisión de los diversos métodos de evaluación del trastorno de insomnio. *Anales de Psicología*, 23(1), 109–117. <http://doi.org/10.6018/23131>

Sadeh, A., & Acebo, C. (2002). The role of actigraphy in sleep medicine. *Sleep Medicine Reviews*, 6(2), 113–124. <http://doi.org/10.1053/smr.2001.0182>

Samuels, C., James, L., Lawson, D., & Meeuwisse, W. (2015). The Athlete Sleep Screening Questionnaire : a new tool for assessing and managing sleep in elite athletes. *British Journal of Sport Medicine* 50(7), 418-422 <http://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094332>

Shapiro, C. M., Catterall, J., Warren, P., Oswald, I., Trinder, J., Paxton, S., & East, B. W. (1987). Lean body mass and non-rapid eye movement sleep. *British Medical Journal (Clinical Research Ed.)*, 294(6563), 22.

Sheskin DJ. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. 5th ed. Chapman & Hall / CRC Press, Boca Raton, FL, 2011.

Takacs, J., Pollock, C. L., Guenther, J. R., Bahar, M., Napier, C., & Hunt, M. A. (2014). Validation of the Fitbit One activity monitor device during treadmill walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 496–500. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.10.241>

Tanita Corporation - Japan. (2002). Body Composition Analyzer BC-418 Instruction Manual.

Thompson WR. Worldwide survey of fitness trends for 2016: 10th Anniversary Edition. (2015) *ACSM's Health Fitness Journal*. 19(6),9-18.

Toon, E., Davey, M. J., Hollis, S. L., Nixon, G. M., Horne, R. S. C., & Biggs, S. N. (2016). Comparison of commercial wrist-based and smartphone accelerometers, actigraphy, and PSG in a clinical cohort of children and adolescents. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 12(3), 343–350. <http://doi.org/10.5664/jcs.5580>

Waterhouse, J., Edwards, B., Nevill, a, Atkinson, G., Reilly, T., Davies, P., & Godfrey, R. (2000). Do subjective symptoms predict our perception of jet-lag? *Ergonomics*, 43(10), 1514–27. <http://doi.org/10.1080/001401300750003943>

Wang, J. (2015) A Wearable Sensor (Fitbit One) and Text-Messaging to Promote Physical Activity and Participants' Level of Engagement (A Randomized Controlled Feasibility Trial). PhD Proposal. University of California.

Welk, G. J., Blair, S. N., Wood, K., Jones, S., & Thompson, R. W. (2000). A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine Science Sports Exercise*, 32(9), S489–S497. <http://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00008>

Wirth, M. D., Hébert, J. R., Hand, G. A., Youngstedt, S. D., Hurley MS, T. G., Shook, R. P., Blair, S. N. (2015). Association between actigraphic sleep metrics and body composition. *Annals of Epidemiology*, 25(10), 773-778. <http://doi.org/10.1016/j.annepidem.2015.05.001>

Youngstedt, S. D. (2005). Effects of exercise on sleep. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 355–365. <http://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.003>

Zambotti, M. de, Claudatos, S., Inkelis, S., Colrain, I. M., & Baker, F. C. (2015). Barriers to clinical trial enrollment in racial and ethnic minority patients with cancer. *Chronobiology International*, 32(7), 1024–1028. <http://doi.org/10.3109/07420528.2015.1054395>



## **5. CONCLUSIONES**



### **PRIMERA:**

La literatura existente indica que el sueño insuficiente o ineficaz puede afectar al rendimiento deportivo, por lo que las estrategias de recuperación, activación y sincronización circadiana encaminadas a una mayor síntesis de melatonina (como la exposición a luz roja), o bien ciertas dosis de melatonina exógena, son beneficiosas en mejorar su descanso, evitar los efectos nocivos de la fatiga sobre el sueño y reajustar su ritmo circadiano tras viajar en varios husos horarios. Cuanto mayor sea la concentración de melatonina en el momento de la práctica físico-deportiva, menor será su rendimiento deportivo; en cambio su administración previa a dormir mejora la calidad del sueño y el posterior rendimiento deportivo.

### **SEGUNDA:**

En jugadores de baloncesto en silla de ruedas que tienen entrenamiento vespertino, la carga de entrenamiento o el estrés competitivo no llega a inducir modificaciones en el comportamiento de los indicadores de calidad del sueño. Se hace necesario ampliar la duración de las mediciones y analizar diferentes intensidades o cargas de entrenamiento para corroborar estos resultados.

### **TERCERA:**

La abundancia de dispositivos *wearables* para cuantificar actividad físico-deportiva dirigidos principalmente a amateurs requieren de una validación tecnológica que garanticen su validez y fiabilidad a la hora de evaluar, entre otras variables, la calidad del sueño. El estudio ha contrastado la validez y fiabilidad de la pulsera Fitbit Flex® en la valoración de los indicadores de calidad del sueño sin fines diagnósticos, constatado así su aplicabilidad tanto en el ámbito de la salud como del rendimiento deportivo, si bien no llega a mostrar una validez suficiente para sustituir al Actigraph AGT3X (*gold standard*) en el ámbito investigador.



## **6. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS**



Ante el amplio número de variadas situaciones que pueden afectar de manera nociva al sueño del deportista en la Tabla X se plantean recomendaciones generales dirigidas a que el deportista o su equipo técnico pueda revisar como actuar en términos de prevención o de recuperación tras un periodo de baja calidad del sueño.

Tabla 7. Recomendaciones generales para mejorar la calidad del sueño en el deportista

Situación	Recomendaciones
Determinar los trastornos del sueño del deportista y sus causas en situaciones normales	Realizar evaluaciones mediante cuestionarios y/o instrumentos de actigrafía, para valorar así la calidad del sueño del deportista e interpretarla desde un trabajo multidisciplinar. En caso de no disponer instrumentos de actigrafía, algunos <i>wearables</i> han demostrado ser eficaces en esta tarea, sin que los resultados sean sustituibles.
Horarios nocturnos y agendas congestionadas	Aplicar una dieta baja en grasas y ligera en proteínas, intentando incluir hidratos de carbono para favorecer la asimilación de triptófano. Poner en práctica protocolos de recuperación post ejercicio que induzcan la producción de melatonina y reduzcan la activación simpática. Promover hábitos de sueño saludables tales como reducir el tiempo de uso de <i>smartphones</i> o <i>tablets</i> , o reducir el nivel de brillo de la pantalla. Reducir al mínimo la exposición al ruido, reducir la temperatura y oscurecer la habitación al máximo.
Viajes cortos y transmeridianos	Asegurar la hidratación durante todo el viaje y, en el caso de los viajes transmeridianos, adecuar el momento de la comida al horario del destino. Ante el riesgo del <i>jet lag</i> provocado por el viaje, utilizar la luz auxiliar en función del horario y las condiciones del destino para forzar la sincronización circadiana.
Entrenamiento o competición tras una noche con baja calidad del sueño	Tener en cuenta el posible aumento de prevalencia de lesiones ante la falta de sueño, reducir la intensidad de la carga especialmente cuando el contenido sea preponderantemente aeróbico y aplicar protocolos de prevención.
Somnolencia diruna	Permitir o fomentar que el deportista realice al menos una siesta de 30 minutos que finalice al menos una hora antes de la siguiente sesión de entrenamiento o competición.



## **7. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

A la hora de comenzar un trabajo preventivo de los trastornos del sueño en deportistas debe comenzarse por una evaluación de los trastornos del sueño, bien sea mediante cuestionarios o diarios del sueño o evaluaciones utilizando el material pertinente (actigrafía, nuevas tecnologías, polisomnografía, etc.). En el caso de los deportistas, existen además de los tradicionales cuestionarios del sueño como el Pittsburgh o el Watterhouse, instrumentos más específicos para la evaluación en esta clase de muestra, como es el caso del Athlete Sleep Screening Questionnaire (Samuels, 2015), aunque en ocasiones este tipo de instrumentos requiera de un especialista en evaluación psicométrica. La intervención debe atender a las necesidades fisiológicas y psicológicas del deportista, no solo tratando de reducir los efectos de las cargas de entrenamiento y la competición sobre su calidad del sueño, sino intentando de mejorar los valores de sus indicadores con el fin de lograr un mejor estado de salud y rendimiento. En el momento de plantear una estrategia de aplicación directa con el deportista, la literatura pone de manifiesto la necesidad de incluir materiales educativos, así como de tareas que logren aumentar la motivación por mejorar la higiene del sueño en el propio deportista y la enseñanza de estrategias cognitivas y comportamentales a través de un profesional en la materia (Bonnar, Bartel, Kakoschke, & Lang, 2018), incluyendo además a todo el staff técnico o a los padres en el caso de los deportistas menores (Halson, 2016).

Especial atención requiere la prevención de los trastornos del sueño que puedan aparecer en la noche previa a la competición. El tipo de entrenamiento puede provocar una activación simpática que, junto con el nivel de excitación atribuible a la percepción psicológica de la competición por parte del deportista, pueden provocar que el descanso previo a la competición no sea lo suficientemente bueno o que incluso llegue a provocar un descenso en el rendimiento durante el día siguiente.

Igualmente, los desplazamientos previos a la competición pueden generar en los deportistas desajustes del ritmo circadiano, el encargado de mantener el equilibrio sueño-vigilia. Los viajes en varios usos horarios pueden provocar desajustes en el ritmo biológico del deportista que deben ser previstos de cara a minimizar el perjuicio sobre el rendimiento competitivo. Para ello, los protocolos facilitadores de la síntesis de melatonina, así como el consumo exógeno de la misma, pueden ser utilizados con carácter preventivo en la medida en que muchos de ellos ya han demostrado su eficacia en la literatura.





## 8. REFERENCIAS



- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003) Heart rate monitoring: applications and limitations. [Review]. *Sports Med*, 33(7), 517-538.
- Åkerstedt, T., & Nilsson, P. M. (2003). Sleep as restitution: An introduction. *Journal Intern Med*, 254(1), 6–12. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2003.01195.x>
- Alluisi, E.A. & Chilles, W.D. (1970) Sustained performance, work-rest scheduling, and diurnal rhythms in man. *Acta Psychol*, 27:436-442.
- Alonso Álvarez, M.L., González, S., Sedano J., Terán J., Villar J.R., Ordax Carbajo E., & Coma Corral, M.J. (2014) Hybrid systems for analyzing the movements during a temporary breath inability episode. In *Hybrid Artificial Intelligence Systems*.8480:549 - 560. doi: 10.1007/978-3-319- 07617-1\_48.
- American Academy of Sleep Medicine. (2005) *The International Classification of Sleep Disorders: Diagnostic and Coding Manual*. 2nd ed. Westchester, IL: American Academy of Sleep Medicine.
- Ancoli-Israel, S., Cole, R., Alessi, C., Chambers, M., Moorcroft, W., & Pollak, C. P. (2003). The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep*, 26(3):342–392.
- Angeles-Castellanos, M., Amaya, J.M., Salgado-Delgado R, Buijjs, R.M., & Escobar, C. (2011) Scheduled food hastens re-entrainment more than melatonin does after a 6-h phase advance of the light-dark cycle in rats. *J Biol Rhythms*, 26, 324–34.
- Anglem, N., Lucas, S. J. E., Rose, E. A., & Cotter, J. D. (2008). Mood, illness and injury responses and recovery with adventure racing. *Wilderness Environ Med*, 19(1), 30–38. <http://doi.org/10.1580/07-WEME-OR-091.1>
- Arnedt, J.T., Conroy, D., Rutt, J., Aloia, M.S., Brower, K.J., Armitage, R. (2007) An open trial of cognitive-behavioural trainmen for insomnia combed with alcohol dependence. *Sleep Med*, 8(2), 176-180.
- Arnedt, J. T., Rohsenow, D. J., Almeida, A. B., Hunt, S. K., Gokhale, M., Gottlieb, D. J., & Howland, J. (2011) Sleep following alcohol intoxication in healthy, young adults: Effects

of sex and family history of alcoholism. *Alcohol Clin Exp Res*, 35(5), 870-878.

Astrand, P. O., & Ryhming, I. (1954) A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *J Appl Physiol*, 7(2), 218-221.

Aserinsky, E., & Kleitman, N.(1953) Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science*, 118(3062):273-4.

Aserinsky, E., & Kleitman, N.(1953) Two types of ocular motility occurring in sleep. *J Appl Physiol*, 8, 1-10.

Aserinsky, E., & Kleitman, N. (1973). Regularly occurring periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep. *Science*, 118, 273–274.

Atkinson, G., & Reilly, T. (1996) Circadian variation in sports performance. *Sports Med*, 21:292–312.

Babin, L., Lee, S., Halko, S., Boudreau, A.C., & George, C.F.P. (1997). Determining sleep-wake activity using Actiwatch1. *Sleep Res*, 26, 640.

Balsalobre A, Brown SA, Marcacci L, Tronche F, Kellendonk C, Reichardt, H.M., Schültz, G., & Schibler, U. (2000) Resetting of circadian time in peripheral tissues by glucocorticoid signaling. *Science*, 289(5488), 2344–2347.

