



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

MEJORA DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN
RESISTENCIA A TRAVÉS DEL ENTRENAMIENTO DE LA
MUSCULATURA INSPIRATORIA.

Alumno: Alejandro Gómiz Pérez

Tutor académico: Alejandro Javaloyes Torres

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2022-2023

Contenido

Resumen.....	1
Contextualización.....	2
Procedimiento de revisión (Metodología).....	4
Características de estudios incluidos y resultados.....	5
Discusión.....	9
Conclusiones.....	10
Propuesta de intervención.....	11
Referencias.....	13
Anexos.....	19



Resumen

Encontramos disponible una amplia gama de literatura científica sobre estudios del sistema respiratorio, sistema que puede limitar la actividad física en individuos saludables que realizan deportes de larga duración. Por este motivo, esta revisión tiene como objetivo identificar qué limitaciones produce el sistema respiratorio en el rendimiento físico de deportes de resistencia, centrándose en el ciclismo. Comúnmente, estos estudios usan el instrumento conocido como Powerbreathe, donde podremos ver los resultados más significativos obtenidos por los diversos investigadores que han realizado estudios de diferentes formas en la población característica: ciclistas.

Con los resultados recopilados, tras la lectura de varias investigaciones centradas en el trabajo de la musculatura inspiratoria, se muestran diferentes formas de entrenamiento, dando lugar a diferentes resultados. Como logros de los estudios encontramos, en algunos, mejoras significativas, mientras que en otros no se han mostrado grandes cambios en el rendimiento físico de ciclista, sobre todo en $VO_2\text{max}$.

No obstante, tras la revisión de todos los artículos disponible de esta población, se ha podido recopilar información sobre cómo se limita el rendimiento físico con la musculatura respiratoria no entrenada. Por este motivo, es necesario plantear nuevas metodologías de entrenamiento, nuevos protocolos y nuevas planificaciones, para de esta forma, disminuir el factor limitante de la musculatura respiratoria antes esfuerzos físicos



Contextualización

Los deportistas, ante las sesiones de entrenamiento, están expuestos a estímulos de ejercicio sistemático y repetitivo, con el objetivo de inducir adaptaciones específicas al mismo (Mujika, 2017). Con el entrenamiento se consigue un estímulo, derivado del trabajo muscular, que produce un efecto al que conocemos como proceso de adaptación (Zintl, 1991). Podemos desglosar el entrenamiento de un deportista en dos aspectos fundamentales. En primer lugar, tenemos la carga externa, que consiste en una evaluación objetiva del esfuerzo realizado por el deportista después de cada sesión de entrenamiento o competición. Por otro lado, encontramos la carga interna, que se refiere al desequilibrio homeostático en los procesos fisiológicos y metabólicos que ocurren durante cada sesión de entrenamiento o competición (Mujika, 2017). Sin embargo, hay que tener en cuenta la variabilidad individual para responder al entrenamiento adecuadamente (Tschien, 1997). Para de esta forma, conseguir adaptaciones al entrenamiento y conseguir una buena resistencia, que es la capacidad de sostener una determinada intensidad el máximo tiempo posible sin síntomas de fatiga (Martin et al, 2001). Teniendo en cuenta que acumular una alta carga de entrenamiento, con recuperaciones insuficientes entre sesiones, puede provocar un menor rendimiento del deportista (Manzi, 2015). Por este motivo, con el entrenamiento, buscamos acercar al deportista a la máxima tolerancia posible de carga, sin sobrepasar los límites, con el objetivo de alcanzar el máximo rendimiento deportivo (Hoogeveen y Schep, 1997). Sin embargo, cuando la carga impuesta es excesivamente alta y el tiempo de recuperación resulta insuficiente, pueden surgir signos de fatiga en el cuerpo debido a una falta de asimilación adecuada de esta carga (Selye, 1976). Tratando de abordar esta problemática, se recalca la importancia de periodizar las cargas de entrenamiento para asegurar una correcta recuperación (Budgett, 1998). Por tanto, es esencial vigilar y medir la carga de entrenamiento con el fin de determinar cuándo un atleta se adapta al programa de entrenamiento y reducir al mínimo el riesgo de exceso de entrenamiento, lesiones o enfermedades (Mujika, 2017). Esto nos permitirá lograr una resistencia óptima que facilite la capacidad de resistir la fatiga en esfuerzos prolongados y/o recuperarse más rápidamente tras el ejercicio (Navarro Valdivieso, 1998).

Podríamos afirmar que nuestro principal objetivo durante el entrenamiento es mejorar la resistencia. Esto nos permitirá retrasar la aparición de la fatiga y aumentar la tolerancia (García-Verdugo, 2007). Sin embargo, lograr una programación adecuada requiere un control riguroso del entrenamiento y una cuidadosa medición de las cargas a las que se someten los atletas. Los mejores resultados se obtienen al prescribir una carga de entrenamiento físico adecuada y combinarla con períodos adecuados de recuperación, lo que promueve una adaptación fisiológica óptima antes de la competencia (Bannister, 1999).

No obstante, es importante reconocer que prescribir cargas de entrenamiento apropiadas para diferentes deportistas resulta desafiante, dado que se deben planificar una variedad de ejercicios que aborden la mejora de la técnica, la capacidad aeróbica, la fuerza y la velocidad (García-Verdugo, 2007). Todo esto debe adaptarse a las características fisiológicas y habilidades técnico-coordinativas de cada deportista. El entrenamiento de todos estos componentes puede requerir una considerable cantidad de tiempo. Además, esta situación se vuelve más complicada durante el período competitivo, cuando se suceden varias competiciones que generan estrés adicional, tanto físico como mental (Mellalieu et al., 2009).

