

# Análisis del potencial de la *Elevation Training Mask* sobre biomarcadores, parámetros respiratorios, e indicadores de rendimiento deportivo: ¿Qué mecanismos ergogénicos están implicados? Revisión sistemática

Diego Fernández-Lázaro\*<sup>1,2</sup>, César I. Fernandez-Lazaro<sup>3</sup>, Silvia Novo<sup>1</sup>, Juan Mielgo-Ayuso<sup>4</sup>, Jesús Seco-Calvo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología Celular, Histología y Farmacología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Campus de Soria, Soria. <sup>2</sup>Grupo de Investigación de Neurobiología. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid. Valladolid. <sup>3</sup>Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona. <sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la Salud. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Burgos. Burgos. <sup>5</sup>Departamento de Fisioterapia. Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Universidad de León. León.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00069

Recibido: 13/10/2021  
Aceptado: 26/11/2021

## Resumen

**Introducción:** La *Elevation Training Mask* (ETM) es un dispositivo de carga muscular respiratoria que funciona reduciendo el flujo de aire a través de un sistema de valvular. La ETM fue originalmente pensada para simular la altitud permitiendo la aplicación de hipoxia durante el ejercicio y ha ido creciendo en popularidad entre los deportistas intentando maximizar su rendimiento deportivo.

**Objetivo:** Revisar sistemáticamente los estudios que evalúan el efecto de ETM combinada con ejercicio sobre biomarcadores, parámetros respiratorios e indicadores de rendimiento deportivo en sujetos físicamente activos.

**Material y método:** Se realizó una búsqueda estructurada siguiendo las directrices de los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA) en la base de datos Medline (PubMed) hasta septiembre de 2021.

**Resultados:** Se incluyen 6 estudios reportando que el uso de la ETM en comparación con el grupo control, presentó una mayor tendencia al aumento en la capacidad vital inspiratoria forzada, capacidad vital forzada, sin cambios significativos en la función pulmonar; no afectó al volumen total de carga entrenamiento de fuerza pero atenuó la velocidad de ejecución; no se observaron mejoras en el rendimiento deportivo; aumento significativamente la oxigenación cerebral y disminuyó la saturación de oxígeno; la frecuencia cardíaca fue mayor mientras que el intervalo entre latidos y el equilibrio simpaticovagal fueron menores; no se produjeron cambios en las variables hematológicas aunque se observó una tendencia a disminuir el daño muscular y atenuar el efecto catabólico directo derivado del ejercicio.

**Conclusión:** La utilización de la ETM como dispositivo de simulación de altitud induce, un leve estímulo hipóxico que es claramente insuficiente para desencadenar en respuestas fisiológicas adaptativas sobre los sistemas orgánicos diana. Sin embargo, podría tener alguna utilidad como sistema de entrenamiento respiratorio sin carga combinada de ejercicio ajustando adecuadamente las resistencias de trabajo sobre los músculos respiratorios.

## Palabras clave:

Máscaras de restricción ventilatoria.  
Hipoxia. Entrenamiento respiratorio.  
Marcadores biológicos. Rendimiento deportivo. Función pulmonar.

## Key words:

Ventilatory restriction masks.  
Hypoxia. Respiratory training.  
Biological markers. Sports performance. Pulmonary function.

## Analysis of the potential of Elevation Training Mask on biomarkers, respiratory parameters, and sports performance indicators: what ergogenic mechanisms are involved? Systematic review

### Summary

**Introduction:** The Elevation Training Mask (ETM) is a respiratory muscle loading device that works by reducing airflow through a valvular system. The ETM was originally intended to simulate altitude by allowing the application of hypoxia during exercise and has been growing in popularity among athletes.

**Objective:** To systematically review studies evaluating the effect of ETM associated with exercise on biomarkers, respiratory parameters, and sports performance indicators in physically active subjects.

**Material and method:** A structured search following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines was performed in the Medline database (PubMed) until October 2021.

**Results:** Six studies are included reporting that the use of ETM in comparison with the control group, presented a greater tendency to increase in forced inspiratory vital capacity, forced vital capacity, without significant changes in pulmonary function; it did not affect the total load volume of strength training but attenuated the speed of execution; it significantly increased cerebral oxygenation and decreased oxygen saturation; heart rate was higher while inter-beat interval and sympatho-vagal balance were lower; there were no changes in hematological variables although there was a tendency to decrease muscle damage and attenuate the direct catabolic effect derived from exercise; no improvements in sports performance were observed.