Bandodkar, A.J., & Wang, J. (2014) Non-invasive wearable electrochemical sensors : a review. *Trends Biotechnol*, 32(7), 363–371. <http://doi.org/10.1016/j.tibtech.2014.04.005>

Bass, J., & Takahashi, J.S. (2010) Circadian integration of metabolism and energetics. *Science*, 330(6009), 1349-1354. <http://10.1126/science.1195027>.

Bassett, D. R., Jr., Rowlands, A., & Trost, S. G. (2012) Calibration and validation of wearable monitors. *Med Sci Sports Exerc*, 44(Suppl 1), s32-38. <http://doi:10.1249/MSS.0b013e3182399cf7>

- Berntsen, S., Hageberg, R., Aandstad, A., Mowinckel, P., Anderssen, S.A., Carlsen, K.H., & Andersen, L.B. (2010) Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. *Br J Sports Med*, 44(9):657-664. <http://doi:10.1136/bjism.2008.048868>
- Belenky, G., Wesensten, N.J., Thorne, D.R., Thomas, M.L., Sing, H.C., Redmond, D.P., Russo, M.B., & Balkin, T. J. (2003). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: A sleep dose-response study. *J Sleep Res*, 12(1), 1–12. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2003.00337.x>
- Bendsen, N.T., Christensen, R., Bartels, E. M., Kok, F.J., Sierksma, A., Raben, A., & Astrup, A. (2013). Is beer consumption related to measures of abdominal and general obesity? A systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev*, 71(2), 67–87. <http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00548.x>
- Benjamin, L.T. Jr, Hopkins, J.R., & Nation, J.R. (1994) *Psychology*, 3rd edition. New York: Macmillan College Publishing Co.
- Bhambhani, Y. (2002) Physiology of wheelchair racing in athletes with spinal cord injury. *Sports Med*, 32(1), 23-51.
- Birzniece, V., Nelson, A.E., & Ho, K.K. (2011) Growth hormone and physical performance. *Trends Endocrinol Metab*, 22(5), 171-178. <http://doi:10.1016/j.tem.2011.02.005>
- Bliwise, D.L., King, A. C., Harris, R. B. & Haskell, W.L. (1992) Prevalence of self-reported poor sleep in a healthy population aged 50–65. *Soc Sci Med*, 34:49–55.
- Bonnar, D., Bartel, K., Kakoschke, N., & Lang, C. (2018). Sleep Interventions Designed to Improve Athletic Performance and Recovery: A Systematic Review of Current Approaches. *Sports Med*, 48(3), 683–703. <http://doi.org/10.1007/s40279-017-0832-x>
- Bornstein, D.B., Beets, M.W., Byun, W., Welk, G., Bottai, M., Dowda, M., & Pate, R. (2011) Equating accelerometer estimates of moderate-to-vigorous physical activity: in search of the Rosetta Stone. *J Sci Med Sport*, 14(5), 404-410. <http://doi:10.1016/j.jsams.2011.03.013>.

- Boushel, R., Langberg, H., Olesen, J., Gonzales-Alonzo, J., Bulow, J., & Kjaer, M. (2001) Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scand J Med Sci Sports*, 11(4), 213-222.
- Boushel, R., & Piantadosi, C. A. (2000) Near-infrared spectroscopy for monitoring muscle oxygenation. *Acta Physiol Scand*, 168(4), 615-622. [http://doi: 10.1046/j.1365-201x.2000.00713.x](http://doi:10.1046/j.1365-201x.2000.00713.x)
- Boden, G., Ruiz J., Urbain, J.L., & Chen, X. (1996) Evidence for a circadian rhythm of insulin secretion. *Am J Physiol*, 271(2 pt 1): E246–252.
- Bonomi, A.G., Plasqui, G., Goris, A.H.C., & Westerterp, K. R. (2009) Improving assessment of daily energy expenditure by identifying types of physical activity with a single accelerometer. *J Appl Physiol*, 107(3), 655–661. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.00150.2009>
- Bonomi, A. G., Plasqui, G., Goris, A. H. C., & Westerterp, K. R. (2010) Estimation of free-living energy expenditure using a novel activity monitor designed to minimize obtrusiveness. *Obesity*, 18(9), 1845–1851. <http://doi.org/10.1038/oby.2010.34>
- Brand, S., Beck, J., Gerber, M., Hatzinger, M., & Holsboer-Trachsler, E. (2009) "Football is good for your sleep": favorable sleep patterns and psychological functioning of adolescent male intense football players compared to controls. *J Health Psychol*, 14(8), 1144–1155. <https://doi.org/10.1177/1359105309342602>.
- Brown, F.M., Neft, E.E., & LaJambe, C.M. (2008) Collegiate rowing crew performance varies by morningness-eveningness. *J Strength Cond Res*, 22(6), 1894-1900. <http://doi:10.1519/JSC.0b013e318187534c>
- Budgett, R. (1998) Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *Br J Sports Med*, 32(2):107-10.
- Bullock, N., Martin, D.T., Ross, A., Rosemond, D., & Marino, F.E. (2007) Effect of long haul travel on maximal sprint performance and diurnal variations in elite skeleton athletes.

*Br J Sports Med*, 41(9), 569–573.

Buysse, D.J., Reynolds, C.F., Monk, T.H., Berman, S.R., & Kupfer, D.J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument Psychiatric Practice and Research. *Psychiatry Res*, 28, 193–213.

Calabro, M.A., Lee, J.M., Saint-Maurice, P.F., Yoo, H., & Welk, G.J. (2014) Validity of physical activity monitors for assessing lower intensity activity in adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 11, 119. doi: 10.1186/s12966-014-0119-7

Calder, A. (2002) Recovery strategies for sports performance. *Olympic Coach*, 15(3), 8–11.

Calleja-gonzález, J., Mielgo-ayuso, J., Sampaio, J., Delextrat, A., Ostojic, S. M., Marques-jiménez, D., Arratibel, I., Sánchez-Ureña, B., Dupont, G., Schelling, X., & Terrados, N. (2018). Brief ideas about evidence-based recovery in team sports. *J Exer Rehabil*, 14(4):545–550. <http://doi.org/10.12965/jer.1836244.122>

Cappuccio, F. P., D'Elia, L., Strazzullo, P., & Miller, M. A. (2010). Sleep duration and all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep*, 33(5), 585–592. <http://doi.org/10.1093/sleep/33.5.585>

Carlson, N.R. (1994) *Physiology of behavior*, 5th edition. Boston: Allyn & Bacon.

Carskadon, M.A., & Dement WC. (1981) Cumulative effects of sleep restriction on daytime sleepiness. *Psychophysiol*, 18, 107–113.

Carskadon, M.A., & Dement, W.C. (1982) Nocturnal determinants of daytime sleepiness. *Sleep*, 5(Suppl. 1): S73–S81.

Casillas, J., Cordón, O., del Jesus, M.J., & Herrera, F. (2001) Genetic feature selection in a fuzzy rule-based classification system learning process. *Info Sci*, 136(1-4), 135 -157.

Cellini, N., Buman, M.P., Mcdevitt, E.A., Ricker, A.A., & Mednick, S.C. (2013). Direct comparison of two actigraphy devices with polysomnographically recorded naps in healthy young adults. *Chronobiol Inter*, 30(5), 691–698.

<http://doi.org/10.3109/07420528.2013.782312>

Cè, E., Limonta, E., Maggioni, M.A., Rampichini, S., Veicsteinas, A., & Esposito, F. (2013) Stretching and deep and superficial massage do not influence blood lactate levels after heavy-intensity cycle exercise. *J Sports Sci*, 31(8), 856–66. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.753158>

Chaput, J-P., Després, J-P., Bouchard, C., & Tremblay, A. (2011). the Association Between Short Sleep Duration and Weight Gain Is Dependent on Disinhibited Eating Behavior in Adults. *Sleep Med*, 12(Sup 1), s13. [http://doi.org/10.1016/S1389-9457\(11\)70046-6](http://doi.org/10.1016/S1389-9457(11)70046-6)

Chaput, J.P., Leblanc, C., Pérusse, L., Després, J. P., Bouchard, C., & Tremblay, A. (2009). Risk factors for adult overweight and obesity in the quebec family study: Have we been barking up the wrong tree. *Obesity*, 17(10), 1964–1970. <http://doi.org/10.1038/oby.2009.116>

Chen, L., Özsu, M.T., & Oria, V. (2005) Robust and fast similarity search for moving object trajectories. In Proceedings of the 2005 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, SIGMOD '05, pages 491 -502, New York, NY, USA, 2005. ACM. ISBN 1-59593-060-4. <http://doi: 10.1145/1066157.1066213>.

Chen, S.K., Badea, T.C., Hattar, S. (2011) Photoentrainment and pupillary light reflex are mediated by distinct populations of ipRGCs. *Nature*, 476(7358), 92–95. <http://doi: 10.1038/nature10206>.

Chiodo, A.E., Sitrin, R.G., & Bauman, K.A. (2016) Sleep disordered breathing in spinal cord injury: A systematic review. *J Spinal Cord Med*, 39(4), 374-82. <http://doi: 10.1080/10790268.2015.1126449>.

Cirelli, C., & Tononi, G. (2008) Is Sleep Essential? *PLoS Biol*, 6(8):e216.

Collado, P., Guillamón, A., Ortiz-Caro, J., Claro, F., Rodríguez, M., Pinos, H., & Carrillo, B. (2017) *Psicología Fisiológica*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. ISBN13. 9788436272093

- Copeland, J.L., Esliger, D.W. (2009) Accelerometer assessment of physical activity in active, healthy older adults. *J Aging Phys Act*, 17(1), 17-30.
- Corder, K., Brage, S., Mattocks, C., Ness, A., Riddoch, C., Wareham, N. J., & Ekelund, U. (2007) Comparison of two methods to assess PAEE during six activities in children. *Med Sci Sports Exerc*, 39(12):2180-2188. <http://doi:10.1249/mss.0b013e318150dff8>
- Cortis, C., Tessitore, A., Meeusen, R., Capranica, L., Sciences, S., & Brussel, V.U. (2010). Effects of Post-Exercise Recovery Interventions on Physiological , Psychological , and Performance Parameters. *Int J Sport Med*, 31(5), 327–335. <http://doi:10.1055/s-0030-1248242>
- Costes, F., Denis, C., Roche, F., Prieur, F., Enjolras, F., & Barthelemy, J.C. (1999) Age-associated alteration of muscle oxygenation measured by near infrared spectroscopy during exercise. *Arch Physiol Biochem*, 107(2), 159-167. <http://doi:10.1076/apab.107.2.159.4343>
- Coste, O., Lagarde, D. (2009) Clinical management of jet lag: what can be proposed when performance is critical? *Travel Med Infect Dis*, 7(2), 82-87.
- Coyle, E.F., & Gonzalez-Alonso, J. (2001). Cardiovascular drift during prolonged exercise: new perspectives. [Review]. *Exerc Sport Sci Rev*, 29(2), 88-92.
- Crouter, S.E., Churilla, J.R., & Bassett, D.R.Jr. (2008) Accuracy of the Actiheart for the assessment of energy expenditure in adults. *Eur J Clin Nutr*, 62(6), 704-711. <http://doi:10.1038/sj.ejcn.1602766>
- Crowther, F., Sealey, R., Crowe, M., Edwards, A., & Halson, S. (2017) Influence of recovery strategies upon performance and perceptions following fatiguing exercise: a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s13102-017-0087-8>.
- Custodio, V., Herrera, F.J., López, G., & Moreno, J.I. (2012) A review on architectures and communications technologies for wearable health-monitoring systems. *Sensors*,

12(10), 13907-13946. <http://doi.org/10.3390/s121013907>

Czeisler, C.A., Brown, E., Ronda, J., Kronauer, R., Richardson, G., & Freitag, W. (1985). A clinical method to assess the endogenous circadian phase (ECP) of the deep circadian oscillator in man. *Sleep Res*, 14, 295.

Czeisler, C.A., & Brown, E.M. (1999) Commentary: models of the effect of light on the human circadian system: current state of the art. *J Biol Rhythms*, 14(6):539–43.

Czeisler, C.A., & Klerman, E.B. (1999) Circadian and sleep-dependent regulation of hormone release in humans. *Recent Prog Horm Res*, 54, 97–132.

Davies, C.T. (1968) Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *Journal of Applied Physiology*, 24(5), 700-706.

Daan, S., Beersma, D.G.M, & Borbely, A.A. (1984) Timing of human sleep: Recovery process gated by a circadian pacemaker. *Am J Physiol*, 246, R161–R178.

Daniele, T.M.D.C., De Bruin, V.M.S., Forte, A.C., de Oliveira, D.S.N., Pompeu, C. M.R., & de Bruin, P.F.C. (2013). The relationship between physical activity, restless legs syndrome, and health-related quality of life in type 2 diabetes. *Endocrine*, 44(1), 125–131. <http://doi.org/10.1007/s12020-012-9841-6>

Dannecker, K.L., Sazonova, N.A., Melanson, E.L., Sazonov, E.S., & Browning, R.C. (2013). A comparison of energy expenditure estimation of several physical activity monitors. *Med Sci Sports Exe*, 45(11), 2105–2112. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318299d2eb>

Dattilo, M., Antunes, H.K.M., Medeiros, A., Mônico Neto, M., Souza, H.S., Tufik, S., & De Mello, M.T. (2011). Sleep and muscle recovery: Endocrinological and molecular basis for a new and promising hypothesis. *Med Hypotheses*, 77(2), 20–222. <http://doi.org/10.1016/j.mehy.2011.04.017>

Davis, S., & Mirick, D.K. (2006) Circadian disruption, shift work and the risk of cancer: a

summary of the evidence and studies in Seattle. *Cancer Causes Control*, 17, 339–345.