Por ello, es muy importante monitorizar la carga de entrenamiento para saber con qué limitaciones nos podemos encontrar. Sabemos que el propio trabajo de bicicleta, el específico del deporte, ya hace mejorar cuando el estímulo es apropiado. También que el trabajo de fuerza fuera de la bicicleta también mejora el rendimiento en la propia bicicleta (Sunde et al, 2010). Sin embargo, encontramos en la musculatura inspiratoria, un área poco estudiada (Fitting, 1991). Sin embargo, la musculatura respiratoria, compuesta por el diafragma, los músculos intercostales y los músculos accesorios, permiten la entrada y la salida de aire en los pulmones, sin saber hasta qué punto la función del sistema respiratorio pueda jugar un papel importante en la limitación del rendimiento, ya sea en personas sanas o en deportistas de alto nivel, solo sabemos que la fuerza de la función cardiorrespiratoria disminuye con la edad (Abreu et al, 2020). Es decir, el mecanismo que engloba los músculos inspiratorios, el cambio en el flujo sanguíneo de las extremidades y el rendimiento deportivo, aún requiere investigación en todas las intensidades (Chang et al, 2021).

La musculatura encargada de la respiración está formada por diferentes músculos, entre los cuales se encuentran el diafragma y los músculos accesorios como los intercostales, los escalenos y el esternocleidomastoideo (Segizbaeva et al., 2015). Durante actividades físicas de alta intensidad, aproximadamente el 15% del oxígeno utilizado por el cuerpo se destina a los músculos respiratorios para que puedan llevar a cabo su función (Turner et al., 2012). Esto significa que la capacidad de los músculos respiratorios puede convertirse en un factor limitante durante el ejercicio. Sin embargo, es posible mejorar la resistencia y reducir la fatiga de estos músculos mediante un entrenamiento adecuado. Sorprendentemente, pocos deportistas han prestado atención a este aspecto para potenciar su rendimiento.

Se ha establecido que los músculos respiratorios pueden fatigarse al igual que otros músculos, lo que lleva a una acumulación de metabolitos que reduce el flujo sanguíneo y de oxígeno a los músculos principales utilizados en el ciclismo, como los cuádriceps (Wüthrich et al., 2013). Por lo tanto, al aplicar los principios básicos del entrenamiento, como la especificidad y la sobrecarga, a los músculos respiratorios, se ha observado mejoras al entrenar durante 30 minutos al día con dispositivos de restricción de aire (Segizbaeva et al., 2015). Estas mejoras se traducen en un mejor rendimiento en deportes de resistencia (McConnell, 2014) y se producen cambios tanto estructurales como funcionales. El entrenamiento parece aumentar el umbral de fatiga de los músculos respiratorios, mejorando su eficiencia y permitiendo que una menor cantidad del gasto metabólico del ejercicio intenso se destine a estos músculos (Johnson, 2007), ya que el sistema respiratorio puede limitar el ejercicio. Podemos decir que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria se utiliza cada vez más en el ámbito clínico y deportivo, especialmente para mejorar la capacidad aeróbica, tanto en enfermos para aumentar su calidad de vida (Turner et al., 2011), como en personas sanas para mejorar su rendimiento físico (Illi et al., 2012).

Se han realizado estudios con ciclistas que demuestran cómo un plan adecuado de entrenamiento de los músculos respiratorios puede aumentar su fuerza, resistencia y rendimiento deportivo (Gething et al., 2004). Sin embargo, se necesita más investigación para determinar con precisión qué tipo de mejoras se pueden obtener a través del entrenamiento específico de los músculos respiratorios y qué métodos utilizar. Los principales factores que limitan el rendimiento físico de alta intensidad en relación con la respiración son: limitaciones en la mecánica pulmonar, limitación en la difusión pulmonar, reflejo metabólico respiratorio y

fatiga muscular respiratoria. Estos últimos dos factores son fundamentales en cuanto a su relación con el entrenamiento de los músculos respiratorios (López-Chicharro y Fernández-Vaquero, 2001).

El reflejo metabólico respiratorio se produce como consecuencia de la fatiga de los músculos respiratorios durante un esfuerzo intenso y sostenido. Esto provoca una constricción de los vasos sanguíneos a través del sistema nervioso simpático, lo que afecta al flujo sanguíneo en los músculos esqueléticos activos debido a un reflejo metabólico mediado por los músculos respiratorios (Locar-Santiago et al., 2020). Por lo tanto, un protocolo de entrenamiento adecuado de los músculos respiratorios puede mejorar la tolerancia a la fatiga y la eficiencia respiratoria, lo que podría retrasar la aparición del reflejo metabólico respiratorio. Sin embargo, también existe la fatiga muscular respiratoria, que se refiere a una disminución reversible de la fuerza que el músculo puede desarrollar durante la contracción, lo que puede llevar a una incapacidad para mantener un nivel adecuado de ventilación según las necesidades requeridas (Illi et al., 2012).

Dentro del ámbito del ciclismo, se han observado mejoras significativas en el desempeño de los músculos respiratorios y el rendimiento físico en los ciclistas. Se han encontrado efectos positivos en las capacidades pulmonares en movimiento, la percepción del esfuerzo y pruebas específicas de 20 y 40 kilómetros (Romer et al., 2006). Además, se ha demostrado que el entrenamiento de los músculos inspiratorios utilizando la técnica de hiperapnea isocápnica (aumento del volumen de aire inhalado por unidad de tiempo) puede mejorar el rendimiento de los ciclistas, incrementando la resistencia muscular respiratoria en un 5% a 12% (Holm et al., 2004). Estudios también han mostrado mejoras en la presión inspiratoria máxima y en el rendimiento físico en una prueba de 8 kilómetros (Sonetti et al., 2001). A pesar de que existen diversas metodologías utilizadas, aún no se ha determinado si existen diferencias significativas entre ellas.

El objetivo principal del siguiente trabajo es comparar métodos diferentes (fuerza máxima, potencia o fuerza resistencia) de entrenamiento de la musculatura respiratoria para concluir con el más eficaz para la mejora del rendimiento en el ciclismo.

Procedimiento de revisión (Metodología)

Protocolo:

Con la literatura presente, para llevar a cabo la revisión, se han acatado las directrices marcadas por la guía PRISMA 2009.