**Conclusion:** The use of ETM as an altitude simulation device induces, if at all, a mild hypoxic stimulus that is clearly insufficient to trigger adaptive physiological responses on target organ systems. However, it could have some utility as a respiratory training system without combined exercise load by adequately adjusting the working resistances on the respiratory muscles.

Correspondencia: Diego Fernández-Lázaro  
E-mail: diego.fernandez.lazaro@uva.es

Premio SEMED a la Investigación 2021

## Introducción

Los atletas de todo el mundo han utilizado el entrenamiento en altitud durante años en sus múltiples metodologías, dependiendo de donde se vive y donde se entrena, en la búsqueda de maximizar el rendimiento deportivo<sup>1</sup>. Los potenciales beneficios del entrenamiento en altitud se basan en respuestas fisiológicas adaptativas, que compensan la relativa falta de oxígeno (O<sub>2</sub>) en el aire, sobre los sistemas muscular, sanguíneo, cardiovascular, respiratorio, hormonal, metabólico y nervioso<sup>2</sup>. Dado que el entrenamiento en altitud no es fácilmente accesible, en los últimos años se han desarrollado estrategias para que el entrenamiento en altitud simulado genere efectos similares a los del entrenamiento en altitud real<sup>3</sup>. Por esta razón, algunas empresas han comenzado a producir en masa de equipos de hipoxia simulada, facilitando su obtención y proporcionando la oportunidad a los deportistas recreativos y/o de élite de entrenar en condiciones que imitan altitud<sup>4</sup>. Un método para simular la altitud es inducir unas condiciones de hipoxia normobárica, o minimizar la cantidad de aire que se permite consumir a un individuo<sup>5</sup>. Por esta razón, se emplean dispositivos restrictivos para limitar el flujo de aire y que potencialmente proporcionarían a los deportistas las respuestas fisiológicas del entrenamiento en altitud<sup>6</sup>.

La *Elevation Training Mask 2.0*, máscara de entrenamiento de elevación (ETM; Training Mask LLC, Cadillac, MI, USA), es un dispositivo de carga muscular respiratoria que funciona reduciendo el flujo de aire a través de un sistema de valvular; al inhalar, hay que respirar más profundamente. La ETM fue originalmente pensada para simular la altitud provocando una modesta disminución de la saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) durante el ejercicio<sup>7-9</sup>, por hiperventilación insuficiente y la reinspiración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)<sup>8</sup>. Este mecanismo es similar a los hipoxicadores de máscara que modifican la concentración de gases respirables para recrear la altitud. De este modo los ambientes microhipóxicos (generados por la ETM)<sup>8</sup> y las condiciones hipóxicas de gran altitud (generados por hipoxicadores)<sup>3</sup> pueden dar lugar a las adaptaciones beneficiosas de la exposición a la altitud.

Sin embargo, el coste de la ETM es mucho más económico en comparación con hipoxicadores, como GO<sub>2</sub> Altitude, Vital Air Hipoxia o Altipower (www.biolaister.com), lo que plantea la pregunta, ¿La ETM es realmente eficaz? Por todo lo anterior, nos propusimos revisar sistemáticamente los estudios que evalúan el efecto de ETM sobre parámetros respiratorios, biomarcadores fisiológicos y el rendimiento deportivo en sujetos físicamente activos.

Nuestra pregunta de investigación se definió mediante el modelo PICOS, de acuerdo con los métodos estándar propuestos por las Directrices sobre los Elementos de Información Preferidos para las Revisiones Sistemáticas y los Metaanálisis (PRISMA)<sup>10</sup> como sigue: *Población*: adultos sanos (sin ninguna enfermedad crónica) practicantes de actividad física; *Intervención*: entrenamiento físico con el uso del dispositivo ETM; *Comparación*: grupo placebo/control o datos anteriores al uso de la ETM; *Outcomes*: protocolos de utilización, metodología empleada, parámetros respiratorios, biomarcadores hematológicos, bioquímicos, hormonales y/o de rendimiento deportivo; *Diseño*: ensayo controlado aleatorio simple o cruzado sin placebo.

## Material y método

### Estrategia de búsqueda

Se desarrolló una búsqueda estructurada utilizando las bases de datos Medline (PubMed), Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink, para los artículos publicados en los últimos 5 años, considerando la evolución en dispositivos ergogénicos de hipoxia con aplicación en el deporte, hasta el 30 de septiembre de 2021. La búsqueda quedó restringida a los idiomas inglés y español.