Dawson, B., Cow, S., Modra, S., Bishop, D., & Stewart, G. (2005) Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours. *J Sci Med Sport*, 8(2), 210–221. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(05\)80012-X](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(05)80012-X).

de Gennaro, L., Marzano, C., Fratello, F., Moroni, F., Pellicciari, M.C., Ferlazzo, F., Costa, S., Couyoumdjian, A., Curcio, G., Sforza, E., Malafosse, A., Finelli, L.A., Pasqualetti, P., Ferrara, M., Bertini, M., & Rossini, P.M. (2008). The electroencephalographic fingerprint of sleep is genetically determined: A twin study. *Ann Neurol*, 64(4), 455–460. <http://doi.org/10.1002/ana.21434>

Dement, W.C. (2003). Knocking on Kleitman's door: the view from 50 years later. *Sleep Med Rev*, 7(4), 289–292. <http://doi.org/10.1053/smr.2003.0279>

de Mello, M.T., Natal C.L., Cunha J.M., Tufik, S. (1995) Epidemiologia do padrão de sono em adultos desportistas portadores de lesão medular. *Rev Port Med Desp*; 13, 89–100.

de Mello, M.T., Esteves, A.M., & Tufik, S. (2004) Comparison between dopaminergic agents and physical exercise as treatment for periodic limb movements in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 42, 218–221.

de Queiroz, S.S., Silva, A., Winckler, C., Vital, R., Peterson, R., Tufik, S., & de Mello, M.T. (2009). 015 Evaluation of the Quality of Sleep and Chronotype of Brazilian Athletes: Paralympic Games in Beijing 2008. *Sleep Med*, 10(Supp 2), S4–S5. [http://doi.org/10.1016/S1389-9457\(09\)70017-6](http://doi.org/10.1016/S1389-9457(09)70017-6)

de Zambotti, M., Godino, J. G., Baker, F. C., Cheung, J., Patrick, K., & Colrain, I. M. (2016). The Boom in Wearable Technology: Cause for Alarm or Just What is Needed to Better Understand Sleep? *Sleep*, 39(9), 1761–1762. <http://doi.org/10.5665/sleep.6108>

di Clemente, C.C., Marinilli, A.S., Singh, M., & Bellino, L.E. (2001) The role of feedback in the process of health behavior change. *Am J Health Behav*, 25(3), 217–227.

- Do, M.T., Yau, K.W. (2010) Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells. *Physiol Rev*, 90(4), 1547-1581. <http://doi:10.1152/physrev.00013.2010>
- Dodd, A.N., Salathia, N., Hall, A., Kevei, E., Toth, R., Nagy, F., Hibberd, J.M., Millar, A.J., Webb, A.A. (2005) Plant circadian clocks increase photosynthesis, growth, survival, and competitive advantage. *Science*, 309(5734):630–633.
- Driver, H.S., & Taylor, S.R. (2000) Exercise and sleep. *Sleep Med Rev*, 4(4), 387–402.
- Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., & Reilly, T. (2005). Circadian rhythms in sports performance - An update. *Chronobiol Int*, 22(1), 21–44. <http://doi.org/10.1081/CBI-200041039>
- Duffield, R., Murphy, A., Kellett, A., Reid, M. (2014) Recovery from repeated on- court tennis sessions: combining cold-water immersion, compression, and sleep interventions. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(2), 273–282. <http://dx.doi.org/10.1123/IJSP.2012-0359>
- Duggan, K.A., Reynolds, C.A., Kern, M.L. & Friedman, H.S. (2014) Childhood Sleep Duration and Lifelong Mortality Risk. *Health Psychol*, 33(10), 1195-1203. <http://doi.10.1037/hea0000078>
- Duncan, M., Vandelanotte, C., Kolt, G.S., Rosenkranz, R.R., Caperchione, C.M., George, E.S., & Mummery, W.K. (2014) Effectiveness of a web- and mobile phone-based intervention to promote physical activity and healthy eating in middle-Aged males: Randomized controlled trial of the manup study. *J Med Internet Res*, 16(6):e136. <http://doi.org/10.2196/jmir.3107>
- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisløff, U. (2010) Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med*, 38(9), 1752–1758. <http://doi:10.1177/0363546510361236>
- Eagles, A., Mclellan, C., Hing, W., & Carloss, N., Lovell, D. (2014) Changes in sleep quantity and efficiency in professional rugby union players during home based training and match-play. *J Sports Med Phys Fitness*, 4:epub.

- Edwards, B., Waterhouse, J., Reilly, T. (2008) Circadian rhythms and their association with body temperature and time awake when performing a simple task with the dominant and non-dominant hand. *Chronobiol Int*, 25(1), 115-132. <http://doi.10.1080/07420520801921614>
- Esliger, D.W., & Tremblay, M.S. (2006) Technical reliability assessment of three accelerometer models in a mechanical setup. *Med Sci Exerc*, 38(12) 2173-2181.
- Erlacher, D., Ehrlenspiel, F., Adegbesan, O. A., & El-Din, H. G. (2011). Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *J Sports Sci*, 29(8):859–866. <http://doi.org/10.1080/02640414.2011.565782>
- Evans, J.M., Andrews, K.L., Chutka, D.S., Fleming, K.C., & Garness, S.L. (1995) Pressure ulcers: prevention and management. *Mayo Clin Proc*, 70(8), 789-799.
- Evenson, K.R., Goto, M.M., & Furberg, R.D. (2015) Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 12, 159.
- Ferguson, T., Rowlands, A.V., Olds, T., & Maher, C. (2015) The validity of consumer-level, activity monitors in healthy adults worn in free-living conditions: A cross-sectional study. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 12, 42. <http://doi:10.1186/s12966-015-0201-9>
- Ferrara, M., & de Gennaro, L. (2001) How much sleep do we need? *Sleep Medicine Reviews*, 5(2):155–179. <https://doi.org/10.1053/smr.2000.0138>
- Ferrari, M., Mottola, L., & Quaresima, V. (2004) Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy. [Review]. *Can J Appl Physiol*, 29(4), 463-487.
- Fernandes, R.M.F. (2006) O sono normal. *Rev Medicina-Ribeirão Preto*, 39, 157–168.
- Fietze, I., Strauch, J., Holzhausen, M., Glos, M., Theobald, C., Lehnkering, H., & Penzel, T. (2009). Sleep quality in professional ballet dancers. *Chronobiol Inter*, 26(6), 1249–1262. <http://doi.org/10.1080/07420520903221319>

- Flower, D.J., Irvine, D., & Folkard, S. (2003) Perception and predictability of travel fatigue after long-haul flights: a retrospective study. *Aviat Space Environ Med*, 74(2):173-179.
- Fornrdan, A., Lastella, M., Roach, G.D., Halson, S.L., & Sargent, C. (2012) Training Schedules in Elite Swimmers: No Time to Rest? Zhou X, Sargent C (Eds). Sleep of different populations. Australasian Chronobiology Society, Adelaide, Australia, pp.6-10.
- Fowler, P., Duffield, R., & Vaile, J. (2014). Effects of simulated domestic and international air travel on sleep, performance, and recovery for team sports. *Scandinavian J Med Sci Sports*, 25(3), 441–451. <http://doi:10.1111/sms.12227>
- Fowler, P. M., McCall, A., Jones, M., & Duffield, R. (2016) Effects of long- haul transmeridian travel on player preparedness: Case study of a national team at the 2014 FIFA World Cup. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <http://doi:10.1016/j.jsams.2016.08.021>
- Fruin, M. L., & Rankin, J. W. (2004) Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6):1063-1069.
- Fullagar, H.H.K., Duffield, R., Skorski, S., Coutts, A.J., Julian, R., & Meyer, T. (2015). Sleep and Recovery in Team Sport: Current Sleep-related Issues Facing Professional Team-sport Athletes . PubMed Commons. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(8), 950–957. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0565>
- Fullagar, H., Duffield, R., Skorski, S., White, D., Bloomfield, J., Kölling, S., & Meyer, T. (2015). Sleep, travel and recovery responses of national footballers during and following long-haul international air travel. *Inter J Sports Physiol Perform*, 11(1), 86-95. <http://10.1123/ijsp.2015-0012>
- Fullagar, H., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A., & Meyer, T. (2015) Sleep and athletic performance: The effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Med*, 45(2), 161–186. <http://doi:10.1007/s40279-014-0260-0>
- Fullagar, H. H., & Bartlett, J. D. (2016). Time to wake up: Individualising the approach to sleep promotion interventions. *Br J Sports Med*, 50(3), 143–144.

<http://doi:10.1136/bjsports-2015-095759>

Fullagar, H.H., Skorski, S., Duffield, R., Julian, R., Bartlett, J., & Meyer, T. (2016) Impaired sleep and recovery after night matches in elite football players. *J Sports Sci*, 34(14), 1333–1339. <http://doi:10.1080/02640414.2015.1135249>

Gallicchio, L., & Kalesan, B. (2009). Sleep duration and mortality: A systematic review and meta-analysis. *J Sleep Res*, 18(2), 148–158. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2008.00732.x>

Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I.M., Swain, D.P. (2011) Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exe*, 43(7), 1334–1359. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>.

Gerber M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Pühse U. (2010). Fitness and Exercise as Correlates of Sleep Complaints. *Med Sci Sports Exe*, 42(5), 893–901. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c0ea8c>

Gerz, E., Geraskin, D., Franke, J., Platen, P., Steimers, A., & Kohl- Bareis, M. (2013) Tissue oxygenation during exercise measured with NIRS: reproducibility and influence of wavelengths. *Adv Exp Med Biol*, 789, 171-177. [http://doi:10.1007/978-1-4614-7411-1\\_24](http://doi:10.1007/978-1-4614-7411-1_24)

Giacomozzi, C., Caselli, A., Macellari, V., Giurato, L., Lardieri, L., & Uccioli, L. (2002) Walking strategy in diabetic patients with peripheral neuropathy. *Diabetes Care*, 25(8), 1451-1457.

Gingst, V.P. (1970) Functional shifts in the human body upon travel to a place with a 3 hour time zone difference. *Teor Prakt Fiz Kul't*, 33, 39-40.

Giummarra, M.J., & Montenegro, M.C. (2007). Application of lactate amperometric sol-gel biosensor to sequential injection determination of L-lactate. *J Pharmaceutical Biomed Analysis*, 43, 1376-1381.

- González, S., Villar, J.R., Sedano, J., & Camelia Chira. (2013) A preliminary study on early diagnosis of illnesses based on activity disturbances. In Omatu, S., Neves, J., Corchado, J.M., De Paz, J.F., & Rodriguez, S., editors, *Distributed Computing and Artificial Intelligence*, 10th International Conference.
- Graeber, R.C. (1982) Alterations in performance following rapid transmeridian flight. *Rhythmic Aspects of Behavior*. Hillsdale, NJ: Erlbaun Associates. pp: 173-212.
- Grandner, M.A. (2017). Sleep and obesity risk in adults : possible mechanisms ; contextual factors ; and implications for research , intervention , and policy. *Sleep Health*, 3(5), 393-400. <http://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.07.014>
- Grant, P.M., Ryan, C.G., Tigbe, W.W., & Granat, M. H. (2006) The validation of a novel activity monitor in the measurement of posture and motion during everyday activities. *Br J Sports Med*, 40(12), 992-997. <http://doi:10.1136/bjism.2006.030262>
- Grassi, B., Quaresima, V., Marconi, C., Ferrari, M., & Cerretelli, P. (1999). Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. *J Appl Physiol*, 87(1), 348-355.
- Guazzi, M., Dickstein, K., Vicenzi, M., & Arena, R. (2009) Six-minute walk test and cardiopulmonary exercise testing in patients with chronic heart failure: a comparative analysis on clinical and prognostic insights. *Circ Heart Fail*, 2(6), 549-555. <http://doi:10.1161/CIRCHEARTFAILURE.109.881326>
- Guler, A.D., Ecker, J.L., Lall, G.S., Haq, S., Altimus CM, Liao HW, Barnard AR, Cahill H, Badea TC, Zhao H, Hankins MW, Berson DM, Lucas RJ, Yau KW, Hattar S. (2008) Melanopsin cells are the principal conduits for rod-cone input to non-image-forming vision. *Nature*, 453(7191), 102–105. <http://doi:10.1038/nature06829>
- Gupta, L., Morgan, K., & Gilchrist, S. (2017). Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review. *Sports Med*, 47(7), 1317–1333. <http://doi:10.1007/s40279-016-0650-6>
- Hague, J.F.E., Gilbert, S.S., Burgess, H. J., Ferguson, S. A., & Dawson, D. (2003). A

