



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**Relación entre la hora de realización
de entrenamientos de resistencia y
calidad del sueño**

Alumno: Antonio Alfaro Sáez

Tutor académico: Alejandro Javaloyes Torres

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2021-2022

Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 1 |
| Contextualización..... | 1 |
| Procedimiento de revisión (Metodología) | 3 |
| Resultados..... | 4 |
| Discusión | 7 |
| Conclusiones..... | 9 |
| Propuesta de intervención..... | 9 |
| Referencias..... | 11 |
| Anexos..... | 13 |



Resumen

La hora de realización de los entrenamientos y la carga de éste puede afectar a variables de calidad del sueño y a la recuperación del deportista, por lo que el objetivo de este trabajo será dar a saber los convenientes e inconvenientes de realizar entrenamientos a según que hora del día, para maximizar la recuperación del deportista y que ésta no se vea afectada negativamente por la sobrecarga de entrenamiento. En esta revisión se ha observado que el rendimiento deportivo no se ve afectado por la hora de entrenamiento, en los entrenamientos por la mañana no se ven interferencias con variables de calidad del sueño ni actividad autónoma, pero en entrenamiento por la tarde se ve un incremento de la frecuencia cardiaca nocturna, aunque la variabilidad de la frecuencia cardiaca es estable. En variables de calidad del sueño, los autores no tienen un consenso claro para saber si los entrenamientos por la tarde afectan positiva o negativamente a la calidad de éste y a la recuperación del deportista. Los entrenamientos realizados una hora antes de dormir modifican negativamente la arquitectura del sueño, donde los deportistas pasan menos tiempo de su sueño en zona NREM, siendo esta la zona donde más hormonas vinculadas a la recuperación se segregan.

Contextualización

El deporte de resistencia durante las dos últimas décadas ha sufrido un incremento paulatino, especialmente en disciplinas de larga duración como es el maratón; sirviendo como referente y fuente de interés en estudios posteriores, que han investigado sobre la capacidad de resistencia de los corredores en estas distancias.

Las principales variables fisiológicas que se estudian para entender el rendimiento de estas disciplinas de resistencia son; el VO₂max, el porcentaje de VO₂max a intensidades submáximas y la cantidad de lactato en sangre durante el tiempo de carrera, que comúnmente se ha utilizado para localizar el “umbral anaeróbico”, siendo los resultados de estos estudios discutibles. Encontramos otras variables que son externas al organismo y que también influyen sobre el rendimiento, como son; la temperatura ambiental en la cual se realiza la carrera o los entrenamientos y el nivel de deshidratación del atleta (Sjodin and Svedenhag, 1985). Las disciplinas de larga duración son altamente dependientes de nuestro sistema cardiovascular y de un sistema de transporte eficiente del oxígeno. Se ha comprobado que en deportistas altamente entrenados en deportes de resistencia han conseguido una mayor hipertrofia del corazón y un sistema vascular más eficiente que sujetos no entrenados (Keul et al, 1982). Para entender en mayor medida los requerimientos fisiológicos de esta disciplina hay que tomar en consideración los diferentes tipos de fibras musculares que existen en el organismo, y que son: fibras tipo I, tipo IIa y tipo IIx (Padykula and Herman, 1955). En el deporte de larga duración, principalmente se utilizan las fibras tipo I, también llamadas fibras oxidativas, que se caracterizan por tener una mayor capacidad para la oxidación relacionadas con una mayor capacidad respiratoria (Ivy et al, 1955). Los atletas entrenados en resistencia se caracterizan por tener más fibras de este tipo que la población no entrenada (Costill et al.1976).

En el párrafo anterior se mencionan las principales variables fisiológicas que explican el rendimiento en deportes de larga distancia. Para obtener una mejora de dichas variables, es necesario tener un control adecuado de las variables de entrenamiento, las cuales son: intensidad, volumen y densidad del entrenamiento, que deberemos saber relacionarlas entre sí para que el deportista tenga un sobreentrenamiento adaptativo, así evitando un sobreentrenamiento no funcional. Una herramienta adecuada para medir la fatiga provocada por el manejo de estas variables es la variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV), (Vesterinen et al, 2016). El valor de la HRV nos permitirá detectar cuando un atleta, después de un periodo de entrenamiento, se siente fatigado o por el contrario podemos seguir acumulando carga y así poder identificar adaptaciones positivas o negativas en los entrenamientos (Bucheit et al,2017). Por lo cual, no solo deberemos tener en cuenta la carga de entrenamiento para mejorar el

rendimiento, sino que el descanso y los métodos de recuperación van a ser muy importantes para maximizar el rendimiento deportivo. En líneas generales, el tiempo de recuperación dependerá de la carga de entrenamiento de esa sesión o de ese periodo de sesiones, teniendo un mayor tiempo de recuperación cuanto más carga de entrenamiento tenga el deportista (Adam,1980). La correcta distribución de estas variables de entrenamiento y una recuperación adecuada producirá cambios fisiológicos y una mejora de la condición física y del rendimiento deportivo (Clemente -Suarez et al.,2018).