Los términos de búsqueda incluidos hacen referencia a la ETM y la actividad física: *elevation training mask* (máscara de hipoxia), *performance* (rendimiento), *muscle* (músculo), hematological (hematológico), *biochemistry* (bioquímica), *muscle performance* (rendimiento muscular) y *exercise* (ejercicio) (Tabla 1). Se empleó el operador booleano "and" como nexo de búsqueda entre estos términos. Además, se analizaron

Tabla 1. Artículos seleccionados de las diferentes bases de datos.

Nº de búsqueda	Base de datos	Término de búsqueda	Nº de artículos tras aplicar filtros	Nº de artículos tras leer título	Nº de artículos leer el resumen	Nº de artículos seleccionados
1	PubMed, Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink	<i>Elevation training mask AND performance</i>	17	7	5	5
2	PubMed, Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink	<i>Elevation training mask AND muscle</i>	7	6	5	5
3	PubMed, Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink	<i>Elevation training mask AND hematological</i>	0	0	0	0
4	PubMed, Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink	<i>Elevation training mask AND biochemistry</i>	0	0	0	0
5	PubMed, Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink	<i>Elevation training mask AND muscle performance</i>	6	6	6	6
6	PubMed, Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink	<i>Elevation training mask AND exercise</i>	11	5	5	5

diferentes bibliografías para incorporar estudios de interés no encontrados a través de la primera búsqueda y así incluir la mayor cantidad de estudios posibles. En segundo lugar, para dar cuenta de la literatura gris, se utilizaron los mismos términos de la búsqueda principal en la red social *Research Gate* ([www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)).

### Criterios de elegibilidad

La selección de los estudios se basó en los siguientes criterios de inclusión para seleccionar los estudios más adecuados dentro de los obtenidos en la búsqueda: a) voluntarios adultos sanos sin ninguna condición crónica practicantes de actividad física, excluyendo los estudios en animales; b) estudio bien diseñado que incluyera ensayos clínicos, aleatorizados y no aleatorizados, y estudios pre-test/post-test; c) estudios que evaluaran parámetros respiratorios, hematológicos, bioquímicos, hormonales y / o de rendimiento deportivo; d) intervenciones en las que se evaluara el efecto de la ETM con información clara sobre el modelo, la duración, el momento y la altitud simulada empleada; e) artículos con una calidad metodológica  $\geq 10$  puntos en la Grupo de Investigación de Práctica Basada en la Evidencia de Terapia Ocupacional de la Universidad de McMaster. Se excluyeron de esta revisión sistemática los registros que no cumplían los criterios mencionados.

### Evaluación de la calidad metodológica

Se utilizó el formulario de revisión crítica para estudios cuantitativos desarrollado por el Grupo de Investigación de Práctica Basada en la Evidencia de Terapia Ocupacional de la Universidad de McMaster como herramienta de puntuación de la calidad<sup>11</sup>. Esta pauta establece de forma admitida la calidad metódica de cada uno de los estudios incluyendo los siguientes 16 ítems: propósito; revisión de la literatura; diseño; cegamiento del evaluador; descripción de la muestra; tamaño de la muestra; ética y consentimiento; validez de los resultados; fiabilidad de los resultados; descripción de la intervención; significación estadística; análisis estadístico; importancia clínica; conclusiones; implicaciones clínicas; limitaciones. La calidad de los artículos se clasificó como "pobre" ( $\leq 8$  puntos), "regular" (9-10 puntos), "buena" (11-12 puntos), "muy buena" (13-14 puntos) y "excelente" ( $\geq 15$  puntos).

### Extracción y síntesis de datos

La información extraída de los estudios seleccionados incluyó: el nombre del primer autor, el año de publicación, el país en el que se realizó el estudio, el diseño del estudio, el tamaño de la muestra, el sexo y la edad de los participantes, el modelo, la altitud simulada empleada, el momento y duración de aplicación de ETM, la intervención de actividad física. Además, los resultados y las conclusiones fueron extraídos de forma independiente por los autores de la revisión mediante una hoja de cálculo (Microsoft Inc, Seattle, WA, EE. UU.). Posteriormente, los desacuerdos se resolvieron mediante discusión hasta que se alcanzó un consenso.