- sedentary day: Effects on subsequent sleep and body temperatures in trained athletes. *Physiol Behav*, 78(2), 261–267. [http://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)00975-7](http://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00975-7)
- Halson SL. (2008) Nutrition, sleep and recovery. *Eur J Sport Sci*, 8(2), 119–26. <https://doi.org/10.1080/17461390801954794>
- Halson, S.L. (2013) Sleep and the elite athlete. *Sports Sci*, 26(113),1–4.
- Halson, S.L. (2014). Sleep in Elite Athletes and Nutritional Interventions to Enhance Sleep. *Sports Med*, 44(Suppl 1),s13–23. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0147-0>
- Halson, S.L. (2016) Stealing sleep: is sport or society to blame? *Br J Sports Med*, 50(7):381. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094961>
- Hamaoka, T., Iwane, H., Shimomitsu, T., Katsumura, T., Murase, N., Nishio, S., & Chance, B. (1985) Noninvasive measures of oxidative metabolism on working human muscles by near-infrared spectroscopy. *J Appl Physiol*, 81(3), 1410-1417.
- Hargens, T.A., Kaleth, A.S., Edwards, E.S., & Butner, K.L. (2013). Association between sleep disorders, obesity, and exercise: A review. *Nature Sci Sleep*, 5, 27–35. <http://doi.org/10.2147/NSS.S34838>
- Hastings, M.H. (1991) Neuroendocrine rhythms. *Pharmacol Ther*, 50(1), 35–71
- Hastings, M.H., & Reddy, A.B., & Maywood, E.S. (2003) A clockwork web: circadian timing in brain and periphery, in health and disease. *Nat Rev Neurosci*, 4(8), 649– 661.
- Haus, E., & Smolensky, M. (2006) Biological clocks and shift work: circadian dysregulation and potential long-term effects. *Cancer Causes Control*, 17(4):489–500.
- Hauswirth, C., Louis, J., Aubry, A., Bonnet, G., Duffield, R., & Le Meur, Y. (2014) Evidence of disturbed sleep and increased illness in overreached endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 46(5), 1036–1045. <http://doi:10.1249/MSS.0000000000000177>

- Herring, S.A., Kibler, W.B., & Putukian, M. (2013) Team physician consensus statement: 2013 update. *Med Sci Sports Exerc*, 45(8), 1618-1622. <http://doi.10.1249/MSS.0b013e31829ba437>
- Herxheimer, A., & Waterhouse, J. The Prevention and Treatment of Jet Lag. *Br Med J*, 326(7384), 8 February 2003, pp. 296-97
- Hollands, K.L. (2010) Whole body coordination during turning while walking in stroke survivors. Ph.D. thesis, School of Health and Population Sciences. PhD thesis, University of Birmingham.
- Horne, J.A. (1988) *Why We Sleep: The Functions of Sleep in Humans and Other Mammals*. Oxford: Oxford University Press.
- Horne, J.A. (1991) Dimension to sleepiness. In: Monk H (ed) *Sleep, Sleepiness and Performance*. John Wiley & Sons: 169–196.
- Huber, R., Ghilardi, M.F., Massimini, M., & Tononi, G. (2004). Local sleep and learning. *Nature*, 430(6995), 78–81.
- Ichimura, S., Murase, N., Osada, T., Kime, R., Homma, T., Ueda, C., & Katsumura, T. (2006) Age and activity status affect muscle reoxygenation time after maximal cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 38(7), 1277-1281. <http://doi:10.1249/01.mss.0000227312.08599.f1>
- Instituto Nacional de Estadística (2013) Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares (TIC-H). Disponible en <http://www.ine.es/prensa/np803.pdf>
- International Classification of Sleep Disorders. (2005) *Diagnostic and coding manual*, 2nd ed. Westchester, IL: American Academy of Sleep Medicine.
- Jehue, R., Street, D., & Huizenga, R. (1993) Effect of time zone and game time on team performance: National Football League. *Med Sci Sports Exerc*, 25(1), 127–31.

- Johannsen, D. L., Calabro, M. A., Stewart, J., Franke, W., Rood, J. C., & Welk, G. J. (2010) Accuracy of armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2134-2140. <http://doi:10.1249/MSS.0b013e3181e0b3ff>
- Juliff, L.E., Halson, S.L., Peiffer, J.J. (2015) Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. *J Sci Med Sport*, 18(1), 13–18. <http://doi:10.1016/j.jsams.2014.02.007>
- Kalsbeek, A., Palm, I.F., La Fleur, S.E., Scheer, F.A., Perreau-Lenz, S., Ruiters, M., Kreier, F., Cailotto, C., & Buijs, R.M. (2006) SCN outputs and the hypothalamic balance of life. *J Biol Rhythms*, 21(6), 458–469.
- Katz, G., Durst, R., & Zislin, Y. (2001) Psychiatric aspects of jet lag: review and hypothesis. *Med Hypotheses*, 56(Suppl 1), 20–23.
- Katz, P., Margaretten, M., Trupin, L., Schmajuk, G., Yazdany, J., & Yelin, E. (2016). Role of Sleep Disturbance, Depression, Obesity, and Physical Inactivity in Fatigue in Rheumatoid Arthritis. *Arthritis Care & Research*, 68(1), 81–90. <http://doi.org/10.1002/acr.22577>
- Karantonis, D.M., Narayanan, M.R., Mathie, M., Lovell, N.G., & Celler, B.G. (2006) Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. *IEEE Transaction on Information Technology in Biomedicine*, 10 (1), 156 -167.
- Karasek, M., Lewiński, A. & Reiter, R. (2001). Melatonin: clinical significance and therapeutic applications. *Endokrynologia Polska*.
- Kelly, M.P., Barker, M. (2016) Why is changing health-related behaviour so difficult? *Public Health*, 136, 109–116. <http://doi:10.1016/j.puhe.2016.03.030>
- Kennaway, D. (2000) Circadian rhythms and sport. *Today's Life Sci*; 12, 28–32.

- Kennaway, D. (2010) Clock genes at the heart of depression. *J Psychopharmacol*, 24(Suppl 2), 5–14.
- Kitada, T., Machida, S., & Naito, H. (2015) Influence of muscle fibre composition on muscle oxygenation during maximal running. *BMJ Open Sport Exe Med*, 1(1), e000062. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000062>
- Kline, C.E., Ewing, G.B., Burch, J. B., Blair, S. N., Durstine, J.L., Davis, J.M., & Youngstedt, S.D. (2012). Exercise training improves selected aspects of daytime functioning in adults with obstructive sleep apnea. *J Clin Sleep Med*, 8(4), 357–365. <http://doi.org/10.5664/jcsm.2022>
- Kolla, B.P, Mansukhani, S., & Mansukhani, M.P. (2016) Consumer sleep tracking devices: a review of mechanisms, validity and utility. *Expert Rev Med Devices*, 13(5), 497–506. <http://doi:10.1586/17434440.2016.1171708>
- Kooiman, T.J., Dontje, M.L.; Sprenger, S.R.; Krijnen, W.P.; van der Schans, C.P.; de Groot, M. Reliability and validity of ten consumer activity trackers. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.*, 7, 24. <http://doi:10.1186/s13102-015-0018-5>
- Koslowsky, M., & Babkoff, H. (1992) Meta-analysis of the relationship between total sleep deprivation and performance. *Chronobiol Int*, 9(2), 132–136.
- Kosmadopoulos, A., Sargent, C., Darwent, D., Zhou, X., & Roach, G.D. (2014). Alternatives to polysomnography (PSG): A validation of wrist actigraphy and a partial-PSG system. *Behav Res Methods*, 46(4), 1032–1041. <http://doi.org/10.3758/s13428-013-0438-7>
- Kraemer, W.J., Hooper, D.R., Kupchak, B.R., Saenz, C., Brown, L.E., Vingren, J.L., Luk H.Y., DuPont, W.H., Szivak, T.K., Flanagan, S.D., Caldwell, L.K., Eklund D., Lee, E.C., Häkkinen, K., Volek, J.S., Fleck, S.J., Maresh, C.M. (2016) The effects of a roundtrip trans-american jet travel on physiological stress, neuromuscular performance, and recovery. *J Appl Physiol*, 121(2), 438-48. <http://doi:10.1152/jappphysiol.00429.2016>
- Kripke, D.F., Simons, R.N., Garfinkel, L., & Hammond, E.C. (1979) Short and long sleep and

sleeping pills. Is increased mortality associated? *Arch Gen Psychiatry*, 36(1), 103-116.

Krueger, J.M., Obal, F.Jr., & Fang, J. (1999) Why we sleep: a theoretical view of sleep function. *Sleep Med Rev*, 3(2), 119–29. [https://doi.org/10.1016/S1087-0792\(99\)90019-9](https://doi.org/10.1016/S1087-0792(99)90019-9)

Krueger, J.M., Majde, J. A., & Rector, D. M. (2011). HHS Public Access. *Anal Chem*, 98, 229–240. <http://doi.org/10.1016/j.cogdev.2010.08.003>.

Krystal AD, Edinger JD. Measuring sleep quality. *Sleep Med*. 2008;9(S1):S10–S7.

Kubitz, K.A., Landers, D.M., Petruzzello, S.J., & Han, M. (1996) The effects of acute and chronic exercise on sleep. A meta-analytic review. *Sports Med*, 21(4), 277–291.

Kushida, C.A., Chang, A., Gadkary, C., Guilleminault, C., Carrillo, O., & Dement, W. (2001). Comparison of actigraphic, polysomnographic and subjective assessment in sleep-disordered patients. *Sleep Med*, 2, 389–396.

Lack, L.C., & Lushington, K. (1996). The rhythms of human sleep propensity and core body temperature. *J Sleep Res*. 5, 1–11.

Lamonte, M.J., & Ainsworth, B. E. (2001) Quantifying energy expenditure and physical activity in the context of dose response. *Med Sci Sports Exerc*, 33(6 Suppl), s370-378; discussion S419-320.

Landhuis, C.E., Poulton, R., Welch, D., & Hancox, R.J. (2008). Childhood Sleep Time and Long-Term Risk for Obesity: A 32-Year Prospective Birth Cohort Study. *Pediatrics*, 122(5), 955–960. <http://doi.org/10.1542/peds.2007-3521>

Lang, C., Brand, S., Feldmeth, A. K., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2013). Increased self-reported and objectively assessed physical activity predict sleep quality among adolescents. *Physiol Behav*, 120, 46–53. <http://doi:10.1016/j.physbeh.2013.07.001>

Lastella, M., Lovell, G.P., & Sargent, C. (2014) Athletes' precompetitive sleep behaviour and its relationship with subsequent precompetitive mood and performance. *Eur J Sport*

*Sci*, 14(Suppl 1), s123–S130.

Lastella, M., Roach, G., Halson, S.L., Martin, D.T., West, N.P., & Sargent, C. (2015) Sleep/wake behaviour of endurance cyclists before and during competition. *J Sports Sci*, 33(3), 293–299. <http://doi:10.1080/02640414.2014.942690>

Lastella, M., Roach, G., Halson, S.L., Sargent, C. (2015) Sleep/wake behaviours of elite athletes from individual and team sports. *Eur J Sport Sci*, 15(2), 94–100. <http://doi:10.1080/17461391.2014.932016>

Lavie, P. (1986) Ultrashort sleep-waking schedule. III. 'Gates' and 'forbidden zones' for sleep. *Electroencephalogr Clin Neurol*, 63(5), 414–425.

Leatherwood, W.E., & Dragoo, J.L. (2013) Effect of airline travel on performance: a review of the literature. *Br J Sports Med*, 47(9), 561–7. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091449>

Lee, S., Donehower, L.A., Herron, A.J., Moore, D.D., & Fu, L. (2010) Disrupting circadian homeostasis of sympathetic signaling promotes tumor development in mice. *PLoS One*, 5(6): e10995. <http://doi:10.1371/journal.pone.0010995>

Lee, J., & Finkelstein, J. (2015) Consumer sleep tracking devices: a critical review. *Stud Health Technol Inform*, 210:458–60.

Lee, J. M., Kim, Y., & Welk, G. J. (2014) Validity of consumer-based physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc*, 46(9), 1840-1848. <http://doi:10.1249/MSS.0000000000000287>

Leeder, J.D.C., Gardner, A.S., Foley, S., Someren, K.V., Pedlar, C.R. (2009) The Effect Of Jet Lag On Parameters Of Sleep In Elite Divers Quantified By Actigraphy.: 1573. *Med Sci Sports Exerc*, 41(Supplement 1):57-58. <http://doi:10.1249/01.MSS.0000354738.28757.87>

Leeder, J., Glaister, M., Pizzoferro, K., Dawson, J., & Pedlar, C. (2012). Sleep duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy. *J Sports Sci*, 30(6), 541–

545. <http://doi:10.1080/02640414.2012.660188>

Lemmer, B., Kern, R.I., Nold, G., & Lohrer, H. (2002) Jet lag in athletes after eastward and westward time-zone transition. *Chronobiol Int*, 19(4), 743-74.

Lesku, J.A., Roth li, T.C., Amlaner, C.J., & Lima, S.L. (2006). A phylogenetic analysis of sleep architecture in mammals: the intergration of anatomy, physiology, and ecology. *Am Nat*, 168(4), 441–413.

Li, R., Deurenberg, P., & Hautvast, J. G. A critical evaluation of heart rate monitoring to assess energy expenditure in individuals. *Am J Clin Nutr*, 58(5), 602-607.