Los atletas de resistencia habitualmente intercalan periodos de mucha carga de entrenamiento, y periodos donde la carga de entrenamiento es más baja, para así poder alcanzar un pico de forma y que no haya tanta fatiga en periodos competitivos, por esto, debemos tener en cuenta que, en periodos de sobrecarga, los atletas necesitan un descanso y recuperación óptimos para seguir acumulando entrenamientos; no tener un sobreentrenamiento no funcional y no lesionarse (Cosca et al, 2007). Encontramos evidencias científicas que sustentan viabilidad de usar varios tipos de métodos, o estrategias de recuperación para mejorar diversos marcadores físicos y fisiológicos para la optimización del rendimiento. Unos ejemplos de las estrategias más utilizadas para recuperar son: una optimización del sueño, masajes, inmersiones en agua y el foam roller (Moraska et al, 2005), pero sin duda el método que va a determinar la recuperación óptima es el sueño (Halson et al,2008).

Como hemos mencionado, la optimización del sueño es el principal método de recuperación. En los últimos años en las sociedades modernas se ha registrado un incremento en problemas de insomnio o trastornos nocturnos, no solo afectando a la población sedentaria, sino que afecta de igual modo a deportistas ya sean aficionados o de élite (T. Myllymäki,et al.,2011). Esto se asocia a una peor calidad de vida y a una reducción a niveles de salud mental y física (S.L. Halson,2016). Especialmente en la población activa, el sueño es un factor que influye de manera relevante, ya que en este tiempo de descanso se producirán cambios fisiológicos y estructurales, como la resíntesis de glucógeno y reparación del daño muscular. Una privación de la calidad del sueño podría tener efectos perjudiciales en estos procesos y podría incrementar la fatiga mental y fisiológica (T. Myllymäki, et al.,2011).

La gran mayoría de atletas de élite prestan mucha atención a mantener una higiene del sueño adecuada, ya que esto les ayudará a recuperarse mejor tras sesiones de entrenamiento y conseguir adaptaciones, que les ayude a mejorar su rendimiento, especialmente; en periodos donde la carga de entrenamiento aumenta o es más alta (Davenne, 2009). Lo ideal sería dormir un mínimo de 7 horas diarias con una eficiencia del sueño como mínimo del 85%. La eficiencia del sueño se define como el tiempo de sueño real que se cuantifica mientras el sujeto está en la cama (Ohayon et al., 2017). Sin embargo, se ha visto que gran número de deportistas de élite tienen trastornos en el sueño que les impiden tener una buena calidad de éste y una peor recuperación post-entrenamiento (Sargent et al, 2016). En diferente literatura científica se demuestra que, en periodos de una carga alta de entrenamientos, la mayoría de los atletas no tienen una buena eficiencia del sueño (menos del 70%) (Robert et al., 2019), esto se podría deber a causas que afectan muy comúnmente a estos atletas como podrían ser; el jet lag, viajes, concentraciones en altitud, estrés competitivo, altas demandas fisiológicas del entrenamiento...

Una variable que también puede afectar a la calidad y eficiencia del sueño es la hora del día en la cual se realizan los entrenamientos y la intensidad de estos. Una pauta que ha venido siendo habitual para conseguir una mejor calidad del sueño ha sido, no realizar entrenamientos de alta intensidad en horas cercanas a la noche o antes de dormir, ya que de este modo nuestra activación simpática puede verse alterada (Stutz et al, 2019), dando lugar; a un incremento de la activación cardiovascular y un aumento de los niveles cortisol, hormona que se asocia con una respuesta al estrés (Åkerstedt 2006). Varios autores se han centrado en cómo cambia la HRV según el tipo de entrenamiento y a la hora que se realiza (Kaikkonen et al, 2007), encontrándose

que la HRV tardará en estabilizarse, oscilando desde horas a varios días. Teniendo en cuenta las recomendaciones de higiene del sueño, el ejercicio físico mejora la calidad de éste, pero no en horas cercanas a la noche, ya que podría tener efectos negativos sobre la excitación de nuestro sistema nervioso. En estudios realizados previamente sobre la modulación autonómica durante el sueño, demuestran que hay una mayor frecuencia cardiaca y una menor HRV cuando entrenamos con una intensidad moderada en horas cercanas a dormir (Hynynen et al, 2010). Sin embargo, también en un estudio realizado por T. Myllymäki, et al., 2011 se observa que, en entrenamientos de intensidad vigorosa, la HRV no se ve tan afectada. Como menciona el autor, la hora del día del entrenamiento (mañana o tarde) y la intensidad de éste (moderada o vigorosa), podría afectar a la calidad del sueño del deportista.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de fin de grado es ofrecer respuesta a las diversas contradicciones mencionadas y la falta de consenso de diferentes autores a la hora de prescribir entrenamientos y realizarlos en según qué horas del día. En líneas generales, la literatura ofrece una visión más clara de cómo controlar las variables de entrenamiento, pero no en lo que respecta a la hora del día en la cual realizarlos, considerando la intensidad y duración de éstos. Los deportistas han de contar con información clara respecto a los momentos del día en los cuales realizar sus entrenamientos, según su duración e intensidad pautadas previamente por el entrenador, y así; tener en cuenta como la hora del día de la realización del entrenamiento va a incidir sobre su recuperación y en las posteriores adaptaciones, buscando no afectar negativamente a la calidad del sueño.