Criterios de inclusión:

Se establecieron criterios para seleccionar y descartar los artículos con base en las características del tema principal de este estudio. Para la primera búsqueda, se consideraron artículos que abordaran el tema específico del entrenamiento de la musculatura inspiratoria, excluyendo aquellos que trataran sobre patologías. Además, se limitó la selección a sujetos jóvenes y se priorizó la inclusión de ciclistas, tanto aficionados como profesionales. La búsqueda se inició en enero de 2023 y abarcó el rango de años desde el primer año con registros disponibles hasta la fecha actual. Se incluyeron artículos en dos idiomas: castellano e inglés.

Búsqueda:

Se realizó una búsqueda utilizando las siguientes palabras clave: “inspiratory muscle training”, “not disease”, “young” y “cyclist”. Se combinaron estas palabras clave utilizando los operadores lógicos “OR” y “AND”. Además, se utilizó el marcador “NOT” junto con la palabra “disease” y el símbolo de truncamiento “*” para asegurar que no aparecieran estudios relacionados con enfermedades y sus variantes.

Por tanto, se generó el siguiente criterio de búsqueda:

((inspiratory muscle training) AND (young) AND (cyclist) NOT (disease*))

Fuentes de información:

Se utilizaron tres fuentes de información distintas para llevar a cabo la búsqueda: PubMed, Scopus y SportDiscus. Se aplicaron criterios de selección y búsqueda uniformes en todas estas bases de datos, así como un marcador lógico idéntico. En cada base de datos, se descargó la lista de búsqueda en formato .bib (PubMed y Scopus) y .RIS (SportDiscus).

Proceso de selección de estudios:

Para la selección de los artículos, se siguió un enfoque estructurado. En primer lugar, se examinaron todos los artículos relacionados con el tema propuesto: el entrenamiento de la musculatura inspiratoria. En segundo lugar, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de búsqueda: a) se consideraron tanto hombres como mujeres de élite y saludables como población objetivo; b) la edad de los deportistas profesionales no fue un factor determinante; c) se dieron prioridad a los artículos que incluían evaluaciones fisiológicas, tanto en laboratorio como en condiciones reales; d) se incluyeron estudios que investigaban el entrenamiento de la musculatura inspiratoria, independientemente del dispositivo utilizado; e) también se consideraron artículos que involucraban a poblaciones no ciclistas pero relacionadas con modalidades de resistencia, con el fin de obtener datos adicionales. Por último, se llevó a cabo una revisión exhaustiva, que incluyó la lectura de los resúmenes (abstracts) de cada artículo seleccionado.

Proceso de recogida de datos:

Una vez finalizada la inicial búsqueda de artículos en las bases de datos sugeridas, se utilizó el software "Mendeley" (versión 1.19.4, Elsevier) para eliminar cualquier artículo duplicado. A continuación, se realizó una revisión de los títulos de los artículos restantes, descartando aquellos que no cumplían los criterios establecidos en la primera revisión.

Después de completar la primera etapa de selección, se procedió a examinar los títulos y resúmenes de los artículos filtrados. De esta manera, se descartaron aquellos que no cumplían con los criterios previamente establecidos. Posteriormente, se llevó a cabo una lectura minuciosa y se seleccionaron aquellos que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión para su inclusión en el trabajo.

Resultados

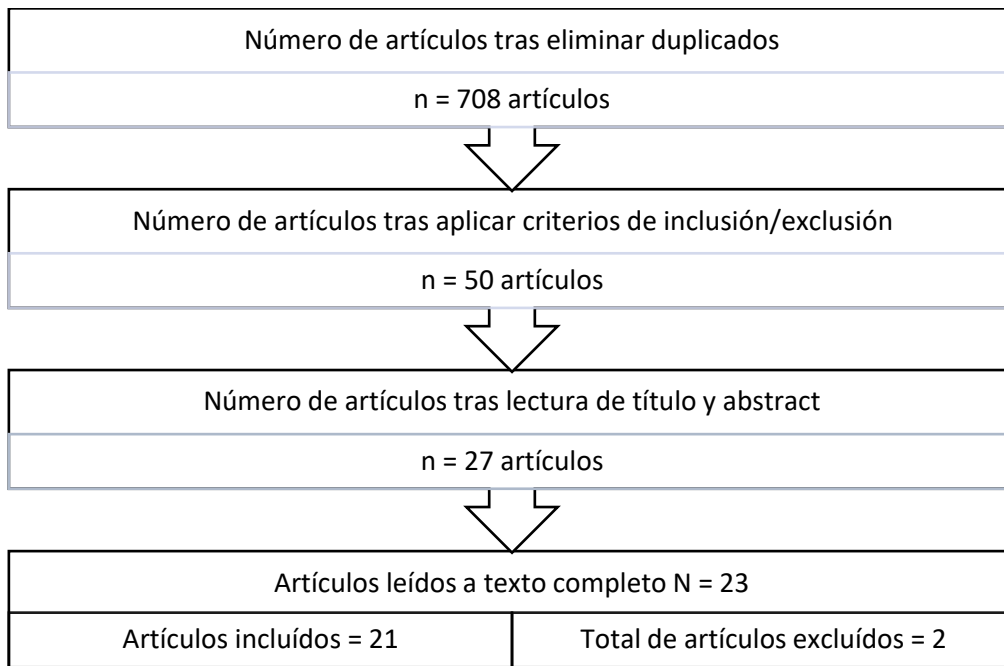


Figura 1. Diagrama de flujo de la información a través de las diferentes fases de la revisión



Tabla 1. Características de estudios incluidos y resultados.