Lin, J., Keogh, E., Lonardi, S., & Chiu, B. (2003) A symbolic representation of time series, with implications for streaming algorithms. In Proceedings of the 8th ACM SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and

Littner, M., Kushida, C.A., Anderson W.M., Bailey, D., Berry, R.B., Davila, D.G., Hirshkowitz M., Kapen, S., Kramer, M., Loubé, D., Wise, M., Johnson, S.F., & Standards of Practice Committee of the American Academy of Sleep Medicine (2003) Practice parameters for the role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms: an update for 2002. *Sleep*; 26(3), 337-41.

Loat, C.E., & Rhodes, E.C. (1989) Jet-lag and human performance. *Sports Med*, 8(4), 226–38.

Logan, R.W., Zhang, C., Murugan, S., O'Connell, S., Levitt, D., Rosenwasser, A.M., & Sarkar, D.K. (2012) Chronic shift-lag alters the circadian clock of NK cells and promotes lung cancer growth in rats. *J Immunol*, 188(6), 2583–91. <http://doi:10.4049/jimmunol.1102715>

Luke, A., Lazaro, R.M., Bergeron, M.F., Keyser, L., Benjamin, H., Brenner, J., d'Hemecourt, P., Grady, M., Philpott, J., & Smith, A. (2011) Sports-related injuries in youth athletes: is overscheduling a risk factor? *Clin J Sport Med*, 21(4):307–314. <http://doi:10.1097/JSM.0b013e3182218f71>

- Luke, A., Maki, K. C., Barkey, N., Cooper, R., & McGee, D. (1997) Simultaneous monitoring of heart rate and motion to assess energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc*, 29(1), 144-148.
- Lynch, D.R., Lech, G., Farmer, J.M., Balcer, L.J., Bank, W., Chance, B., & Wilson, R. B. (2002) Near infrared muscle spectroscopy in patients with Friedreich's ataxia. *Muscle Nerve*, 25(5), 664-673. <http://doi:10.1002/mus.10077>
- MacLean, A.W., & Cairns, J. (1982) Dose-response effects of ethanol on young men. *J Stud Alcohol*; 43:434-44.
- Madden, K.M., Ashe, M.C., Lockhart, C., & Chase, J.M. (2014). Sedentary behavior and sleep efficiency in active community-dwelling older adults. *Sleep Sci*, 8(4), 357-365. <http://doi.org/10.1016/j.slsci.2014.09.009>
- Mageau, G. A., & Vallerand, R. J. (2003). The coach-athlete relationship: a motivational model. *J Sports Sci*, 21(11), 883-904. <http://doi:10.1080/0264041031000140374>
- Mah, C.D., Mah, K.E., Kezirian, E.J., & Dement, W.C. (2011) The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep*, 34(7), 943-950. <http://doi:10.5665/SLEEP.1132>
- Mahoney, M.M. (2010) Shift work, jet lag, and female reproduction. *Int J Endocrinol*, 2010:813764. <http://doi:10.1155/2010/813764>
- Malone, S.K. (2011) Early to bed, early to rise?: An exploration of adolescent sleep hygiene practices. *J School Nursing*, 27(5):348-54. <http://doi:10.1177/1059840511410434>
- Manfredini, R., Manfredini, F., Fersini, C., & Conconi, F. (1998) Circadian rhythms, athletic performance, and jet lag. *Br J Sports Med*, 32(2), 101-6.
- Marquet, L.A., Hausswirth, C., Hays, A., Vettoretti, F., & Brisswalter, J. (2015) Comparison of between-training-sessions recovery strategies for world-class BMX pilots. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(2), 219-23. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0152>

- Mathie, M.J., Celler, B.G., Lovell, N.H., & Coster, A.C.F. (2004) Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer. *Med Biol Eng Comput*, 42 (5), 679 -687.
- Maugeri, A., Medina-Inojosa, J., Kunzova, S., Agodi, A., Barchitta, M., Sochor, O., López-Jiménez, F., Geda, Y.E., & Vinciguerra, M. (2018). Sleep Duration and Excessive Daytime Sleepiness Are Associated with Obesity Independent of Diet and Physical Activity. *Nutrients*, 10(9), 1219. <http://doi.org/10.3390/nu10091219>
- Maywood, E.S., O'Neill, J.S., Chesham, J.E., & Hastings, M.H. (2007) Minireview: The circadian clockwork of the suprachiasmatic nuclei - Analysis of a cellular oscillator that drives endocrine rhythms. *Endocrinol*, 148(12), 5624–5634. <http://doi.org/10.1210/en.2007-0660>
- McArdle W, Katch F, & Katch V. (2015) Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. 4th ed. Baltimore (MD): Williams and Wilkins.
- McPherson, M., Janssen, I., Grundy, A., Tranmer, J., Richardson, H., & Aronson, K.J. (2011) Physical activity, sedentary behavior, and melatonin among rotating shift nurses. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 53(7), 716–721. <http://doi.org/10.1097/JOM.0b013e31822282fd>
- McNamara, P., Barton, R., & Nunn, C. (2010). Evolution of sleep: Phylogenetic and functional perspectives. Cambridge: Cambridge University Press.
- McNamara, P., Capellini, I., Harris, E., Nunn, C. L., Barton, R. A., & Preston, B. (2008). The phylogeny of sleep database: A new resource for sleep scientists. *Open Sleep J*, 1,11–14.
- Meddis, R. (1983). The evolution of sleep. In: A. Mayes (Ed.), *Sleep Mechanisms and Functions* (pp. 57–106). London: Van Nostrand Reinhold.
- Meltzer, L.J., Hiruma, L.S., Avis, K., Montgomery-Downs, H., & Valentin, J. (2014). Comparison of a Commercial Accelerometer with Polysomnography and Actigraphy in Children and Adolescents. *Sleep*, 38(8), 1323-30. <http://doi:10.5665/sleep.4918>
- Messenger, S., Ross, A.W., Barrett, P., & Morgan, P.J. (1999) Decoding photoperiodic time

- through Per1 and ICER gene amplitude. *Proc Natl Acad Sci*, 96, 9938–9943
- Mifflin, M.D., St Jeor, S.T., Hill, L.A., Scott, B.J., Daugherty, S.A., & Koh, Y. O (1990) A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr*, 51(2), 241-247.
- McMurray, R.G., & Brown, C.F. (1984) The effect of sleep loss on high intensity exercise and recovery. *Aviat Space Environ Med*, 55(11), 1031-5.
- Miller, N.L., & Shattuck, L.G. (2005) Sleep patterns of young men and women enrolled at the United States military academy: Results from year 1 of a 4-year longitudinal study. *Sleep*, 28(7), 837–841.
- Miller, W.C., Wallace, J.P., & Eggert, K.E. Predicting max HR and the HR-VO<sub>2</sub> relationship for exercise prescription in obesity. *Med Sci Sports Exerc*, 25(9), 1077- 1081.
- Mills, J., Minors, D., Waterhouse, J. (1978). Adaptation to abrupt time shifts of the oscillator(s) controlling human circadian rhythms. *J. Physiol*, 285, 455–470.
- Mohawk, J.A., Green, C.B., & Takahashi, J.S. (2013) Central and peripheral circadian clocks in mammals, 35, 445–462. <http://doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-153128>.CENTRAL
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Altman, D., Antes, G., & The Prisma Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*, 6(7). <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, Shekelle P, & Stewart LA. Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*, 4(1), 1. <http://doi:10.1186/2046-4053-4-1>
- Monteleone, P., Fuschino, A., Nofre, G., & Maj, M. (1992) Temporal relationship between melatonin and cortisol responses to nighttime physical stress in humans. *Psychoneuroendocrinol*, 17(1), 81–86. [http://doi:10.1016/0306-4530\(92\)90078-L](http://doi:10.1016/0306-4530(92)90078-L)
- Morgenthaler, T., Alessi, C., Friedman, L., Owens, J., Kapur, V., Boehlecke, B., Brown, T.,

- Chesson, A.Jr., Coleman, J., Lee-Chiong, T., Pancer, J., Swick, T.J., Standards of Practice Committee, American Academy of Sleep Medicine. (2007) Standards of Practice Committee; American Academy of Sleep Medicine. Practice parameters for the use of actigraphy in the assessment of sleep and sleep disorders: An update for 2007. *Sleep*, 1,30(4), 519-29.
- Morin, C.M., Colecchi, C., Stone, J., Sood, R., & Brink, D. (1999) Behavioral and Pharmacological Therapies for Late-Life Insomnia. *JAMA*, 281(11), 991. <http://doi:10.1001/jama.281.11.991>
- Mursuzaki, H., Tsunoda, K., Hotta, K., Yozu, A., Shimizu, Y., & Wadano, Y. (2018). Comparison of sleep status among three Japanese national wheelchair basketball teams. *J Phys Ther Sci*, 30, 63–66.
- Munson, S.A.; Consolvo, S. (2012) Exploring goal-setting, rewards, self-monitoring, and sharing to motivate physical activity. In Proceedings of 2012 6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), San Diego, CA, USA, 21–24; pp. 25–32.
- Murray, M.P., Drought, A.B., & Kory, R.C. (1964) Walking patterns of normal men. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 46 (2), 335 -360.
- Myllymäki, T., Kyrolainen, H., Savolainen, K., Hokka, L., Jakonen, R., Juuti, T., Martinmäki, K., Kaartinen, J., Kinnunen, M.L., & Rusko, H. (2011). Effects of vigorous late-night exercise on sleep quality and cardiac autonomic activity. *J Sleep Res*, 20(1 PART II), 146–153. <http://doi:10.1111/j.1365-2869.2010.00874.x>
- National Sleep Foundation (2002) Sleep in America Poll – Adult Sleep Habits. (2015). *Sleep Health*, 1(2), e1. <http://doi:10.1016/j.sleh.2015.04.001>
- National Sleep Foundation (2013) Sleep in America Poll – Exercise and Sleep. (2015). *Sleep Health*, 1(2), e12. <http://doi:10.1016/j.sleh.2015.04.012>
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont. G. (2013) Recovery in soccer: part II—recovery strategies. *Sports Med*, 43(1), 9–22.

<http://doi:10.1007/s40279-012-0002-0>

Nelson, M.B., Kaminsky, L.A., Dickin, D.C., & Montoye, A.H. Validity of Consumer-Based Physical Activity Monitors for Specific Activity Types. *Med Sci Sports Exerc*, 48(8), 1619-1628. <http://doi:10.1249/MSS.0000000000000933>

Netzer, N.C., Kristo, D., Steinle, H., Lehmann, M., Strohl, K.P. (2001) REM sleep and catecholamine excretion: a study in elite athletes. *Eur J Appl Physiol*, 84, 521– 526.

Nishida, M., Pearsall, J., Buckner, R.L., & Walker, M.P. (2009) REM sleep, prefrontal theta, and the consolidation of human emotional memory. *Cerebral Cortex*, 19(5), 1158– 1166. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhn155>

Norrbrink, B.C., Hultling, C., & Lundeberg, T. (2005) Quality of sleep in individuals with spinal cord injury: a comparison between patients with and without pain. *Spinal Cord*, 43, 85-95.

Novakova, M., Polidarova, L., Sladek, M., & Sumová, A. (2011) Restricted feeding regime affects clock gene expression profiles in the suprachiasmatic nucleus of rats exposed to constant light. *Neuroscience*, 197,65-71. <http://doi:10.1016/j.neuroscience.2011.09.028>

Nuesslein-Hildesheim, B., O'Brien, J.A., Ebling, F.J., Maywood, E.S., & Hastings, M.H. (2000) The circadian cycle of mPER clock gene products in the suprachiasmatic nucleus of the Siberian hamster encodes both daily and seasonal time. *Eur J Neurosci*, 12, 2856–2864.

Nutting, A. W. (2010). Travel Costs in the NBA Production Function. *J Sports Econ*, 11(5), 533–548. <http://doi.org/10.1177/1527002509355637>

Obal, F., & Krueger, J.M. (2004) GHRH and sleep. *Sleep Med Rev*, 8, 367–77. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2004.03.005>.

O'Connor, P.J., & Youngstedt, S.D. (1995) Influence of exercise on human sleep. *Exerc Sport Sci Rev*, 23,105–34.