## Resultados

### Búsqueda bibliográfica

La búsqueda sistemática de artículos de los últimos 5 años hasta septiembre de 2021 dio como resultado 31 registros publicados, de los cuales 21 se obtuvieron de las bases de datos Medline (PubMed), Sportdiscus, Scopus, Science Direct, y Springerlink y 10 de fuentes adicionales. Tras la exclusión de 17 artículos duplicados, se examinaron un total de 14 artículos. Tras la lectura del título y el resumen, se consideraron 9 artículos como potencialmente relevantes y se excluyeron 5 por ser estudios sin intervención. Tras la revisión a texto completo de las 9 publicaciones restantes, se eliminaron 2 por utilizar sujetos no sanos y 1 por no medir ninguna de las variables contempladas en la revisión. De este modo, se obtuvieron los 6 artículos<sup>4,6,7,9,12,13</sup> incluidos en esta revisión sistemática (Figura 1).

### Puntuación de la calidad metodológica

En la Tabla 2 se detallan los resultados de los criterios evaluados, donde las principales deficiencias encontradas en la calidad metodológica se asocian a los ítems 6 y 11 del cuestionario, relacionadas con la falta de justificación del tamaño de la muestra y la especificación de la existencia o no de cointervención en los estudios. Se obtuvieron puntuaciones que variaron entre los 12 y los 15 puntos, representando una calidad metodológica mínima del 75% y máxima del 93,75%. De

**Figura 1. Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda y selección de estudios incluidos en la revisión sistemática.**

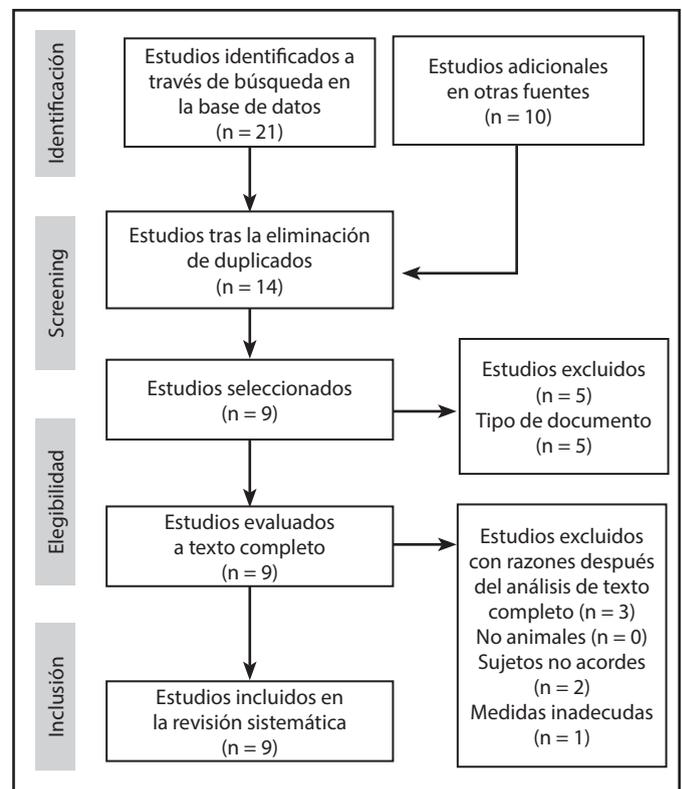


Tabla 2. Evaluación de la calidad de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

Autor-es /año/ referencia	Ítems																T <sub>E</sub>	%	CM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Porcari <i>et al.</i> <sup>13</sup> 2016	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	14	87,5	MB
Jagim <i>et al.</i> <sup>12</sup> 2017	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	14	87,5	MB
Chul Jung <i>et al.</i> <sup>7</sup> 2018	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	14	87,5	MB
Romero-Arenas <i>et al.</i> <sup>9</sup> 2019	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	12	75	B
Biggs <i>et al.</i> <sup>6</sup> 2017	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	14	87,5	MB
Fernández-Lázaro <i>et al.</i> <sup>4</sup> 2021	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	15	93,75	E

Total, de ítems cumplidos (T); total de ítems cumplidos por estudio (TE); Criterio cumplido (1); Criterio no cumplido (0); Calidad metodológica (CM): pobre (P) ≤ 8 puntos; aceptable (A) 9-10 puntos; buena (B) 11-12 puntos; muy buena (MB) 13-14 puntos; excelente (E) ≥ 15 puntos.

Tabla 3. Características de los participantes y las intervenciones de los estudios incluidos en esta revisión.