Procedimiento de revisión (Metodología)

Esta revisión de literatura científica se ha hecho siguiendo las normas y la estructura de la guía PRISMA. La elección de los artículos potencialmente válidos se ha hecho a través de dos bases de datos; PubMed y SPORTDiscus. En esta fase de búsqueda no se han encontrado restricciones en el lenguaje. En esta búsqueda bibliográfica se han hecho varios intentos con varias palabras clave, pero la búsqueda más efectiva y preciso fue usando las siguientes palabras clave: en la base de datos SPORTDiscus he utilizado las palabras “endurance training or distance training” AND “sleep”. En la base de datos PubMed he utilizado las siguientes palabras para encontrar bibliografía; “endurance” OR “distance” AND “training” AND “day” AND “time” AND “sleep”. Un solo artículo válido ha sido utilizado para los estudios escogidos y resultados. Esta búsqueda se dio en la fecha 05-05-2022.

Conforme a la elección de los potenciales artículos, se han elegido varios criterios de elegibilidad siguiendo los criterios de PICO (participantes, intervención, comparación y resultados) siendo estos los siguientes: (a) población masculina sedentaria sin enfermedades, población masculina que ha entrenado con anterioridad deporte de resistencia a pie, población masculina media o altamente entrenada en deporte de resistencia a pie (participantes); (b) las variables a estudiar en estos estudios seleccionados son los cambios en la actividad cardiaca autónoma nocturna y calidad del sueño subjetiva (intervención); (c) entrenamiento de resistencia a pie prescrito al grupo control (comparación); (d) variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV) y variables medidas mediante actígrafo de la calidad del sueño, siendo estas la eficiencia de sueño, el tiempo de sueño y movimientos del sujeto en tiempo de sueño.

La siguiente información es la extraída de los estudios: (a) características de los participantes según su nivel de actividad física, sedentarios con salud, población media o altamente entrenada en carrera a pie, (b) características de los entrenamientos, solamente entrenamientos de intensidad moderada o entrenamientos de intensidad vigorosa en deporte de resistencia a pie, (c) características metodológicas de los estudios (hora del día de realización

de los entrenamientos, variabilidad de la frecuencia cardiaca nocturna, eficiencia del sueño, calidad subjetiva del sueño y tiempo de sueño).

En la extracción de datos se han encontrado los siguientes puntos clave para analizar los entrenamientos y sus efectos en la calidad del sueño y así tener una muestra y metodología común entre los estudios: sobre la muestra se ha de decir que serán hombres con un nivel de condición física, donde se ha medido su peso corporal y su VO2max mediante una prueba de esfuerzo incremental, teniendo datos desde 45 ml/kg/min hasta 70 ml/kg/min, es decir, la muestra es muy variada en cuanto a condición física. Toda esta muestra se ha sometido a un entrenamiento para la extracción de datos medido en una cinta de correr, es decir, todos los entrenamientos han sido de carrera a pie en una sala de estudio. En esta extracción de datos también hemos encontrado la duración de la intervención y en algunos casos, un tiempo previo de familiarización con algunos instrumentos de medida. La metodología, los instrumentos de medida y las variables de entrenamiento y posterior análisis y toma de resultados también son descritos en los estudios escogidos.

Resultados

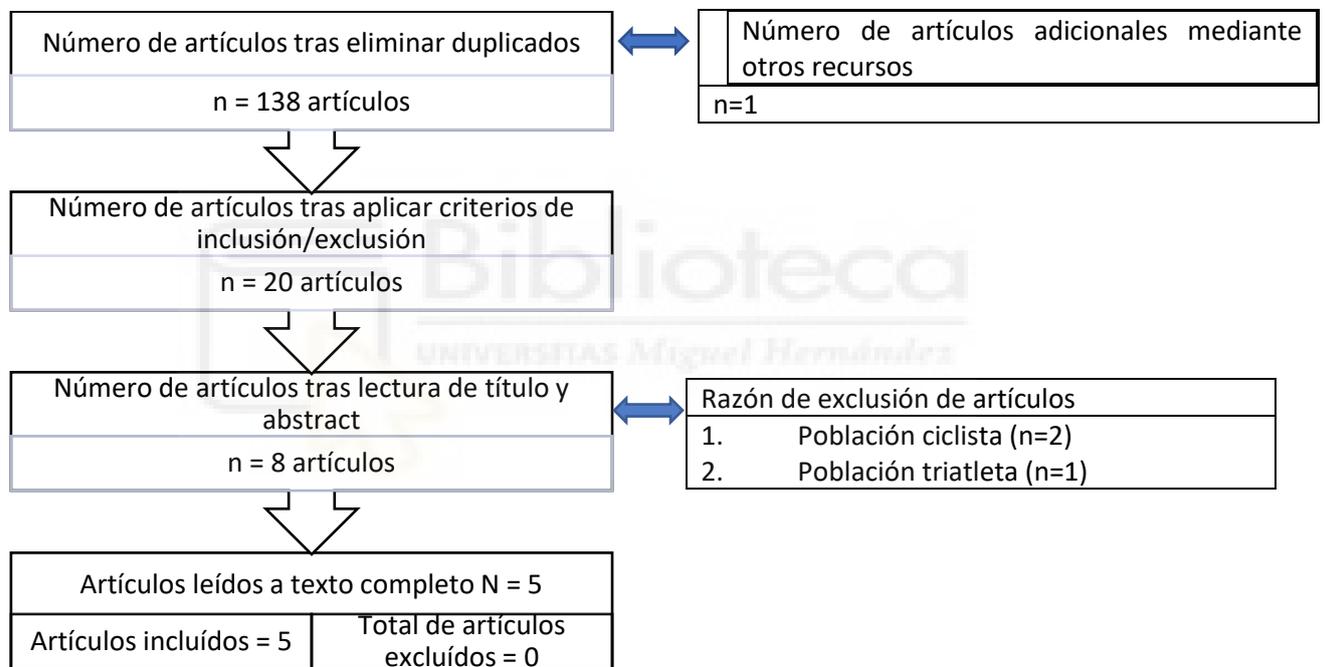


Figura 1. Diagrama de flujo de la información a través de las diferentes fases de la revisión