- O'Connor, P.J., Breus, M.J., & Youngstedt, S.D. (1998) Exercise-induced increase in core temperature does not disrupt a behavioral measure of sleep. *Physiol Behav*, 64(3), 213–217. [http://doi:10.1016/S0031-9384\(98\)00049-3](http://doi:10.1016/S0031-9384(98)00049-3)
- Öhrstrom, E., Skanberg, A. (2004) Sleep disturbances from road traffic and ventilation noise laboratory and field experiments. *J Sound Vibr*, 271(1–2):279–96.
- Ohayon, M.M., & Sagales, T. (2010) Prevalence of insomnia and sleep characteristics in the general population of Spain. *Sleep Med*, 11(10), 1010–1018. <http://doi.org/10.1016/j.sleep.2010.02.018>
- Ozyener, F. (2002) Evaluation of intra-muscular oxygenation during exercise in humans. [Review]. *J Sports Sci Med*, 1(1), 15-19.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J., Santisteban, J., Angulo, F., & Goiriena, J.J. (2001) Exercise intensity and load during mass-start stage races in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 796-802.
- Padover, S.K. (1943) *The Complete Jefferson*. Tudor Publishing Company, 969-970.
- Palagini, L., Baglioni, C., Ciapparelli, A., Gemignani, A., & Riemann, D. (2013) REM sleep dysregulation in depression: State of the art. *Sleep Med Rev*, 17(5), 377-390. <http://doi:10.1016/j.smrv.2012.11.001>
- Palleschi, G., Mascini, M., & Bomardi, L., (1990. "Lactate and glucose electrochemical biosensor for the evaluation of the aerobic and anaerobic threshold in runners." *Medical & Biological Engineering & Computing*, 28, B25-B28.
- Passos, G. S., Poyares, D., Santana, M. G., D'Aurea, C. V. R., Youngstedt, S. D., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2011). Effects of moderate aerobic exercise training on chronic primary insomnia. *Sleep Medicine*, 12(10), 1018–1027. doi:10.1016/j.sleep.2011.02.007
- Patel, M.S., Asch, D.A., & Volpp, K.G. (2015) Wearable devices as facilitators, not drivers, of health behavior change. *JAMA*, 313, 459–460.

- Pedlar, C.R., Lane, A.M., Lloyd, J.C., Dawson, J., Emegbo, S., Whyte, G.P., Stanley, N. (2007). Sleep profiles and mood state changes during an expedition to the South Pole: A case study of a female explorer. *Wilderness Environ Med*, 18(2), 127–132.
- Pereira, M.I., Gomes, P.S., & Bhambhani, Y.N. (2007) A brief review of the use of near infrared spectroscopy with particular interest in resistance exercise. [Review]. *Sports Med*, 37(7), 615-624.
- Perestelo-Perez, L. (2013). Standards on how to develop and report systematic reviews in psychology and health. *Int J Clin Health Psychol*, 13(1), 49–57. [http://doi.org/10.1016/S1697-2600\(13\)70007-3](http://doi.org/10.1016/S1697-2600(13)70007-3)
- Pickard, G.E., Sollars P.J. (2012) Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*, 162, 59-90. [http://doi:10.1007/112\\_2011\\_4](http://doi:10.1007/112_2011_4).
- Pilcher, J.J. & Huffcutt, A.I. (1996) Effects of sleep deprivation on performance. *Sleep*, 19(2), 318–326. <http://doi.org/10.2466/pr0.1975.37.2.479>
- Preston, B.T., Capellini, I., McNamara, P., Barton, R.A., & Nunn, C.L. (2009). Parasite resistance and the adaptive significance of sleep. *BMC Evol Biol*, 9, 7. <http://doi:10.1186/1471-2148-9-7>.
- Putilov, A.A. (1985). Disturbance of integral-period synchronization of the cardiac and respiratory rhythms after a transmeridional flight across three time zones. Institute of Physiology, Siberian Branch, Academy of Medical Sciences in the USSR, Novosibirsk. *Fiziol Chel*. 11:915-922.
- Rao, M.L., Strebel, B., Halaris, A., Gross, G., Braunig, P., Huber, G., & Marler, M. (1995) Circadian rhythm of vital signs, norepinephrine, epinephrine, thyroid hormones, and cortisol in schizophrenia. *Psychiatry Res*, 57, 21–39
- Raymond, I., Nielsen, T.A., Lavigne, G., Manzini, C., & Choinière, M. (2001) Quality of sleep and its daily relationship to pain intensity in hospitalized adult burn patients. *Pain*, 92(3), 381-388.

Real Academia de la lengua Española (2005) Diccionario de la lengua española. Actualización de 2017. Consultado el 19 de junio de 2018.

Rechtschaffen, A. (1971) The control of sleep. *Hunt WA, editor. Human behaviour and its control*. Cambridge, MA: Schenkman.

Rechtschaffen, A., Bergmann, B. M., Everson, C. A., Kushida, C. A., & Gilliland, M. A. (1989). Sleep Deprivation in the Rat: X. Integration and Discussion of the Findings. *Sleep*, 25(1), 68–87. <http://doi:10.1093/sleep/25.1.68>

Reilly T. Environmental stress. In: Reilly T, Williams AM, editors. *Science and soccer*. 2nd ed. London: Routledge; 2003. p. 165–84.

Reilly, T. (2009). The body clock and athletic performance. *Biol Rhythm Res*, 40(1), 37–44. <http://doi.org/10.1080/09291010802067015>

Reilly, T., Atkinson, G., Budgett, R. (2001) Effect of low-dose temazepam on physiological variables and performance tests following a westerly flight across five time zones. *Int J Sports Med*, 22, 166–74.

Reilly, T., Atkinson, G., Gregson, W., Drust, B., Forsyth, J., Edwards, B., & Waterhouse, J. (2006) Some chronobiological considerations related to physical exercise. *Clinica Therapeutica*, 157, 249–264.

Reilly, T., & Deykin, T. (1983) Effects of partial sleep loss on subjective states, psychomotor and physical performance tests. *J Hum Mov Stud*, 9, 157–70.

Reilly, T., Drust, B., & Gregson, W. (2006) Thermoregulation in elite athletes. *Curr Opin Clin Nutr and Metabolic Care*, 9, 666–671.

Reilly, T., & Edwards, B. (2007) Altered sleep–wake cycles and physical performance in athletes. *Physiol Behav*, 90(2-3), 274–284. <http://doi:10.1016/j.physbeh.2006.09.017>

Reilly, T., Waterhouse, J., Burke L.M., Alonso, J.M., & International Association of Athletics Federations.. *Nutrition for travel*. *J Sports Sci*. 25 (Suppl 1): s125–34.

- Reilly, T., & Waterhouse, J. (2007) Altered sleep-wake cycles and food intake: the Ramadan model. *Physiol Behav*, 90(2-3), 219-228.
- Reiss, B. (2016). Sleeping while disabled, disabled while sleeping. *Sleep Health*, 2(3), 187–190. <http://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.05.007>
- Reppert, S.M., & Weaver, D.R. (2002) Coordination of circadian timing in mammals. *Nature* 418:935–941.
- Revonsuo, A. (2000) The reinterpretation of dreams: An evolutionary hypothesis of the function of dreaming. *Behav Brain Sci*, 23(6), 877–901. <http://doi.org/10.1017/S0140525X00004015>
- Rial, R.V., Nicolau, M.C., Gamundi, A., Akaârîr, M., Aparicio, S., Garau, C., Tejada, S., Roca, C., Gene´, L., Moranta, D., & Esteban, S. (2007) The trivial function of sleep. *Sleep Med Rev*, 11(4), 311–25.
- Richmond, L, Dawson, B., Hillman, D.R., & Eastwood, P.R. (2004) The effect of interstate travel on sleep patterns of elite Australian Rules footballers. *J Sci Med Sport*, 7(2):186-96.
- Robey, E., Dawson, B., Halson, S., Gregson, W., King, S., Goodman, C., & Eastwood, P. (2013) Effect of evening postexercise cold water immersion on subsequent sleep. *Med Sci Sport Exer*, 45(7):1394-402. <http://doi:10.1249/MSS.0b013e318287f321>
- Robson-Ansley, P.J., Gleeson, M., & Ansley, L. (2009). Fatigue management in the preparation of olympic athletes. *J Sports Sci*, 27(13), 1409–1420. <http://doi.org/10.1080/02640410802702186>
- Roth, T., Roehrs, T, & Pies, R. (2007) Insomnia: pathophysiology and implications for treatment. *Sleep Med Rev*, 11, 71–79.
- Rooksby, M., Elouafkaoui, P., Humphris, G., Clarkson, J., & Freeman, R. (2015). Internet-assisted delivery of cognitive behavioural therapy (CBT) for childhood anxiety:

- Systematic review and meta-analysis. *J Anxiety Disord*, 29, 83–92.  
<http://doi.org/10.1016/j.janxdis.2014.11.006>
- Ruiz, C. (2007). Revisión de los diversos métodos de evaluación del trastorno de insomnio. *An Psicol-Spain*, 23(1), 109–117. <http://doi.org/10.6018/23131>
- Ryan, D., Cobern, W., Wheeler, J., Price, D., & Tarassenko, L. (2005) Mobile phone technology in the management of asthma. *J Telemed Telecare*, 1 (11): 43-46.
- Sadeh, A., & Acebo, C. (2002) The role of actigraphy in sleep medicine. *Sleep Med Rev*, 6(2), 113–124. <http://doi.org/10.1053/smr.2001.0182>
- Sadeh, A., Sharkey, K. M., & Carskadon, M.A. (1994). Activity-based sleep-wake identification: an empirical test of methodological issues. *Sleep*, 17(3), 201-207. <http://doi.org/7939118>
- Sako, T., Hamaoka, T., Higuchi, H., Kurosawa, Y., & Katsumura, T. (2001). Validity of NIR spectroscopy for quantitatively measuring muscle oxidative metabolic rate in exercise. *J Appl Physiol* 90(1), 338-344.
- Saltin, B. (1964) Circulatory Response to Submaximal and Maximal Exercise after Thermal Dehydration. *J Appl Physiol*, 19, 1125-1132.
- Samuels, C. (2009) Sleep, recovery, and performance: the new frontier in high-performance athletics. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 20, 149–59. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2008.10.009>.
- Samuels, C. (2012) Jet lag and travel fatigue: a comprehensive management plan for sport medicine physicians and high-performance support teams. *Clin J Sport Med*. 22, 268–73.
- Samuels, C., James, L., Lawson, D., Meeuwisse, W. (2015) The Athlete Sleep Screening Questionnaire: a new tool for assessing and managing sleep in elite athletes. *Br J Sports Med*, 50(7):418-22. <http://doi:10.1136/bjsports-2014-094332>

- Samulski, D., & Noce, F. (2002) Perfil psicológico de atletas paraolímpicos brasileiros. *Rev Bras Med Esporte*, 8, 157–66 .
- Sanders, S.W., & Moore, J.G.(1992) Gastrointestinal chronopharmacology: physiology, pharmacology and therapeutic implications. *Pharmacol Ther*, 54, 1–15.
- Sankari, A., Martin, J., Bascom, A., Mitchell, M., & Badr, M. (2015) Identification and treatment of sleep-disordered breathing in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*, 53(2):145-149.
- Saw, A.E., Main, L.C., & Gatin, P.B. (2016) Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*, 50(5), 281–91. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>.
- Sargent, C., Halson, S., & Roach, G.D. (2014) Sleep or swim? Early-morning training severely restricts the amount of sleep obtained by elite swimmers. *Eur J Sport Sci*, 14: s310–5.
- Sayon-Orea, C., Martinez-Gonzalez, M. A., & Bes-Rastrollo, M. (2011). Alcohol consumption and body weight: A systematic review. *Nutr Rev*, 69(8), 419–431. <http://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00403.x>
- Schneerson, J.M. (2000) Handbook of sleep. *Cambridge: Blackwell Science*.
- Sedano, J., González, S., Baruque, B., Herrero, A., & Corchado, E. (2013) Soft computing for the analysis of people movement classification. In *Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications*, volume 188 of *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pages 241-248. Springer Berlin Heidelberg. [http://doi:10.1007/978-3-642-32922-7\\_25](http://doi:10.1007/978-3-642-32922-7_25).
- Sehgal, A., & Mignot, E. (2011) Genetics of sleep and sleep disorders. *Cell*, 146(2), 194–207.
- Seppanen, T., Mantyla, J., & Himberg, J. (2001) Recognizing human motion with multiple

- acceleration sensors. In IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 3494, 747 -752.
- Shapiro, C.M., Bortz, R., Mitchell, D., Bartel, P., & Jooste, P. (1981) Slow-wave sleep: a recovery period after exercise. *Science*, 214(4526), 1253–4.
- Shaver, K.G., & Tarpay, R.M. Psychology. *New York: Macmillan Publishing Co.*
- Silva, A., Queiroz, S.S., Winckler, C., Vital, R., Sousa, R.A., Fagundes, V., Tufik, S., De Mello, M.T. (2012). Sleep quality evaluation, chronotype, sleepiness and anxiety of Paralympic Brazilian athletes: Beijing 2008 paralympic games. *Br J Sports Med*, 46(2), 150–154. <http://doi.org/10.1136/bjism.2010.077016>
- Smith, R.S., Guilleminault, C., & Efron, B. Circadian rhythms and enhanced athletic performance in the National Football League. *Sleep*, 1997, 20(5), 362-365.
- Smith, T.B., Hopkins, W.G., & Lowe, T.E. (2011) Are there useful physiological or psychological markers for monitoring overload training in elite rowers? *Int J Sports Physiol Perform*, 6(4), 469-484.
- Snell, E.K., Adam, E.K., & Duncan, G.J. (2007). Sleep and the body mass index and overweight status of children and adolescents. *Child Develop*, 78(1), 309–323. <http://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00999.x>
- Souissi, N., Chtourou, H., Aloui, A., Hammouda, O., Dogui, M., Chaouachi, A., & (2013) Effects of time-of-day and- partial sleep deprivation on short term maximal performances of judo competitors. *J Strength Cond Res*, 27(9), 2473–2480. <http://doi:10.1519/JSC.0b013e31827f4792>
- Spiegel, K., Leproult, R., & Van Cauter, E. (1999). Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *Lancet*, 354(9188), 1435–1439. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)01376-8](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)01376-8)
- Spiegel, K., Tasali, E., Penev, P., & Cauter, E. Van. (2004). Brief Communication: Sleep Curtailment in Healthy Young Men Is Associated with Decreased Leptin Levels,