Autor y año	Muestra	Duración	Método	Instrumentos evaluación	Resultados
Abreu RM et al., 2019	30 ciclistas (20-40 años)	11 semanas	Tres grupos: 1. Intensidad limitada. 2. Al 60% de la máxima potencia inspiratoria. 3. Máxima intensidad inspiratoria (90%). 3 veces semana 1 hora de entrenamiento: 5 minutos calentamiento progresivo hasta 50% + 3 x (15 minutos intensidad marcada + 1 minuto recuperación)	Se registraron el electrocardiograma, la presión arterial de los dedos y los movimientos respiratorios antes y después del entrenamiento, tanto en reposo en posición supina como en bipedestación.	Sin darle importancia a la intensidad del ejercicio, el entrenamiento de los músculos inspiratorios no afectó en los marcadores de regulación vascular derivados de los análisis de variabilidad de SAP y control barorreflejo cardíaco.
Volianitis et al. 2001	14 sujetos (7 en GE y 7 en GC).	11 semanas	GE: 50% Pimax, 30 respiraciones 2 veces al día. GC: 15% Pimax, 60 respiraciones 1 vez al día.	6 minutos de esfuerzo máximo en rodillo. Se tomaron valores basales de espirometría y presiones respiratorias máximas en la boca antes y después del test.	GE: Pimax mejora un 45% y mejoraría prueba remo. GC: Pimax mejora un 5%.
Sonetti et al. 2001	17 ciclistas (9 en GE y 8 en GC)	5 semanas: 25 sesiones.	GE: entrenamiento respiratorio hiperpnea. 30min/día. 5 días a la semana	La fuerza de los músculos respiratorios se analizó utilizando la presión inspiratoria máxima. Y un test maximal en cicloergómetro.	GE: Pimax +8%. Test de 8kms: +26%. GC: Pimax +3'7%. Test de 8kms: +16%.
Stuessi et at.	28 ciclistas	40 sesiones	GE: 30 minutos de inspiraciones al	Presión parcial de oxígeno	GE: más de un 5'2% resistencia

2001	(13 en GE y 15 en GC)		70%Pimax GC: no entrenó	en la sangre arterial y/o su saturación de oxígeno.	muscular respiratoria. GC: sin mejoras.
Gething et al. 2004	15 sujetos (5 en GE, 5 en GC y 5 en GP)	10 semanas	GE: 80% Pimax, 3 días/semana. GP: carga mínima. GC: no entrenamiento	Fuerza de los músculos respiratorios (presión inspiratoria máxima) y resistencia (suma de la presión inspiratoria máxima sostenida)	GE: Pimax +34%. GP: sin mejoras. GC: sin mejoras.
Holm et al. 2004	20 ciclistas (10 en GE, 6 en GC y 4 en GP)	4 semanas	GE: 20 sesiones de 45 min (hiperpnea) GP: 20 sesiones de 5 min (sham) GC: no entrenó.	Presión máxima respiratoria, test de contrarreloj en bicicleta, ventilación pulmonar y consumo máximo de oxígeno.	GE: ganancia de un 12% en RMR. Mejora en VE, VO2 y disminución del PCO2. El rendimiento contrarreloj mejoró casi un 5%.
Dickinson et al. 2007	1 deportista olímpico	8 semanas de entrenamiento	Once semanas de ERH, con 5 sesiones semanales. El entrenamiento con POWERBREATHE se basaba en una intensidad cercana al 60%Pimax.	Presión máxima respiratoria.	Pimax +31%.
Turner et al. 2016	16 ciclistas (8 en GE y 8 en GC)	6 semanas de entrenamiento	GE: 2 veces al día con 30 inspiraciones dinámicas (50%Pimax) GC: 1 vez al día 60 respiraciones (15%Pimax)	Pre y post: 3 x 6 minutos rodillo: - 3' 80%VO ₂ max + 3' 80%VO ₂ max con inspiraciones moderadas. - 3' 80%VO ₂ max + 3' 80%VO ₂ max con	GE: mostró mejoras. GC: no mostró mejoras

				<p>inspiraciones fuertes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3' 100%VO₂max + 3' sin carga inspiratoria. <p>La concentración de oxi-, desoxi- y hemoglobina total y mioglobina del músculo locomotor y respiratorio se controló continuamente usando espectroscopía de infrarrojo cercano.</p>	
Romer et al. 2006	8 ciclistas	1 sesión	Los ciclistas se ejercitaron a ≥ 90 % del consumo máximo de O ₂ hasta el agotamiento. En una ocasión separada, los sujetos ejercieron durante la misma duración y producción de potencia, pero la producción de fuerza de los músculos inspiratorios se redujo utilizando un ventilador de asistencia proporcional.	Evaluación del músculo cuádriceps, test incremental	La fatiga periférica de los músculos locomotores resultante del ejercicio sostenido de alta intensidad se debe, en parte, a los altos niveles de trabajo de los músculos respiratorios que la acompañan.
Wüthrich et al. 2013	14 ciclistas	1 sesión	GE: Pedaleo hasta el agotamiento con trabajo previo de la musculatura inspiratoria. GC: Pedaleo hasta el agotamiento sin trabajo previo de la musculatura inspiratoria.	Se evaluó la estimulación nerviosa magnética antes y después del ejercicio.	El tiempo hasta el agotamiento en las condiciones del GE se redujo significativamente en un 14 % en comparación con GC.

Romer et al. 2002	16 ciclistas	6 semanas	GE: entrenamiento de los músculos inspiratorios con umbral de presión. GC: sin entrenamiento	Se evaluaron la función pulmonar, la función muscular inspiratoria dinámica máxima y las respuestas fisiológicas y perceptuales al ciclismo incremental máximo. Test de 20 y 40km de contrarreloj: pre y post.	GE experimentó una reducción en la percepción del esfuerzo respiratorio y periférico y completó las contrarreloj simuladas de 20 y 40 km más rápido que GC.
Inbar et al. 2000	20 deportistas de resistencia (10 atletas en GE y 10 atletas en GC).	10 semanas y 6 veces por semana	GE: 30 minutos de sesión. Empezaron con 30%Pimax y cada sesión 5% más. Al final de la cuarta semana 80%Pimax. Durante las dos últimas semanas al 80%Pimax, pero reajustando 'zonas'. GC: sin entrenamiento.	Espirometría, fuerza de la musculatura inspiratoria y prueba de esfuerzo en cinta.	Se mostró un aumento en el GE de la fuerza y de la resistencia de los músculos inspiratorios, pero no se observaron cambios en VEmax, saturación arterial de oxígeno ni VO ₂ max. Sin cambios en GC.
<p><i>GE: grupo experimental; GC: grupo control; GP: grupo placebo; EMI: entrenamiento musculatura inspiratoria; Pimax: presión inspiratoria máxima; Wmax: trabajo máximo; kms: kilómetros; VO₂max: consumo máximo de oxígeno; VEmax: parámetros espirométricos máximos; RPE: ratio de percepción de esfuerzo; RMR: resistencia musculatura respiratoria; ERH: entrenamiento respiratorio hiperapnea.</i></p>					