Tabla 1. Características de estudios incluidos y resultados.

| Autor y año | Muestra | Duración | Método | Instrumentos evaluación | Resultados |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|--|---|---|
| Ramos-Campos et al., 2019 | 14 corredores altamente entrenados Edad 20-34 años VO2max=66.4 ml/kg/min | 2 semanas 4 veces/semana 1 hora | Comprobar si los entrenamientos de resistencia por la mañana o tarde y moderados o vigorosos, afecta a la calidad del sueño. | -Sistema de monitorización de actigrafía -Cuestionario MEQ | -Misma HRV en todos los entrenamientos. -Mejor calidad de sueño cuando se entrena por la mañana. -Menor calidad del sueño en entrenamientos por la tarde vigorosos. |
| Yuda et al., 2018 | 5 sujetos sedentarios Edad 20-40 años | 2 semanas 30 min de entrenamiento | Comprobar cómo influye la hora del entrenamiento sobre la HR nocturna, HRV y calidad del sueño. | -ECG -CDM | -Entrenamientos por la mañana no afectan a la HRV nocturna |
| Thomas et al., 2019 | 8 corredores medianamente entrenados Edad 21-34 años Vo2max 57 ml/kg/min | 4 días 1 hora | Comprobar si los entrenamientos 3,5 horas antes de dormir a diferente intensidad afectan a la calidad del sueño | -Polisomnografía -Pulsera de actigrafía -PSQI | - Actividad cardíaca autónoma aumenta en entrenamientos vigorosos. - La intensidad no afecta a la calidad del sueño. |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| Aloulou et al., 2019 | 12 corredores altamente entrenados Edad 27-35 años Vo2max=69 ml/kg/min | 1 semana familiarización 3 días de experimento Sesión de entrenamiento de 48min | Comprobar el efecto de realizar entrenamientos de alta intensidad e interválico a las 21:00 y su relación con el sueño. | -Polisomnografía -Pulsera de actigrafía -Píldoras para medir temperature corporal. -ECG -SSI | -Incremento del sueño NREM y menor sueño REM en alta intensidad e interválico. -Mayor frecuencia cardiaca y temperatura corporal en las primeras 3 horas de sueño en alta intensidad e interválico. |
| Myllymaki et al., 2012 | 14 sujetos físicamente activos 30-40 años Vo2Max= 49 ml/kg/min | 5 días con entrenamientos separados por 48h Entrenamientos de 30, 60 o 90 min a diferentes intensidades | Comprobar como afecta la duración y la intensidad de los entrenamientos realizados a las 18:00 sobre la actividad cardiaca nocturna y calidad del sueño subjetiva. | -ECG -Pulsera de actigrafía -Escala analógica visual | -HR nocturna mayor en intensidad moderada y vigorosa comparando con grupo control, pero misma calidad del sueño. -Mayor HR nocturna en entrenamientos de 90 min comparado con 60 y 30 min,pero misma HRV y calidad del sueño en los 3 grupos. |
| <p>MI= mililitro Kg=kilogramo Min=minuto MEQ= The Morningness-Eveningness Questionnaire HRV=Hearth Rate Variability ECG=Electrocardiograma CDM=Methods of Complex Demodulation HR=Hearth Rate PSQI= Pittsburgh Sleep Quality Index REM= Rapid eye movement NREM=Non Rapid Eye Movement SSI=Spiegel Sleep Inventory</p> | | | | | |

Discusión

El objetivo de esta discusión será comparar las principales variables que afectan a la calidad del sueño tras entrenamientos o periodos de entrenamiento de larga duración a pie. En los diferentes artículos se han extraído datos que relacionan la hora de realización de la práctica deportiva con la intensidad y duración del entrenamiento para sacar conclusiones en las horas de sueño, que es donde nos centraremos en esta parte del trabajo, estudiando y analizando las variables en horas de sueño.

Los entradores no solo deben tener en cuenta la carga del entrenamiento, sino la hora en la cual será más eficaz realizar estos entrenamientos previamente pautados (Vitale et al.,2017). Por lo que la primera variable que se analizará será los efectos que tienen los entrenamientos según su intensidad y duración y la hora de su realización con la mejora de la condición física o rendimiento. En ningún estudio se han encontrado cambios significativos en el nivel de mejora o rendimiento, es decir, la hora de realización del entrenamiento y su carga no va a interferir en el nivel de rendimiento deportivo, por lo que los entrenamientos se deberían realizar a la hora que normalmente el deportista realiza éstas (Chtourou et al.,2012), pero como veremos a continuación, el descanso va a ser diferente según la hora de entrenamiento, por lo que, a largo plazo, el rendimiento deportivo podría ser diferente según la hora y la carga de los entrenamientos anteriores.