<b>Rango de años</b>	20-23	3 estudios <sup>6,9,13</sup>
	23-26	1 estudio <sup>7</sup>
	26-29	1 estudio <sup>13</sup>
	>30	1 estudio <sup>4</sup>
<b>Nivel de actividad física</b>	Recreacional	2 estudios <sup>9,12</sup>
	Amateur	4 estudios <sup>4,6,7,13</sup>
<b>Modelo de mascarera</b>	ETM 2.0	6 estudios <sup>4,6,7,9,12,13</sup>
<b>Altitud simulada</b>	914 m	2 estudios <sup>4,9</sup>
	1.829 m	3 estudios <sup>4,9,12</sup>
	2.743 m	5 estudios <sup>4,6,7,9,13</sup>
	3.658 m	1 estudio <sup>13</sup>
<b>Tipo de actividad física</b>	Ciclismo	3 estudios <sup>7,9,12</sup>
	Correr	2 estudios <sup>6,13</sup>
	Sentadilla	1 estudio <sup>13</sup>
	Press banca	1 estudio <sup>13</sup>
	CrossFit <sup>®</sup>	1 estudio <sup>4</sup>
<b>Duración</b>	1 semana	1 estudio <sup>7</sup>
	3 semanas	1 estudio <sup>12</sup>
	4 semanas	1 estudio <sup>13</sup>
	6 semanas	2 estudios <sup>6,9</sup>
	12 semanas	1 estudio <sup>4</sup>
<b>Momento de uso de Elevation Training Mask</b>	Antes	6 estudios <sup>4,6,7,9,12,13</sup>
	Durante	6 estudios <sup>4,6,7,9,12,13</sup>
	Después	5 estudios <sup>4,6,9,12,13</sup>

los 6 estudios encontrados, 4 alcanzaron una calidad "muy buena"<sup>6,7,12,13</sup>, 1 excelente<sup>4</sup> y 1 "buena"<sup>9</sup>. Ningún estudio fue excluido por no alcanzar el umbral de calidad mínimo.

### Características de los estudios

Los 6 estudios<sup>4,6,7,9,12,13</sup> incluidos en esta revisión proporcionan una muestra total de 110 participantes de ambos sexos (91 hombres y 19

mujeres). De estos, 51 eran sujetos entrenados a nivel amateur y 59 eran practicantes de actividad física recreacional. Todos los estudios incluidos en la revisión sistemática usaron el modelo de ETM 2.0<sup>4,6,7,9,12,13</sup>. La altitud simulada osciló entre los 914<sup>4,9</sup> y los 3.658 metros<sup>9</sup> adicionales a la altitud del lugar donde se realizó la investigación, y dos estudios usaron incrementos progresivos de altitud simulada durante el periodo de la investigación<sup>4,9</sup>. La duración de los estudios osciló entre 1 y 12 semanas, donde se emplearon protocolos de 1 semana<sup>7</sup>, de 3 semanas<sup>12</sup>, 4 semanas<sup>9</sup>, de 6 semanas<sup>6,9</sup> y de 12 semanas<sup>4</sup>. El uso de la ETM fue antes<sup>4,6,7,9,12,13</sup>, durante<sup>4,6,7,9,12,13</sup> y después<sup>4,6,9,12,13</sup> de la actividad física (Tabla 3).

### Resultados de los estudios incluidos

En la Tabla 4 se analiza la información pertinente a los datos obtenidos en las fuentes de estudio (incluyendo autores, año de publicación y país): diseño de estudio, características de los participantes, modelo de mascarera, altitud simulada y protocolo de intervención de actividad física utilizado. En las Tablas 5, 6 y 7 se analizan los resultados y las conclusiones de los parámetros respiratorios, biomarcadores fisiológicos y de rendimiento deportivo respectivamente de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

### Discusión

El objetivo principal de esta revisión fue analizar de forma crítica la evidencia científica de los efectos de la ETM sobre parámetros respiratorios, biomarcadores hematológicos, bioquímicos, hormonales y /o de rendimiento deportivo. Para ello se han incluido 6 artículos que analizan la uso de la ETM 2.0 en adultos sanos practicantes de actividad física del en diferentes pruebas deportivas como son el ciclismo<sup>7,9,12</sup>, atletismo<sup>6,13</sup>, *powerlifting*<sup>13</sup> y *Crossfit*<sup>®4</sup>. El uso de la ETM como instrumento de restricción ventilatoria indujo, en el GM en comparación con el GC, una mayor tendencia al aumento en la capacidad vital inspiratoria forzada (FIVC), capacidad vital forzada (FVC) y volumen máximo de oxígeno (VO<sub>2max</sub>)<sup>6</sup>; no afectó al volumen total de carga entrenamiento de fuerza pero atenuó la velocidad de ejecución<sup>12</sup>; aumento significativamente la oxigenación cerebral<sup>9</sup> y disminuyó la saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>)<sup>7,9,12</sup>;