Discusión

El ejercicio intenso impone una gran demanda a nuestros cuerpos, ya que los músculos respiratorios trabajan arduamente durante esta actividad. Como resultado, estos músculos pueden experimentar fatiga. Esta fatiga respiratoria puede desencadenar el metabarreflejo, que provoca la vasoconstricción de los vasos sanguíneos en los músculos inferiores. Esta constricción adicional agrava la fatiga en los músculos periféricos de las extremidades que están siendo ejercitados, lo cual intensifica la sensación de esfuerzo percibida. Todo esto contribuye a la limitación del rendimiento durante el ejercicio de resistencia de alta intensidad (Dempsey, 2002).

Una estrategia para aumentar la resistencia a la fatiga y mejorar la eficiencia mecánica de los músculos respiratorios es a través de su entrenamiento. Aunque actualmente no se cuenta con evidencia concluyente sobre la capacidad de mejorar la tolerancia al ejercicio, investigaciones recientes confiables han demostrado que el entrenamiento de los músculos respiratorios puede tener un efecto modesto pero probablemente significativo en el rendimiento de deportes de larga duración (Amonette y Dupler, 2002). Es esencial comprender el proceso o combinación de procesos a través de los cuales el entrenamiento de los músculos respiratorios beneficia el desempeño físico. Estos procesos incluyen la reducción de la fatiga de los músculos respiratorios, la disminución de la fatiga muscular en las extremidades, la reducción de la respuesta metabólica en los músculos respiratorios y el alivio de las molestias asociadas con el esfuerzo intenso de los músculos respiratorios (Verges, 2007).

El flujo sanguíneo del músculo esquelético puede variar de 2 a 4 L·kg⁻¹·min⁻¹ en humanos. Una demanda similar y simultánea de todos los músculos requeriría un gasto cardíaco mucho mayor (Oueslati et al, 2015). Por lo tanto, existe competencia en el propio organismo por el gasto cardíaco disponible, ya que es limitado, es decir, el organismo tiene que repartir la sangre entre todos los músculos esqueléticos durante el ejercicio de todo el cuerpo. Otra pregunta es si existe alguna jerarquía entre los músculos respiratorios y locomotores y qué grupo de músculos de las extremidades recibe una porción mayor o menor del gasto cardíaco total disponible. Está claro que el flujo sanguíneo se distribuye entre los diferentes músculos de las extremidades. De hecho, la adición de ejercicio de brazos al ejercicio de piernas atenúa el flujo sanguíneo en las piernas, mientras que la adición de ejercicio de piernas al ejercicio de brazos reduce el flujo sanguíneo en los brazos (Secher, 2006). Por el contrario, aún no está del todo claro si los músculos respiratorios tienen una mayor prioridad que los músculos locomotores. Aumentar o disminuir el trabajo de la respiración tuvo un efecto recíproco sobre el flujo sanguíneo en las piernas en ejercicio, lo que sugiere que los músculos respiratorios demuestran algún tipo de dominio sobre los músculos locomotores (Harms, 1997). Sin embargo, en ciclistas entrenados, el flujo sanguíneo a los músculos de la caja torácica (intercostales) es menor durante el ejercicio que cuando se mantiene el mismo nivel de ventilación en ausencia de movimiento de las extremidades, lo que sugiere que el flujo sanguíneo se controla de manera similar a otros músculos con no hay evidencia de prioridad sobre los músculos de las extremidades (Vogiatzis, 2009). Es probable que, el flujo de sangre al diafragma se vea menos afectado por la estimulación simpática que otros músculos esqueléticos; sin embargo, esto aún está por confirmarse. Ciertamente, un menor flujo de sangre a los músculos respiratorios promueve un transporte inadecuado de oxígeno y contribuye a determinar la fatiga durante el ejercicio intenso sostenido cuando la saturación de oxígeno arterial puede caer a <85%. Además, se esperaría que las reducciones en el flujo sanguíneo de las extremidades y el transporte de oxígeno en respuesta al fatigante trabajo de los músculos respiratorios perjudiquen la función de los músculos locomotores de las

extremidades (Romer, 2008). Hacer ejercicio en hipoxia exacerba estos efectos y el aumento del trabajo respiratorio durante la hipoxia contribuye significativamente tanto a la fatiga muscular de las extremidades como a la reducción de la tolerancia al ejercicio. Como se mencionó previamente, la actividad física no ha sido considerada restringida por la capacidad respiratoria o la función muscular respiratoria. Sin embargo, se ha observado que, después de un esfuerzo prolongado de intensidad moderada, los músculos involucrados en la inspiración experimentan fatiga (Volianitis, 2001).

No solo se ha demostrado la fatiga de los músculos inspiratorios durante el ejercicio, como ocurre después de carreras de larga distancia como maratones, sino que esta fatiga muscular puede persistir hasta tres días después de la finalización del ejercicio (Ross, 2008). Además, se ha estimado que la fatiga de los músculos inspiratorios puede ocurrir incluso en ejercicios de corta duración pero alta intensidad (Spengler, 1998).

Después de someter a los deportistas a una evaluación mediante una prueba incremental, se observó que el entrenamiento de los músculos inspiratorios resultó en mejoras significativas, como una reducción de la frecuencia cardíaca, la ventilación pulmonar y la percepción subjetiva del esfuerzo, así como una mejora en el tiempo hasta el agotamiento (Gething, 2001).