La siguiente variable para analizar será la función autónoma, en concreto la variabilidad de la frecuencia cardiaca y la frecuencia cardiaca nocturna. En estudios anteriores se cuenta que, en la noche, nuestra rama parasimpática del sistema nervioso está más activada, sin embargo, al realizar ejercicio físico a horas cercanas a las del sueño, puede interferir en esto y provocando una activación mayor en la rama simpática del sistema nervioso (Myllymaki et al.,2012), pero los resultados mostrados en el estudio de Ramos-Campo et al.,2019, se muestra que la variabilidad de la frecuencia cardiaca nocturna no cambia debido a la intensidad del ejercicio y a la hora de su realización (Arias et al.,2016). Myllymaki et al.,2012 también nos dice que la HRV nocturna no cambia debido a una intensidad vigorosa de 30 minutos de entrenamiento, pero lo que sí va a cambiar va a ser la frecuencia cardiaca nocturna, habiendo un incremento en ésta. Otro estudio demostró que realizar ejercicio antes de la hora de dormir, siguiendo un entrenamiento a pie de 50 minutos con una intensidad moderada, incrementará la frecuencia cardiaca nocturna y la HRV será menor post entrenamiento, pero en valores absolutos no habrá cambios en la HRV nocturna (Hynynen et al.,2010). Debemos tener en cuenta que realizar ejercicio incrementando la intensidad dará lugar a que la recuperación del deportista sea menor (Kaikkonen et al.,2007), pero los mayores inconvenientes con esto se mostrarán en sujetos que no tienen un buen nivel de condición física (Gladwell et al., 2010). En los estudios más recientes se muestran que los entrenamientos que tienen más interferencia con la HRV y HR nocturna, son los de larga duración, por ejemplo, un entrenamiento de intensidad moderada que dure 90 minutos tendrá mayores efectos negativos sobre la rama simpática del sistema nervioso frente a un entrenamiento de esta misma intensidad con una duración de 60 minutos (Hynynen et al., 2010). La mayoría de estudios demuestran que la HRV nocturna no variará según el tipo de entrenamiento al realizarlo a horas cercanas a las de sueño, pero que según la intensidad que se realice el entrenamiento, la HR nocturna sí cambiará, teniendo mayores valores cuanto más largo sea el entrenamiento, pero estos estudios quedan en el acuerdo de que a pesar de que haya cambios en la actividad cardiaca, no resultará muy relevante para la posterior calidad del sueño, es decir, éste cambio no es la razón de que los patrones nocturnos de sueño se vean modificados.

La última variable de discusión será la calidad del sueño, teniendo en cuenta la duración y la intensidad de los entrenamientos. En el estudio de Ramos-Campo et al., 2019, midieron la calidad del sueño mediante un sistema de monitorización de actigrafía, donde se comparaban entrenamientos realizados por la mañana y por la tarde a intensidad moderada o vigorosa. En este estudio, los corredores que realizaban los entrenamientos a intensidad moderada por la mañana se sentían más calmados durante el día en comparación a los corredores que realizaron los entrenamientos por la tarde con una intensidad moderada, lo mismo pasó con los que entrenaban de forma vigorosa por la mañana, sintiéndose más descansados durante el día en comparación a realizarlos por la tarde. Estos resultados sumados a los instrumentos de monitorización de la calidad del sueño muestran que los corredores que realizan entrenamiento de intensidad vigorosa por la tarde tienen una calidad del sueño menor a los corredores que entrenaban por la mañana, o por la tarde a intensidad moderada. Vitale et al 2017 muestra también que los entrenamientos que se realizan por la mañana de intensidad vigorosa no tienen efectos negativos en la calidad del sueño, pero sí los que se realizan por la tarde. Estos resultados entran en desacuerdo con los de Myllymaki et al., 2012, ya que en su estudio se muestra que realizar entrenamientos con intensidad vigorosa a horas cercanas a las del sueño, no afecta a la calidad de éste ni al descanso del deportista independientemente de la duración del entrenamiento. En suma a este estudio se encuentran otros como Youngstedt et al.,1999, donde ciclistas altamente entrenados, que realizaron un entrenamiento de 180 minutos a un 70% de su VAM (velocidad aeróbica máxima), terminando el entrenamiento 30 minutos antes de dormir, y no se encontraron efectos negativos en la calidad del sueño. Mismos resultados se encontraron en entrenamientos realizados por la tarde a una VAM del 60% o una actividad a baja intensidad en entrenamientos de una hora (O'Connor et al., 1998). Thomas et al., 2019, también apoya estos resultados, indicando que entrenar por la tarde de forma vigorosa no afecta a la calidad del sueño de los corredores y que incluso el tiempo total de sueño puede ser mayor en este tipo de entrenamientos, aunque estos datos no concuerdan con la guía general de higiene del sueño, que nos indica que hay que evitar los entrenamientos de alta intensidad a horas cercanas al sueño debido a una mayor actividad de la rama simpática (American Sleep Association 2019). En varios estudios realizados con población no deportista, se muestra que nuestra calidad del sueño va a depender de las horas que quedan al finalizar el entrenamiento hasta la de ir a dormir (Stutz et al.,2019). En entrenamientos de alta intensidad realizados 2-4 horas antes de dormir, se muestra que se mejoran variables como la eficiencia del sueño y el sueño NREM (Dworak et al.,2008). Sin embargo, en entrenamientos donde se termina una hora antes de dormir, se han encontrado resultados contrarios, donde la eficiencia y calidad del sueño es peor (Oda and Shirakawa 2014).