Tabla 4. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

Autor/es, año y país	Tipo de estudio	Población	Mascara y altitud simulada	Intervención de actividad física
Porcari et al. <sup>13</sup> 2016. EE. UU.	Ensayo controlado aleatorio sin placebo	N = 24 >18 años  GC: n=12 (4 ♀, 20,8 de años, 169 cm, 66,1 Kg, BMI = 23,2%; 8 ♂, 21 de años, 185 cm, 83,8 Kg, BMI = 24,4%).  GM: n=12 (4 ♀, de 21 años, 165cm, 58,8Kg, BMI = 21,6%; 8 ♂ de 22,9 años, 178 cm, 82,4 Kg, BMI = 25,9%)	ETM 2.0 Sem 1 → 914 m Sem 2 → 1.829 m Sem 3-4 → 2.743 m Sem 5-6 → 3.658 m	Pgm. de 6 sem de cicloergómetro HIT (2 sesiones/sem). 30' de sesión (5' C, 20' HIT y 5' E)
Jagim et al. <sup>12</sup> 2017. EE. UU	Ensayo controlado aleatorio cruzado sin placebo	n= 20 ♂, 21,4±2,1 años 180,7±8,8 cm 85,5±12,1 Kg BFP=13,5±4,9%	ETM 2.0 Sesión 1-2-3-4 → 2.743 m	1º Sesión: 2 series de 10 rep al 50% de 5 RM (sentadilla y <i>press</i> banca) + 25'' de <i>sprint</i> . 2º Sesión: 2 series de C 5-10 rep al 50% de 5RM (sentadilla y <i>press</i> banca) con 3' de D + <i>sprint</i> 25'' (100% esfuerzo) 3º y 4º Sesión: C 5' con mov. dinámicos + 6 series de 10 rep al 85% de 5RM con 2' de D+ una serie más al fallo. (1º sentadilla descanso de 20' y <i>press</i> banca) +25'' de <i>sprint</i>
Chul Jung et al. <sup>7</sup> 2018. EE. UU.	Ensayo controlado aleatorio cruzado sin placebo	n= 15 (9♂ y 6♀) 27±1,14 años, 171,3±2,6 cm 72,7±4,04 Kg BFP= 16,4±2,4%	ETM 2.0 Sesión 1-2-3 → 1.829 m	1º sesión: medición de h, peso corporal, % grasa, Func. Resp., VO <sub>2peak</sub> 2ª y 3ª sesión: 2 pp. de ciclismo (con y sin ETM), cada pp. 40' (10' C+ 10' al 50% del VO <sub>2peak</sub> + 10' al 70% del VO <sub>2peak</sub> +10'R) 7 días entre sesión
Romero-Arenas et al. <sup>9</sup> 2019. España	Ensayo controlado aleatorio cruzado sin placebo	n = 14 ♂ 24,2 ±3 años 177,4±6,0 cm 74,8±6,9 Kg	ETM 2.0 Prueba → 2.743 m	1 sem antes: sesión completa de familiarización con ETM. Sesión de prueba: 2 pruebas de ciclismo, 1º 5' de C seguido comenzaba la prueba a 0W y la P ↑ 25 W por ' con una cadencia de 70-75rpm hasta el agotamiento. La prueba finalizaba cuando no podían mantener la cadencia por más de 65rpm. La 1ª prueba fue con ETM, la 2ª sin.
Biggs et al. <sup>6</sup> 2017. EE. UU.	Ensayo controlado aleatorio sin placebo	n = 17 12 ♂ y 5 ♀, 21,2 ±1,7 años.	ETM 2.0 Pp. Entero → 2.743 m	Pp. 6 sem con 4 día/sem de L-J. El pp. de <i>running</i> (HIIT) fue modificado del 90% de VO <sub>2max</sub> a HRR. Los sujetos tenían que mantener el 80% de su HRR durante 6 intervalos 90'' seguido de 3' de D act. En el D act los sujetos debían mantener el 50-60% de la HRR. Primero se realizaba un C y después un E de 5'-10'
Fernández-Lázaro et al. <sup>4</sup> . 2021. España	Ensayo controlado aleatorio sin placebo	n = 20 ♂  GC: n = 10 38,4±3,8 años IMC: 24,6±2,7 Kg/m <sup>2</sup> 51,5 ± 6,5 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>  GM: n = 10 36,7±5,3 años IMC: 22,9±3,1 Kg/m <sup>2</sup> 53,1±7,3 mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	ETM 2.0 Sem 1 → 914 m Sem 2 → 1.829 m Sem 3-12 → 2.743 m	Pgm. 12 sem con 3 días/sem de <i>CrossFit</i> Calentamiento, fuerza y/o técnica de destreza + entrenamiento programado de fuerza o acondicionamiento (10-30') + enfriamiento y/o trabajo de movilidad.