Por otro lado, tanto el entrenamiento de la fuerza muscular inspiratoria como el entrenamiento de la resistencia muscular respiratoria tienen efectos similares en la musculatura inspiratoria. Sin embargo, se ha observado que los deportistas que obtienen mayores beneficios son aquellos que practican deportes de resistencia de larga duración (Sabine et al., 2012).

En resumen, los resultados demuestran que el sistema respiratorio limita el rendimiento de los atletas de resistencia y que un entrenamiento específico de los músculos inspiratorios podría mejorar dicho rendimiento si se sigue un protocolo adecuado.

Conclusiones

A partir del análisis de investigaciones publicadas, se puede concluir que el sistema respiratorio tiene un impacto limitante en el rendimiento físico. Por lo tanto, podría ser relevante entrenar los músculos responsables de la respiración.

Existen diferentes dispositivos (ver Anexo 1) diseñados para el entrenamiento de los músculos respiratorios, tanto para trabajar el umbral como la resistencia y la capacidad isocápnica. Estudios realizados demuestran mejoras en valores como el Pimax y en el rendimiento deportivo en ciertas disciplinas. Sin embargo, la investigación carece de evidencia significativa que identifique mejoras sustanciales en la capacidad máxima de consumo de oxígeno (McConnell y Lomax, 2006). No obstante, sí se observa una mayor eficacia en pruebas submáximas (Gething et al, 2004).

Según los estudios investigados, algunos programas de entrenamiento enfocados en los músculos respiratorios pueden generar mejoras notables en el rendimiento deportivo, especialmente en actividades que requieren mantener altos niveles de intensidad durante períodos prolongados (Romer y Polkey, 2008). Por lo tanto, sería beneficioso establecer un método de entrenamiento adecuado para los músculos respiratorios, que tenga un impacto positivo en la capacidad y eficiencia de la respiración.

Algunas investigaciones han examinado el efecto del entrenamiento enfocado en los músculos respiratorios en el rendimiento del ejercicio. Sin embargo, hasta ahora, los resultados de la literatura científica no son concluyentes, ya que algunos estudios han encontrado mejoras, mientras que otros no han demostrado efectos significativos en el rendimiento. Entre los estudios que han observado mejoras en los parámetros de rendimiento físico, se destacan incrementos en la capacidad aeróbica y la velocidad de competición en nadadores (Kilding et al, 2010) y ciclistas (Holm et al, 2004), y aumentos en la potencia media en remeros (Volianitis et al, 2001), entre otros. Sin embargo, otros estudios no encuentran mejoras significativas en el consumo máximo de oxígeno (Harms et al, 1997), un valor fundamental en deportes de resistencia aeróbica. Según la bibliografía consultada, las mejoras observadas son mayores en individuos menos aptos (Boutellier et al, 1992) y en deportes de larga duración (Inbar et al, 2000).

Tras examinar varios estudios y fuentes bibliográficas, se puede afirmar que el funcionamiento del sistema respiratorio puede afectar el rendimiento físico durante la actividad física. Cuando se supera cierta intensidad de ejercicio, los músculos respiratorios pueden fatigarse, lo que limita aún más el rendimiento (Mador et al, 1993). Entrenar adecuadamente esta musculatura puede mejorar el rendimiento físico (Gething, 2004). Además, cada tipo de entrenamiento, ya sea pasivo (Abreu et al, 2020) o dinámico (usando un rodillo) (Turner et al, 2016), altera la especificidad del deporte. Por lo tanto, es importante contar con estudios que empleen una metodología, protocolo y planificación basados en la especificidad del deporte, como la respiración durante el uso del rodillo, para reducir la demanda de los músculos respiratorios durante la actividad de ciclismo (Turner et al, 2016).

Propuesta de intervención

Por último, con esta revisión, hemos comprobado que entrenar la musculatura inspiratoria puede conseguir buenos beneficios en el deportista. Por este motivo, debemos pautar el trabajo de la musculatura inspiratoria, mediante un instrumento adecuado (Anexo 2), al igual que se planifica el entrenamiento aeróbico, para así obtener los beneficios que nos ofrece en el rendimiento del ciclista.

A continuación, mostraré una propuesta de intervención para un ciclista añadiendo entrenamiento de inspiraciones, tanto fuera como dentro de la bicicleta, para mejorar la capacidad inspiratoria.

Esta propuesta de intervención consistirá en 9 semanas de totalidad, abarcando tanto el inicio del programa, las 7 semanas de entrenamiento y la última semana de asimilación con evaluación de rendimiento para ver el rendimiento.

Realizaremos un total de 7 semanas donde el objetivo principal sea la mejora de la fuerza inspiratoria máxima, con 4 sesiones a la semana. Dichas sesiones serán:

- Tipo de sesión estática: 2 x 30 respiraciones por la mañana y 2 x 30 respiraciones por la tarde. Al 50% de la presión inspiratoria máxima.
- Tipo de sesión dinámica: 4 x (20 respiraciones mientras se hace rodillo (Anexo 3) en Z2 + 2' recuperación en Z1)

Realizaremos 3 evaluaciones: una al inicio del programa, otra tras las 8 semanas de entrenamiento y una última tras las 8 semanas de mantenimiento, con objetivo de evaluar el rendimiento y la evolución de este tras la intervención. Los test que se realizarán serán los siguientes: prueba incremental en bici en cicloergómetro con análisis de gases, prueba incremental en carrera con análisis de gases y test de CSS (MacLaren, D. et-al; 1999), así como una medición de FMI (fuerza de la musculatura inspiratoria), usando tanto un espirómetro de mano como un medidor de presión bucal y un dispositivo de carga incremental.

Por último, en cuanto a los resultados que espero obtener tras la intervención, se producirán mejoras significativas en el rendimiento aeróbico, menor percepción de esfuerzo a mismas intensidad, más comodidad en la postura de la bicicleta que se trabaja las inspiraciones y, también, un incremento en las cargas máximas.