Hablando de la arquitectura del sueño, en estudios como el de Aloulou et al.,2019, se muestra que al realizar entrenamientos de alta intensidad 2 horas antes de dormir, éste se modifica, habiendo un aumento del sueño ligero y un menor tiempo en sueño REM (rapid eye movement) comparado con el grupo que descansaba. La SWS (slow wave sleep), se encuentra en la zona de sueño NREM (non rapid eye movement), que se caracteriza por un sueño profundo y es donde se van a producir todos los procesos de recuperación muscular y fisiológica, zona de sueño donde se segrega en mayor medida la hormona de crecimiento, esencial para una buena recuperación post entrenamiento. En este estudio, la SWS muestra valores menores, pero no de forma significativa comparando con el grupo control. En otros estudios también se muestra un decremento de la SWS en atleta altamente entrenados, pero en periodos de tapering o descanso, habiendo menor porción de sueño con SWS en este periodo que en otros bloques de alta intensidad, por lo que no está claro por qué esta etapa de sueño de onda lenta se ve modificada según las intensidades de los entrenamientos (Taylor et al.,1997).

Conclusiones

Los resultados de la búsqueda bibliográfica en este trabajo muestran que la hora de realización del entrenamiento de resistencia no influye en la mejora de la condición física, pero sí puede afectar a la recuperación post entrenamiento. Los entrenamientos realizados que más influencia tienen sobre la HR nocturna y la HRV son los entrenamientos de alta intensidad de larga duración por la tarde, obteniendo mayores valores post entrenamiento de forma significativa de la HR nocturna, y menores valores de HRV, aunque no es significativo, pero esto no determinará la calidad del sueño del deportista. En la calidad del sueño muchos autores muestran resultados contradictorios, donde algunos muestran que ésta se ve perjudicada con entrenamientos de alta intensidad a horas cercanas a las del sueño, aunque otros muestran que realizar los entrenamientos a altas horas del día, no produce cambios negativos en la calidad del sueño y que incluso podría favorecer a una mejor calidad de ésta. Para terminar, se muestra que la recuperación se puede ver afectada tras un entrenamiento en horas cercanas a las de sueño, ya que la arquitectura del sueño puede cambiar, dando lugar a un menor tiempo en zona de sueño NREM, que es aquí donde se producen en mayor medida los procesos de recuperación tras los entrenamientos.

Propuesta de intervención

En la discusión de esta revisión se ha visto que los entrenamientos a horas cercanas a la de sueño, sí puede influir y modificar el patrón nocturno y el descanso del deportista, por lo que esta propuesta de intervención se centrará en la realización de los entrenamientos de resistencia en horas cercanas a las del sueño, en concreto una hora antes de dormir.

La principal limitación de esta revisión es que la mayoría de los estudios tiene una fase de familiarización con los instrumentos de medida de una o dos semanas, pero los datos solamente se recogen de entrenamientos de un solo día, por lo que la idea de esta propuesta de intervención será recoger y analizar los datos de patrones de sueño y función autónoma del sistema nervioso en microciclos de 7 a 10 días. Para ello, se utilizará como muestra atletas altamente entrenados en deporte de resistencia a pie y se dividirá la muestra en tres grupos; un grupo será llamado "grupo control", que realizará un microciclo de carga, sin minimizar o maximizar ésta comparándola con microciclos de carga anteriores; otro grupo realizará un microciclo de impacto, en el que la carga de entrenamiento se verá incrementada comparada con el grupo que realizará un microciclo de carga; y el último grupo, minimizará la carga comparándolo con el grupo control. Todos ellos realizarán los entrenamientos una hora antes de la del sueño, para ver como afecta una carga baja o una carga alta de entrenamiento a la calidad del sueño y a variables fisiológicas. La duración de esta intervención será de 4 semanas, donde los atletas tendrán 3 semanas para familiarizarse con los instrumentos de medida y su utilización y realizar una prueba para medir la potencia crítica (**Anexo I**) que consistirá en correr 180 segundos a velocidad máxima para obtener resultados de la potencia en los últimos segundos de esta prueba (Pettitt et al., 2012), y una última semana donde se recogerán todos los datos referidos a calidad de sueño, función autónoma y recuperación del deportista. El método utilizado en esta propuesta será ver como afecta la carga de entrenamiento (microciclo de impacto y microciclo de recuperación) en un periodo de una semana cuando se realizan los entrenamientos una hora antes de dormir. Para ello se utilizarán los siguientes instrumentos de medida; para medir la carga interna del deportista en los entrenamientos se utilizará un pulsómetro de pecho para medir frecuencia cardiaca, para medir la carga externa se utilizará un potenciómetro (**Anexo II**), para controlar la intensidad del entrenamiento.

Para medir la frecuencia cardiaca nocturna y la variabilidad de la frecuencia cardiaca y calidad del sueño para ver la cantidad de despertares nocturnos, tiempo y eficiencia del sueño se utilizará una pulsera de actigrafía (**Anexo III**), y PSQI (Pittsburgh Sleep Quality Index) se utilizará para medir la calidad subjetiva del sueño del sujeto (**Anexo IV**).