- Elevated Ghrelin Levels, and Increased Hunger and Appetite Background: Total sleep deprivation in rodents and in humans. *An Intern Med*, 141(11), 846–50. <http://doi.org/10.7326/0003-4819-141-11-200412070-00008>
- Stanley, N. (2003). Actigraphy in human psychopharmacology: A review. *Clin Experimen*, 18, 39–49.
- Steenland, K., Deddens, J.A. (1997) Effect of travel and rest on performance of professional basketball players. *Sleep*, 20, 366–369
- Steimers, A., Vafiadou, M., Koukourakis, G., Geraskin, D., Neary, P., & Kohl-Bareis, M. (2016) Muscle Oxygenation During Running Assessed by Broad Band NIRS. *Adv Exp Med Biol*, 876, 41-47. [http://doi:10.1007/978-1-4939-3023-4\\_5](http://doi:10.1007/978-1-4939-3023-4_5)
- Stepanski, E.J., & Wyatt, J. (2003) Use of sleep hygiene in the treatment of insomnia. *Sleep Med Rev*, 7(3), 215–225. <http://doi:10.1053/smr.2001.0246>
- Stickgold, R. (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*, 437, 1272–1278.
- Tessitore, A., Meeusen, R., Pagano, R., Cbenvenuti, I., Tiberi, M., & Capranica, L. (2008). Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1402–1412. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817396ac>
- Taylor, C. (1944) Some properties of maximal and submaximal exercise with reference to physiological variation and the measurement of exercise tolerance. *Am J Physiol*, 142, 200-12.
- Taylor, S.R., Rogers, G.G., & Driver, H.S. (1997) Effects of training volume on sleep, psychological, and selected physiological profiles of elite female swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5):688–693. <http://doi:10.1097/00005768-199705000-00016>
- Terman, L.M., & Hocking, A. (1913) The sleep of school children: Its distribution according to age, and its relation to physical and mental efficiency. *J Edu Psychol*, 4, 138–147.
- Terrados, N., Calleja-González, J., Jukic, I., & Ostojic, S.M. ( 2009) Physiological and

medical strategies in post-competition recovery—practical implications based on scientific evidence. *Ser J Sports Sci*, 3, 29-37.

Tessitore, A., Meeusen, R., Pagano, R., Benvenuti, C., Tiberi, M., & Capranica, L. (2008) Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1402–12. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817396ac>

Thompson, W. R. (2015). Worldwide survey of fitness trends for 2016: 10th anniversary edition. *ACMS's Health Fitness J*, 19(6), 9–18. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1249/FIT.0000000000000164>

Thompson, W. R. (2016). Worldwide survey of fitness trends for 2017. *ACMS's Health Fitness J*, (6):8-17. <http://doi:10.1249/FIT.0000000000000252>

Thompson, W. R. (2017). Worldwide survey of fitness trends for 2018. *ACMS's Health Fitness J*, 21(6):10-19. <http://doi:10.1249/FIT.0000000000000341>

Thornton, H., Duthie, G., Pitchford, N., Delaney, J., Benton, D., & Dascombe, B. (2016). Effects of a two-week high intensity training camp on sleep activity of professional rugby league athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, <http://doi:10.1123/ijsp.2016-0414>

Thornton, H.R., Miller, J., Taylor, L., Sargent, C., Lastella, M., & Fowler, P.M. (2017). Impact of short- compared to long-haul international travel on the sleep and wellbeing of national wheelchair basketball athletes wellbeing of national wheelchair basketball athletes. *J Sports Sci*, 36(13), 1–9. <http://doi.org/10.1080/02640414.2017.1398883>

Tobaldini, E., Proserpio, P., Sambusida, K., Lanza, A., Redaelli, T., Frigerio, P., Fratticci, L., Rosa, S., Casali, K.R., Somers, V.K., Nobili, L., & Montano, N. (2015) Preserved cardiac autonomic dynamics during sleep in subjects with spinal cord injuries. *Sleep Med*, 16(6), 779-784.

Tormene, P., Giorgino, T., Quaglini, S., & Stefanelli, M. (2009) Matching incomplete time series with dynamic time warping: an algorithm and an application to post-stroke rehabilitation. *Artif Intell Med*, 45(1): 11 - 34, 2009. ISSN 0933-3657. <http://doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.artmed.2008.11.007>.

- Trost, S.G., McIver, K.L., & Pate, R.R. Conducting accelerometer- based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc*, 37(11 Suppl), s531-543.
- Tsunoda, K., Hotta, K., Mutsuzaki, H., Tachibana, K., Shimizu, Y., Fukaya, T., Ikeda, E., Kitano, N., & Wadano, I. (2015). Sleep Status in Male Wheelchair Basketball Players on a Japanese National Team. *J Sleep Disord Ther* 4, 210. <http://doi:10.4172/2167-0277.1000210>
- Tsunoda, K., Mutsuzaki, H., Hotta, K., Shimizu, Y., Kitano, N., & Wadano, Y. (2017). Correlation between sleep and psychological mood states in female wheelchair basketball players on a Japanese national team. *J Phys Ther Sci*, 29, 1497–1501. <http://doi:10.1589/jpts.29.1497>
- Tully, M.A., McBride, C., Heron, L., & Hunter, R.F. (2014) The validation of Fitbit Zip™ physical activity monitor as a measure of free-living physical activity. *BMC Res Notes*, 7, 1–5.
- Vassalli, A., & Dijk, D.J. (2009) Sleep function: current questions and new approaches. *Eur J Neurosci*, 29:1830–1841.
- van Dongen, H.P.A., Maislin, G., Mullington, J.M., & Dinges, D. F. (2003). The Cumulative Cost of Additional Wakefulness: Dose-Response Effects on Neurobehavioral Functions and Sleep Physiology From Chronic Sleep Restriction and Total Sleep Deprivation. *Sleep*, 26(2), 117–126. <http://doi:10.1093/sleep/26.2.117>
- van Hooren B., & Peake, J. M. (2018). Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. *Sports Med*, 48(7), 1–21. <http://doi.org/10.1007/s40279-018-0916-2>
- van Remoortel, H., Giavedoni, S., Raste, Y., Burtin, C., Louvaris, Z., Gimeno-Santos, E., Langer, D., Glendenning, A., Hopkinson, N.S., Vogiatzis, I., Peterson, B.T., Wilson, F., Mann, B., Rabinovich, R., Puhon, M.A. Troosters, T. Validity of activity monitors in health and chronic disease: a systematic review. [Meta-Analysis Research Support, Non-U.S. Gov't Review Validation Studies]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 9, 84. <http://doi:10.1186/1479-5868-9-84>.

- Veltmeijer, M.T., Pluim, B., Thijssen, D.H., Hopman, M.T., Eijsvogels, T.M. (2014) Thermoregulatory responses in wheelchair tennis players: a pilot study. *Spinal Cord*, 52, 373-377.
- Veneroso, C., Tuñón, M. J., González-Gallego, J., & Collado, P. S. (2009). Melatonin reduces cardiac inflammatory injury induced by acute exercise. *J Pineal Res*, 47(2), 184–191. <http://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2009.00699.x>
- Venter, R.E. (2012) Role of sleep in performance and recovery of athletes: a review article. *SA J Res Sport Phys Ed Rec*, 34(1), 167–84.
- Venter, R.E. (2014) Perceptions of team athletes on the importance of recovery modalities. *Eur J Sport Sci*, 14, s69–76.
- Vgontzas, A.N., & Kales, A. (1999). Sleep and its disorders. *Annu Rev Med*, 50, 387–400. <http://doi.org/10.1146/annurev.med.50.1.387>
- Villar, J.R., González, S., Sedano, J., Chira, C. y Trejo, J.M. (2013) Human activity recognition and feature selection for stroke early diagnosis. In 8th International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems HAIS, volume Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer.
- Viot-Blanc V. (1995) Biological models of depression: effect of antidepressants on sleep. *Encephale*, 7, 35–40.
- Vogel, J. A., Hansen, J. E., & Harris, C. W. Cardiovascular responses in man during exhaustive work at sea level and high altitude. *J Appl Physiol*, 23(4), 531-539.
- Wagner, U., Gais, S., Haider, H., Verleger, R., & Born, J. (2004). Sleep inspires insight. *Nature*, 427(6972), 352–355. <http://doi.org/10.1038/nature02223>
- Walker, M.P., Brakefield, T., Morgan, A., Hobson, J.A., Stickgold, R. (2002) Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. *Neuron*, 35(1), 205–11.
- Walker, M.P., & Stickgold, R. (2004). Sleep-dependent learning and memory consolidation.

*Neuron*, 44, 121–133.

Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., Reilly, T. (2007) The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *J Sports Sci*, 25, 1557–1566

Waterhouse, J., Edwards, B., Nevill A., Carvalho, S., Atkinson, G., Buckley, P., Reilly, T., Godfrey, R., & Ramsay, R. (2002) Identifying some determinants of 'jet lag' and its symptoms: a study of athletes and other travelers. *Br J Sports Med*, 36:1, 54-60.

Waterhouse, J., Reilly, T., & Edwards, B. (2004). The stress of travel. *J Sports Sci*, 22, 946–966. <http://doi:10.1080/02640410400000264>

Waterhouse, J., Nevill, A., Finnegan, J., Williams, P., Edwards, B., Kao, S.Y., Reilly, T. (2005) Further assessments of the relationship between jet lag and some of its symptoms. *Chronobiol Int*, 22:121–36.

Watson, N.F., Badr, M.S., Belenky, G., Bliwise, D.L., Buxton, O.M., Buysse, D., Tasali, E. (2015). Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Sleep*, 38(6), 834-844. <http://doi.org/10.5665/sleep.4716>

Webb, W.B., & Agnew, H.W. (1975) Are we chronically sleep deprived? *Bull Psychonomic Society*, 6: 47–48.

Webborn, A. (1996) Heat-related problems for the Paralympic Games, Atlanta 1996. *Br J Ther Rehabil*, 3, 429-436.

Weijs, P.J. (2008) Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65 y. *Am J Clin Nutr*, 88(4), 959-970.

Weiten, W. (1995) Psychology themes and variations, 3rd edition. *New York: Brooks/Cole Publishing Co.*

- Welk, G. J., McClain, J.J., Eisenmann, J.C., & Wickel, E.E. (2007) Field validation of the MTI Actigraph and BodyMedia armband monitor using the IDEEA monitor. *Obesity*, 15(4):918-28.
- Welk, G.J., McClain, J., & Ainsworth, B.E. Protocols for evaluating equivalency of accelerometry-based activity monitors. *Med Sci Sports Exerc*, 44(1 Suppl 1), S39-49. <http://doi:10.1249/MSS.0b013e3182399d8f>
- Williams, D.L., Maclean, A.W., & Cairns, J. (1983). Dose-Response Effects of Ethanol on the Sleep of Young Women. *J Stud Alcohol*, 44(3).
- Widerström-Noga EG, Felipe-Cuervo E, Yezierski RP (2001) Chronic pain after spinal injury: interference with sleep and daily activities. *Arch Phys Med Rehabil*, 82, 1571-1577.
- Winget CM, DeRoshia CW, Holley DC. Circadian rhythms and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:498–516.
- Wolf, M.L. (1995) Thomas Jefferson, Abraham Lincoln, Louis Brandeis and the Mystery of the Universe. *B.U. J. SCI. & TECH* (1).
- Wortis, J. (1987). What is Sleep ? *Biol Psychiatry*, 22, 931–932.
- Wyatt, J.K, Dijk, D.J, Ritz-de Cecco, A., Ronda, J.M., Czeisler, C.A. (2006) Sleep- facilitating effect of exogenous melatonin in healthy young men and women is circadian-phase dependent. *Sleep*, 29, 609–618.
- Yamazaki, S., Numano, R., Abe, M., Hida, A., Takahashi, R., Ueda, M., Block, G.D., Sakaki, Y., Menaker, M., Tei, H. (2000) Resetting central and peripheral circadian oscillators in transgenic rats. *Science*, 288, 682–685.
- Yan, S.-S., & Wang, W. (2016). The effect of lens aging and cataract surgery on circadian rhythm. *Int J Ophthalmol*, 9(7), 1066–1074. <http://doi.org/10.18240/ijo.2016.07.21>
- Yeomans, M.R. (2010) Alcohol, appetite and energy balance: Is alcohol intake a risk factor for obesity? *Physiol Behav*, 100(1), 82–89.