Referencias

Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The science of cycling: factors affecting performance - part 2. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(4), 313–337. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00003>

Mujika I. (2017). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), S29–S217. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0403>

Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2005). Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *Journal of strength and conditioning research*, 19(4), 826–830. <https://doi.org/10.1519/R-16334.1>

Manzi, V., Bovenzi, A., Castagna, C., Sinibaldi Salimei, P., Volterrani, M., & Iellamo, F. (2015). Training-Load Distribution in Endurance Runners: Objective Versus Subjective Assessment. *International journal of sports physiology and performance*, 10(8), 1023–1028. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0557>

Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(8), 707–724. <https://doi.org/10.1007/BF03262290>

Johnson, M. A., Sharpe, G. R., & Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European journal of applied physiology*, 101(6), 761–770. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0551-3>

Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(5), 785–792. <https://doi.org/10.1097/00005768-200205000-00010>

Romer, L. M., Lovering, A. T., Haverkamp, H. C., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2006). Effect of inspiratory muscle work on peripheral fatigue of locomotor muscles in healthy humans. *The Journal of physiology*, 571(Pt 2), 425–439. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.099697>

St Croix, C. M., Morgan, B. J., Wetter, T. J., & Dempsey, J. A. (2000). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *The Journal of physiology*, 529 Pt 2(Pt 2), 493–504. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00493.x>

Dempsey, J. A., Romer, L., Rodman, J., Miller, J., & Smith, C. (2006). Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory physiology & neurobiology*, 151(2-3), 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2005.12.015>

Sheel, A. W., Derchak, P. A., Morgan, B. J., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., & Dempsey, J. A. (2001). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *The Journal of physiology*, 537(Pt 1), 277–289. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0277k.x>

Amann M. (2012). Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Experimental physiology*, 97(3), 311–318. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.058800>

Romer, L. M., Haverkamp, H. C., Lovering, A. T., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2006). Effect of exercise-induced arterial hypoxemia on quadriceps muscle fatigue in healthy humans. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 290(2), R365–R375. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00332.2005>

Martins de Abreu, R., Porta, A., Rehder-Santos, P., Cairo, B., Donisete da Silva, C., De Favari Signini, É., Sakaguchi, C. A., & Catai, A. M. (2019). Effects of inspiratory muscle-training intensity on cardiovascular control in amateur cyclists. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 317(6), R891–R902. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00167.2019>

Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of sports sciences*, 20(7), 547–562. <https://doi.org/10.1080/026404102760000053>

Segizbaeva, M. O., Timofeev, N. N., Donina, Z.h.A., Kur'yanovich, E. N., & Aleksandrova, N. P. (2015). Effects of inspiratory muscle training on resistance to fatigue of respiratory muscles during exhaustive exercise. *Advances in experimental medicine and biology*, 840, 35–43. https://doi.org/10.1007/5584_2014_20

Sonetti, D. A., Wetter, T. J., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2001). Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respiration physiology*, 127(2-3), 185–199. [https://doi.org/10.1016/s0034-5687\(01\)00250-x](https://doi.org/10.1016/s0034-5687(01)00250-x)

Kellens, I., Cannizzaro, F., Gouilly, P., & Crielaard, J. M. (2011). Entraînement de la force des muscles inspiratoires chez le sujet sportif amateur [Inspiratory muscles strength training in recreational athletes]. *Revue des maladies respiratoires*, 28(5), 602–608. <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2011.01.008>

Oueslati, F., Berriri, A., Boone, J., & Ahmaidi, S. (2018). Respiratory muscle strength is decreased after maximal incremental exercise in trained runners and cyclists. *Respiratory physiology & neurobiology*, 248, 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2017.11.005>

Turner, L. A., Tecklenburg-Lund, S. L., Chapman, R., Shei, R. J., Wilhite, D. P., & Mickleborough, T. (2016). The Effect of Inspiratory Muscle Training on Respiratory and Limb Locomotor Muscle Deoxygenation During Exercise with Resistive Inspiratory Loading. *International journal of sports medicine*, 37(8), 598–606. <https://doi.org/10.1055/s-0042-104198>

Sakaguchi, C. A., Nieman, D. C., F Signini, E., M de Abreu, R., Silva, C. D., Rehder-Santos, P., Carosio, M. G. A., M Maria, R., Dato, C. C., de Araújo, H. S. S., Venâncio, T., Ferreira, A. G., &

Catai, A. M. (2020). Chronic Influence of Inspiratory Muscle Training at Different Intensities on the Serum Metabolome. *Metabolites*, 10(2), 78. <https://doi.org/10.3390/metabo10020078>

Turner, L. A., Tecklenburg-Lund, S. L., Chapman, R. F., Stager, J. M., Wilhite, D. P., & Mickleborough, T. D. (2012). Inspiratory muscle training lowers the oxygen cost of voluntary hyperpnea. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 112(1), 127–134. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00954.2011>

de Abreu, R. M., Catai, A. M., Cairo, B., Rehder-Santos, P., da Silva, C. D., Signini, É. F., Sakaguchi, C. A., & Porta, A. (2020). A Transfer Entropy Approach for the Assessment of the Impact of Inspiratory Muscle Training on the Cardiorespiratory Coupling of Amateur Cyclists. *Frontiers in physiology*, 11, 134. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00134>

Holm, P., Sattler, A., & Fregosi, R. F. (2004). Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. *BMC physiology*, 4, 9. <https://doi.org/10.1186/1472-6793-4-9>

Gonzalez-Montesinos, J. L., Fernandez-Santos, J. R., Vaz-Pardal, C., Aragon-Martin, R., Arnedillo-Muñoz, A., Reina-Novio, J., Orantes-Gonzalez, E., Heredia-Jimenez, J., & Ponce-Gonzalez, J. G. (2021). Chronic Effects of a Training Program Using a Nasal Inspiratory Restriction Device on Elite Cyclists. *International journal of environmental research and public health*, 18(2), 777. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020777>