El objetivo de esta propuesta de intervención es ver como afecta una suma de cargas continuada realizando entrenamientos una hora antes de dormir para ver si esta metodología afecta de forma negativa o en cambio mejora la recuperación, lo mismo entrenamientos de baja carga realizados una hora antes de dormir, para ver si esta metodología mejora la recuperación y calidad del sueño.



Referencias

- Aloulou, A., Duforez, F., Bieuzen, F., & Nedelec, M. (2020). The effect of night-time exercise on sleep architecture among well-trained male endurance runners. *Journal of Sleep Research, 29*(6), e12964.
- Bezuglov, E., Lazarev, A., Khaitin, V., Chegin, S., Tikhonova, A., Talibov, O., ... & Waśkiewicz, Z. (2021). The Prevalence of Use of Various Post-Exercise Recovery Methods after Training among Elite Endurance Athletes. *International journal of environmental research and public health, 18*(21), 11698.
- Blanchfield, A. W., Lewis-Jones, T. M., Wignall, J. R., Roberts, J. B., & Oliver, S. J. (2018). The influence of an afternoon nap on the endurance performance of trained runners. *European journal of sport science, 18*(9), 1177-1184.
- Cantwell JD. Cardiovascular aspects of running. *Clin Sports Med.* 1985 Oct;4(4):627-40
- Halson, S. L., & Juliff, L. E. (2017). Sleep, sport, and the brain. *Progress in brain research, 234*, 13-31.
- Kupfer, D. J., Sewitch, D. E., Epstein, L. H., Bulik, C., McGowen, C. R., & Robertson, R. J. (1985). Exercise and subsequent sleep in male runners: failure to support the slow wave sleep-mood-exercise hypothesis. *Neuropsychobiology, 14*(1), 5-12.
- Mah, C. D., Kezirian, E. J., Marcello, B. M., & Dement, W. C. (2018). Poor sleep quality and insufficient sleep of a collegiate student-athlete population. *Sleep health, 4*(3), 251-257.
- Martin, B. J. (1981). Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 47*(4), 345-354.
- Myllymäki, T., Rusko, H., Syväoja, H., Juuti, T., Kinnunen, M. L., & Kyröläinen, H. (2012). Effects of exercise intensity and duration on nocturnal heart rate variability and sleep quality. *European journal of applied physiology, 112*(3), 801-809.
- Ramos-Campo, D. J., Ávila-Gandía, V., Luque, A. J., & Rubio-Arias, J. Á. (2019). Effects of hour of training and exercise intensity on nocturnal autonomic modulation and sleep quality of amateur ultra-endurance runners. *Physiology & behavior, 198*, 134-139.
- Randell, R. K., Anderson, R., Carter, J. M., & Rollo, I. (2021). Self-reported current sleep behaviors of adult athletes from different competitive levels and sports. *Sleep Science, 14*(Spec 1), 1.
- Sjödín B, Svedenhag J. Applied physiology of marathon running. *Sports Med.* 1985 Mar-Apr;2(2):83-99.
- Souissi, W., Hammouda, O., Ayachi, M., Ammar, A., Khcharem, A., de Marco, G., ... & Driss, T. (2020). Partial sleep deprivation affects endurance performance and psychophysiological responses during 12-minute self-paced running exercise. *Physiology & behavior, 227*, 113165.
- Talan, D. A., Bauernfeind, R. A., Ashley, W. W., Kanakis Jr, C., & Rosen, K. M. (1982). Twenty-four hour continuous ECG recordings in long-distance runners. *Chest, 82*(1), 19-24.
- Thomas, C., Jones, H., Whitworth-Turner, C., & Louis, J. (2020). High-intensity exercise in the evening does not disrupt sleep in endurance runners. *European journal of applied physiology, 120*(2), 359-368.

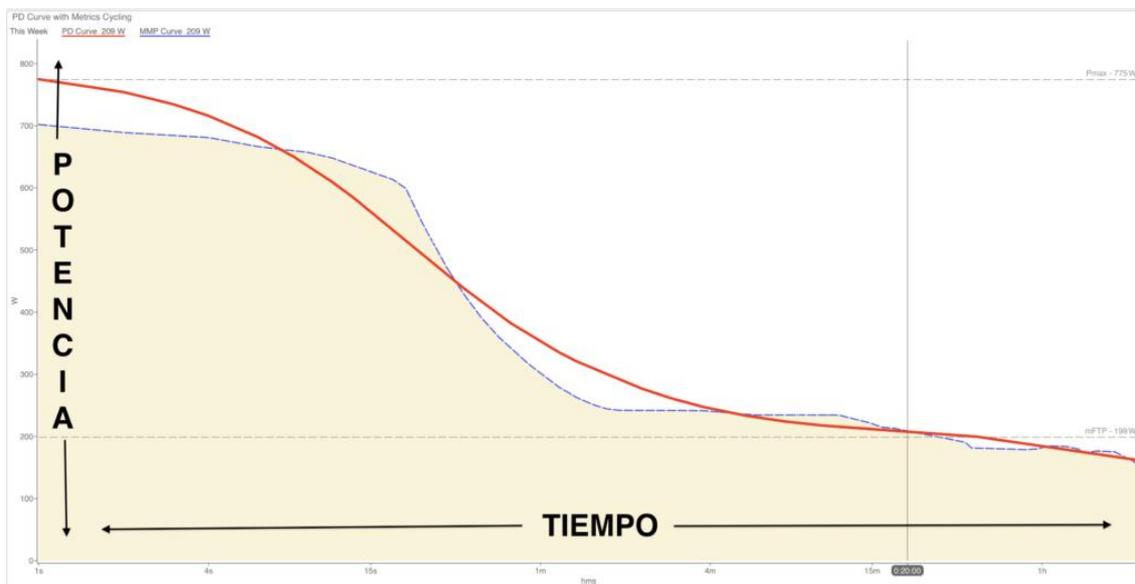
Youngstedt, S. D. (2005). Effects of exercise on sleep. *Clinics in sports medicine*, 24(2), 355-365.