<http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.01.012>

- Yoo, S.H., Yamazaki, S., Lowrey, P.L., Shimomura, K., Ko, C.H., Buhr, E.D., Siepk, S.M., Hong, H-K, Oh, W.J., Yoo, O.J., Menaker, M., & Takahashi, J.S. (2004) PERIOD2::LUCIFERASE real-time reporting of circadian dynamics reveals persistent circadian oscillations in mouse peripheral tissues. *Proc Natl Acad Sci USA*, 101,5339–5346.
- Young, T., Palta, M., Dempsey, J., Skatrud, J., Weber, S., & Badr, S. (1993) The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N Engl J Med*, 328, 1230–1235.
- Youngstedt, S., O'Connor, P.J., & Dishman, R.K. (1997) The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep*, 20(3), 203–14.
- Youngsted, S., O'Connor, P.J.(1999) The influence of air travel on athletic performance. *Sports Med*, 28(3), 197-207
- Youngstedt, S.D., Kripke, D.F., & Elliott, J.A. (1999). Is sleep disturbed by vigorous late-night exercise? *Med Sci Sports Exer*, 31(6), 864–869. <http://doi:10.1097/00005768-199906000-00015>
- Zafeiridis, A., Kounoupis, A., Dipla, K., Kyparos, A., Nikolaidis, M. G., Smilios, I., & Vrabas, I. S. (2015) Oxygen Delivery and Muscle Deoxygenation during Continuous, Long- and Short-Interval Exercise. *Int J Sports Med*, 36(11), 872-880. <http://doi:10.1055/s-0035-1554634>
- Zepelin, H., Siegel, J. M., & Tobler, I. (2005). Mammalian sleep, 4th ed. In: M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine* (pp. 91–100). Philadelphia: Saunders.

## 9. ANEXOS

## **ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Lea detenidamente y cumplimente el siguiente consentimiento informado:

Con la intención de que usted participe en un proceso de evaluación de su condición física y otros aspectos relacionados con su estado de salud, en este documento encontrará información sobre el procedimiento que se le propone.

Léalo atentamente, y si requiere más información, o que le sea aclarado algún punto, no dude en solicitarla al evaluador el día que se lleven a cabo las distintas pruebas.

El procedimiento a seguir consistirá en:

- Evaluar su condición física por medio de una serie de pruebas, de que nos permitirán conocer sus medidas antropométricas e información de salud.
- Evaluar otros aspectos relacionados por medio de monitores vestales que permiten evaluar el comportamiento del sueño mientras duerme. El análisis se realiza en diferido y no registra sonidos ni imágenes de video, sino cuentas de movimiento que serán posteriormente analizadas con la aplicación de algoritmos.

El objetivo de estas pruebas es realizar un diagnóstico de su estado de salud y especialmente de su calidad del sueño, así como mantenerle informado de su evolución a lo largo de los próximos años si sigue realizando evaluaciones con nosotros.

Para el desarrollo de estas pruebas no necesita una preparación especial ni una indumentaria específica.

### **Conforme con lo expuesto anteriormente, DECLARO:**

Con mi firma declaro que he leído la hoja informativa que me ha sido entregada en la cual se explica la finalidad y desarrollo planteado por el equipo de investigación. He tenido oportunidad de efectuar las preguntas que he considerado oportunas acerca del estudio y sus procedimientos y resultados, y me informan que en todo momento puedo seguir haciéndolas. He recibido respuestas satisfactorias. He recibido suficiente información en relación con el estudio. Entiendo que mi participación es voluntaria y que puedo abandonar el procedimiento en cualquier momento, como el estudio cuando lo desee, sin tener que dar



## **ANEXO 1. CUESTIONARIO DE PITTSBURGH**

**ÍNDICE DE CALIDAD DE SUEÑO DE PITTSBURGH  
(PSQI)**

APELLIDOS Y NOMBRE: \_\_\_\_\_ N.º HºC: \_\_\_\_\_  
SEXO: \_\_\_\_\_ ESTADO CIVIL: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:**

Las siguientes preguntas hacen referencia a cómo ha dormido Vd. **normalmente durante el último mes**. Intente ajustarse en sus respuestas de la manera más exacta posible a lo ocurrido durante la **mayor parte** de los días y noches del **último mes**. ¡Muy Importante! CONTESTE A TODAS LAS PREGUNTAS

1. Durante el **último mes**, ¿Cuál ha sido, normalmente, su hora de acostarse?

APUNTE SU HORA HABITUAL DE ACOSTARSE: \_\_\_\_\_

2. ¿Cuánto tiempo habrá tardado en dormirse, **normalmente**, las noches del **último mes**?

APUNTE EL TIEMPO EN MINUTOS: \_\_\_\_\_

3. Durante el **último mes**, ¿a qué hora se ha levantado **habitualmente** por la mañana?

APUNTE SU HORA HABITUAL DE LEVANTARSE: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuántas horas calcula que habrá dormido **verdaderamente** cada noche durante el **último mes**? (El tiempo puede ser diferente al que Vd. permanezca en la cama).

APUNTE LAS HORAS QUE CREA HABER DORMIDO: \_\_\_\_\_

Para cada una de las siguientes preguntas, elija la respuesta que más se ajuste a su caso. Intente contestar a **TODAS** las preguntas.

5. Durante el **último mes**, cuántas veces ha tenido Vd. problemas para dormir a causa de:

a) No poder conciliar el sueño en la primera media hora:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

b) Despertarse durante la noche o de madrugada:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

c) Tener que levantarse para ir al servicio:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

d) No poder respirar bien:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

e) Toser o roncar ruidosamente:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

f) Sentir frío:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

g) Sentir demasiado calor:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

h) Tener pesadillas o «malos sueños»:

Ninguna vez en el último mes \_\_\_\_\_

Menos de una vez a la semana \_\_\_\_\_

Una o dos veces a la semana \_\_\_\_\_

Tres o más veces a la semana \_\_\_\_\_

- i) Sufrir dolores:
- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |

j) Otras razones (por favor, descríbalas a continuación):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |

6. Durante el **último mes**, ¿cómo valoraría, en conjunto, la calidad de su sueño?

- |                |       |
|----------------|-------|
| Bastante buena | _____ |
| Buena          | _____ |
| Mala           | _____ |
| Bastante mala  | _____ |

7. Durante el **último mes**, ¿cuántas veces habrá tomado medicinas (por su cuenta o recetadas por el médico) para dormir?

- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |

8. Durante el **último mes**, ¿cuántas veces ha sentido somnolencia mientras conducía, comía, o desarrollaba alguna otra actividad?

- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |

9. Durante el **último mes**, ¿ha representado para Vd. mucho problema el «tener ánimos» para realizar alguna de las actividades detalladas en la pregunta anterior?

- |                       |       |
|-----------------------|-------|
| Ningún problema       | _____ |
| Sólo un leve problema | _____ |
| Un problema           | _____ |
| Un grave problema     | _____ |

10. ¿Duerme Vd. solo o acompañado?

- |   |       |
|---|-------|
| Solo                                      | _____ |
| Con alguien en otra habitación            | _____ |
| En la misma habitación, pero en otra cama | _____ |
| En la misma cama                          | _____ |

POR FAVOR, SÓLO CONTESTE A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS EN EL CASO DE QUE DUERMA ACOMPAÑADO.

Si Vd. tiene pareja o compañero de habitación, pregúntele si durante el **último mes** Vd. ha tenido:

- a) Ronquidos ruidosos.
- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |
- b) Grandes pausas entre respiraciones mientras duerme.
- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |
- c) Sacudidas o espasmos de piernas mientras duerme.
- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |
- d) Episodios de desorientación o confusión mientras duerme.
- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |
- e) Otros inconvenientes mientras Vd. duerme (Por favor, descríbalos a continuación):
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ninguna vez en el último mes | _____ |
| Menos de una vez a la semana | _____ |
| Una o dos veces a la semana  | _____ |
| Tres o más veces a la semana | _____ |

## CORRECCIÓN DEL CUESTIONARIO DE PITTSBURGH

El **Índice de Calidad de sueño de Pittsburgh (PSQI)** consta de 19 preguntas autoaplicada y de 5 preguntas evaluadas por la pareja del paciente o por su compañero/a de habitación (si éste está disponible). Sólo las preguntas auto-aplicadas están incluidas en el puntaje. Los 19 Items auto-evaluados se combinan entre sí para formar siete «componentes» de puntuación, cada uno de los cuales tiene un rango entre 0 y 3 puntos. En cualquier caso, una puntuación de 0 puntos indica que no existe dificultad, mientras que un puntuación de 3 indica una severa dificultad. Los siete componentes entonces se suman para rendir una puntuación global, que tiene un rango de 0 a 21 puntos, indicando una puntuación de 0 puntos la no existencia de dificultades, y una de 21 indicando severas dificultades en todas las áreas estudiadas.

Para corregir, proceda de la siguiente manera:

### Componente 1: Calidad subjetiva del sueño

Examine la pregunta n.º 6, y asigne la puntuación correspondiente:

Respuesta	Puntuación del componente 1
«Muy buena»	0
«Bastante buena»	1
«Bastante mala»	2
“Muy mala»	3

Puntuación del componente 1: \_\_\_\_\_

### Componente 2: Latencia de sueño

1.º Examine la pregunta n.º 2, y asigne la puntuación correspondiente:

Respuesta	Puntuación
< ó = a 15'	0
16-30 minutos	1
31-60 minutos	2
> 60 minutos	3

Puntuación de la pregunta n.º 2: \_\_\_\_\_

2.º Examine la pregunta n.º 5a, y asigne la puntuación correspondiente:

Respuesta	Puntuación
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1
Una o dos veces a la semana	2
Tres o más veces a la semana	3

Puntuación de la pregunta n.º 5a: \_\_\_\_\_

3.º Sume las puntuaciones de las preguntas n.º 2 y n.º 5a

Suma de las puntuaciones de las preguntas n.º 2 y n.º 5a: \_\_\_\_\_

4.º Asigne la puntuación del componente 2 como sigue:

Suma de n.º 2 y n.º 5a	Puntuación
0	0
1-2	1
3-4	2
5-6	3

Puntuación del componente 2: \_\_\_\_\_

### Componente 3: Duración del sueño

Examine la pregunta n.º 4, y asigne las puntuaciones correspondientes:

Respuesta	Puntuación del componente 3
> 7 horas	0
6-7 horas	1
5-6 horas	2
< 5 horas	3

Puntuación del componente 3: \_\_\_\_\_

### Componente 4: eficiencia de sueño habitual

1.º Escriba aquí la cantidad de horas dormidas: \_\_\_\_\_

2.º Calcule el número de horas permanecidas en la cama:

Hora de levantarse (pregunta n.º 3) \_\_\_\_\_

Hora de acostarse (pregunta n.º 1) \_\_\_\_\_

Número de horas permanecidas en la cama: \_\_\_\_\_

3.º Calcule la eficiencia habitual de sueño como sigue:

(Número de horas dormidas/número de horas permanecidas en la cama) x 100 = Eficiencia habitual de sueño (%)

(\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_) x 100 = \_\_\_\_\_%

4.º Asigne la puntuación del componente 4 como sigue:

Eficiencia habitual de sueño%	Puntuación
> 85%	0
75-84%	1
65-74%	2
< 65%	3

Puntuación del componente 4: \_\_\_\_\_

### Componente 5: Perturbaciones del sueño

1.º Examine las preguntas del n.º 5b al 5j, y asigne puntuaciones para cada pregunta según sigue:

Respuesta	Puntuación
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1
Una o dos veces a la semana	2
Tres o más veces a la semana	3

Puntuación n.º 5b \_\_\_\_\_  
 n.º 5c \_\_\_\_\_  
 n.º 5d \_\_\_\_\_  
 n.º 5e \_\_\_\_\_  
 n.º 5f \_\_\_\_\_  
 n.º 5g \_\_\_\_\_  
 n.º 5h \_\_\_\_\_  
 n.º 5i \_\_\_\_\_  
 n.º 5j \_\_\_\_\_

2.º Sume las puntuaciones de las preguntas 5b a 5j:

Suma de 5b a 5j: \_\_\_\_\_

3.º Asigne la puntuación del componente 5 como sigue:

Suma de 5b a 5j	Puntuación del componente 5
0	0
1-9	1
10-18	2
19-27	3

Puntuación del componente 5: \_\_\_\_\_

### Puntuación Global del PSQI

Sume las puntuaciones de los 7 componentes:

### Componente 6: Uso de medicación hipnótica

Examine la pregunta n.º 7 y asigne la puntuación que corresponda:

Respuesta	Puntuación
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1
Una o dos veces a la semana	2
Tres o más veces a la semana	3

Puntuación del componente 6: \_\_\_\_\_

### Componente 7: Disfunción diurna

1.º Examine la pregunta n.º 8, y asigne las puntuaciones como sigue:

Respuesta	Puntuación
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1
Una o dos veces a la semana	2
Tres o más veces a la semana	3

Puntuación de la pregunta n.º 8: \_\_\_\_\_

2.º Examine la pregunta n.º 9, y asigne las puntuaciones como sigue:

Respuesta	Puntuación
Ningún problema	0
Sólo un leve problema	1
Un problema	2
Un grave problema	3

3.º Sume las puntuaciones de las preguntas n.º 8 y n.º 9:

Suma de n.º 8 y n.º 9: \_\_\_\_\_

4.º Asigne las puntuaciones del componente 7 como sigue:

Suma de n.º 8 y n.º 9	Puntuaciones
0	0
1-2	1
3-4	2
5-6	3

Puntuación del componente 7: \_\_\_\_\_

Puntuación total del PSQI: \_\_\_\_\_