Aliverti A. (2016). The respiratory muscles during exercise. *Breathe (Sheffield, England)*, 12(2), 165–168. <https://doi.org/10.1183/20734735.008116>

Chang, Y. C., Chang, H. Y., Ho, C. C., Lee, P. F., Chou, Y. C., Tsai, M. W., & Chou, L. W. (2021). Effects of 4-Week Inspiratory Muscle Training on Sport Performance in College 800-Meter Track Runners. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 57(1), 72. <https://doi.org/10.3390/medicina57010072>

Wüthrich, T. U., Notter, D. A., & Spengler, C. M. (2013). Effect of inspiratory muscle fatigue on exercise performance taking into account the fatigue-induced excess respiratory drive. *Experimental physiology*, 98(12), 1705–1717. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2013.073635>

Gething, A. D., Williams, M., & Davies, B. (2004). Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. *British journal of sports medicine*, 38(6), 730–736. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.007518>

Stuessi, C., Spengler, C. M., Knöpfli-Lenzin, C., Markov, G., & Boutellier, U. (2001). Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. *European journal of applied physiology*, 84(6), 582–586. <https://doi.org/10.1007/s004210100408>

López-Chicharro, J., Fernández-Vaquero, A. (2001). Fisiología del Ejercicio. 3a ed. En: Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Zintl, F. (1991). Entrenamiento de la resistencia. Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento. Deportes, técnicas. Ediciones Martínez Roca, S. A.

Zintl, Fritz. Entrenamiento de la resistencia. Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento. Deportes, técnicas. Ediciones Martínez Roca, S.A., 1991.

Tschiene, P. (1997). Conditioning training: Formation of Theory Based Only on Adaptation Models. Adelaide: South Australian Sports Institute.

Lorca-Santiago, J., Jiménez, S. L., Pareja-Galeano, H., Lorenzo, A. (2020). Entrenamiento de la musculatura inspiratoria en modalidades deportivas intermitentes: una revisión sistemática. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*. 17(12):4448. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124448>

Martin, D.; Carl, K.; Lehnertz, K. Manual de metodología del entrenamiento deportivo. Editorial Paidotribo, 2001.

Navarro Valdivieso, F. La resistencia. Gymnos, Editorial Deportiva, S.L., 1998.

García-Verdugo Delmas, M. Resistencia y entrenamiento. Una metodología práctica. Editorial Paidotribo, 2007.

Hoogeveen, A. R., & Schep, G. (1997). The plasma lactate response to exercise and endurance performance: relationships in elite triathletes. *International journal of sports medicine*, 18(7), 526–530. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972676>

Budgett R. (1998). Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *British journal of sports medicine*, 32(2), 107–110. <https://doi.org/10.1136/bjism.32.2.107>

Mellalieu, S. D., Neil, R., Hanton, S., & Fletcher, D. (2009). Competition stress in sport performers: stressors experienced in the competition environment. *Journal of sports sciences*, 27(7), 729–744. <https://doi.org/10.1080/02640410902889834>

McConnel, A. (2014). Respiratory Muscle Training: theory and practice. Elsevier Ltd.

Turner, L. A., Mickleborough, T. D., McConnell, A. K., Stager, J. M., Tecklenburg-Lund, S., & Lindley, M. R. (2011). Effect of inspiratory muscle training on exercise tolerance in asthmatic individuals. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(11), 2031–2038. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31821f4090>

Fitting J. W. (1991). Respiratory muscle fatigue limiting physical exercise?. *The European respiratory journal*, 4(1), 103–108.

Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of strength and conditioning research*, 24(8), 2157–2165. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb16a>

Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(5), 803–809. <https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00020>

Dickinson, J., Whyte, G., & McConnell, A. (2007). Inspiratory muscle training: a simple cost-effective treatment for inspiratory stridor. *British journal of sports medicine*, 41(10), 694–695. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033654>

Dempsey, J. A., Sheel, A. W., St Croix, C. M., & Morgan, B. J. (2002). Respiratory influences on sympathetic vasomotor outflow in humans. *Respiratory physiology & neurobiology*, 130(1), 3–20. [https://doi.org/10.1016/s0034-5687\(01\)00327-9](https://doi.org/10.1016/s0034-5687(01)00327-9)

Verges, S., Lenherr, O., Haner, A. C., Schulz, C., & Spengler, C. M. (2007). Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 292(3), R1246–R1253. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00409.2006>

Secher, N. H., & Volianitis, S. (2006). Are the arms and legs in competition for cardiac output?. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(10), 1797–1803. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000230343.64000.ac>

Harms, C. A., Babcock, M. A., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nickle, G. A., Nelson, W. B., & Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 82(5), 1573–1583. <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.82.5.1573>

Vogiatzis, I., Athanasopoulos, D., Habazettl, H., Kuebler, W. M., Wagner, H., Roussos, C., Wagner, P. D., & Zakyntinos, S. (2009). Intercostal muscle blood flow limitation in athletes during maximal exercise. *The Journal of physiology*, 587(Pt 14), 3665–3677. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.171694>

Romer, L. M., & Polkey, M. I. (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 104(3), 879–888. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01157.2007>

Volianitis, S., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2001). Assessment of maximum inspiratory pressure. Prior submaximal respiratory muscle activity ('warm-up') enhances maximum

inspiratory activity and attenuates the learning effect of repeated measurement. *Respiration; international review of thoracic diseases*, 68(1), 22–27. <https://doi.org/10.1159/000050458>

Ross, E., Middleton, N., Shave, R., George, K., & McConnell, A. (2008). Changes in respiratory muscle and lung function following marathon running in man. *Journal of sports sciences*, 26(12), 1295–1301. <https://doi.org/10.1080/02640410802104904>

Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A., & Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(7), 1233–1237. <https://doi.org/10.1097/00005768-200007000-00008>

Amonette, William & Dupler, Terry. (2002). The effects of respiratory muscle training on VO₂ max, the ventilatory threshold and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology Online*. 5. 29-35.



Anexos

Anexo 1.



Anexo 2.



Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Anexo 3.