Yuda, E., Moriyama, Y., Mori, T., Yoshida, Y., Kawahara, M., & Hayano, J. (2018). Acute effects of endurance exercise on nocturnal autonomic functions in sedentary subjects: a pilot study. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(1), 113.



Anexos

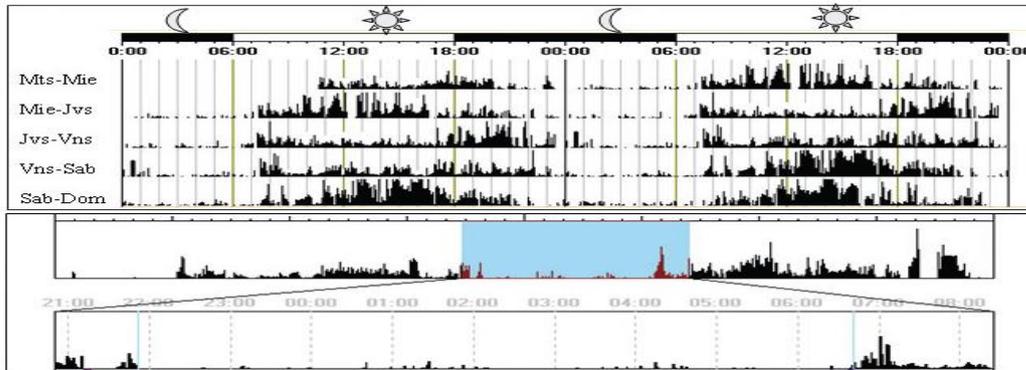
ANEXO I:



Anexo II:



Anexo III:



Anexo IV: Cuestionario referente a la semana anterior

The Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

Instructions: The following questions relate to your usual sleep habits during the past month only. Your answers should indicate the most accurate reply for the majority of days and nights in the past month. Please answer all questions. During the past month,

1. When have you usually gone to bed? _____
2. How long (in minutes) has it taken you to fall asleep each night? _____
3. When have you usually gotten up in the morning? _____
4. How many hours of actual sleep do you get at night? (This may be different than the number of hours you spend in bed) _____

| 5. During the past month, how often have you had trouble sleeping because you... | Not during the past month (0) | Less than once a week (1) | Once or twice a week (2) | Three or more times week (3) |
|---|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------|
| a. Cannot get to sleep within 30 minutes | | | | |
| b. Wake up in the middle of the night or early morning | | | | |
| c. Have to get up to use the bathroom | | | | |
| d. Cannot breathe comfortably | | | | |
| e. Cough or snore loudly | | | | |
| f. Feel too cold | | | | |
| g. Feel too hot | | | | |
| h. Have bad dreams | | | | |
| i. Have pain | | | | |
| j. Other reason(s), please describe, including how often you have had trouble sleeping because of this reason(s): | | | | |
| 6. During the past month, how often have you taken medicine (prescribed or "over the counter") to help you sleep? | | | | |
| 7. During the past month, how often have you had trouble staying awake while driving, eating meals, or engaging in social activity? | | | | |
| 8. During the past month, how much of a problem has it been for you to keep up enthusiasm to get things done? | | | | |
| | Very good (0) | Fairly good (1) | Fairly bad (2) | Very bad (3) |
| 9. During the past month, how would you rate your sleep quality overall? | | | | |

- Component 1 #9 Score C1 _____
- Component 2 #2 Score (≤ 15 min=0; 16-30 min=1; 31-60 min=2, >60 min=3) + #5a Score
(if sum is equal 0=0; 1-2=1; 3-4=2; 5-6=3) C2 _____
- Component 3 #4 Score (>7=0; 6-7=1; 5-6=2; <5=3) C3 _____
- Component 4 (total # of hours asleep)/(total # of hours in bed) x 100
>85%=0, 75%-84%=1, 65%-74%=2, <65%=3 C4 _____
- Component 5 Sum of Scores #5b to #5j (0=0; 1-9=1; 10-18=2; 19-27=3)..... C5 _____
- Component 6 #6 Score C6 _____
- Component 7 #7 Score + #8 Score (0=0; 1-2=1; 3-4=2; 5-6=3)..... C7 _____

Add the seven component scores together **Global PSQI Score** _____

Buyssse, D.J., Reynolds III, C.F., Monk, T.H., Berman, S.R., & Kupfer, D.J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Journal of Psychiatric Research*, 28(2), 193-213.

Reprinted with permission from copyright holder for educational purposes per the University of Pittsburgh, Sleep Medicine Institute, Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) website at <http://www.sleep.pitt.edu/content.asp?id=1484&subid=2316>.