n: nº de participantes; GC: grupo control; GM: grupo mascara; ♂: hombre; ♀: mujer; cm: centímetros; Kg: kilogramos; BMI: índice de masa corporal; BFP: porcentaje de grasa corporal; ETM: elevation training mask; HIT: Alta intensidad; C: Calentamiento; Pp: Protocolo; h: altura; Pgm: Programa; E: Enfriamiento; D: Descanso; sem: semana; m: metro; ' : minuto; '' : segundos; rep: repetición; mov: movimiento; RM: repetición máxima; %: porcentaje; VO<sub>2peak</sub>/VO<sub>2max</sub>: consumo máximo de oxígeno; W:watios; rpm: revoluciones por minuto; HIT: entrenamientos a intervalos de alta intensidad; HRR: reserva de frecuencia cardiaca; Func. Resp: Función respiratoria; R: recuperación; P: Potencia; L: Lunes; J: Jueves; act: activo; EE. UU.: Estados Unidos de América.

**Tabla 5. Resumen de los resultados de parámetros respiratorios de los estudios incluidos en esta revisión sistemática.**

Autor/es, año y país	Parámetros analizados	Principales resultados	
		Pre-AF vs. Post-AF	GM vs. GC
Porcari <i>et al.</i> <sup>13</sup> 2016 EE. UU.	FVC (L) FEV <sub>1</sub> (L) FEV <sub>1</sub> /CVF MIP (cmH <sub>2</sub> O) SpO <sub>2</sub> (%)	↔ GM ↔ GC ↔ GM ↔ GC ↔ GM ↔ GC ↑ GM ↑ GC ↓* GM ↓* GC	↔ ↔ ↔ † †
Jagim <i>et al.</i> <sup>12</sup> 2017 EE. UU	SpO <sub>2</sub> sentadilla (%) SpO <sub>2</sub> <i>press-banca</i> (%) SpO <sub>2</sub> <i>sprint</i> (%)	↓ GM ↓ GC ↓ GM ↓ GC ↓ GM ↓ GC	† † †
Chul Jung <i>et al.</i> <sup>7</sup> 2018 EE. UU.	SpO <sub>2</sub> (%) RPBE	↓* GM ↓* GC ↑ GM ↑ GC	# †
Biggs <i>et al.</i> <sup>6</sup> 2017 EE. UU.	FVC (L/segundo) FVC (L)	↑ GM ↑ GC ↑ GM ↑ GC	† †
Romero-Arenas <i>et al.</i> <sup>9</sup> 2019 España	SpO <sub>2</sub> (%)	↓ GM ↓* GC	#

AF: Actividad física; ↑\*: Incremento estadísticamente significativo; †: Incremento estadísticamente no significativo; ↓\*: Descenso estadísticamente significativo; ↓: Descenso estadísticamente no significativo; †: Cambio sin significación estadística; #: Cambio con significación estadística; ↔: Sin cambios; FVC: capacidad vital forzada; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; MIP: presión inspiratoria máxima; SpO<sub>2</sub>: saturación de oxígeno; RPBE: índice de esfuerzo respiratorio percibido; FVC: capacidad vital inspiratoria forzada; GM: Grupo con máscara; GC: Grupo control; L: litros; cmH<sub>2</sub>O: centímetros de agua.

**Tabla 6. Resumen de los resultados de biomarcadores de los estudios incluidos en esta revisión sistemática.**

Autor/es, año y país	Parámetros analizados	Principales resultados	
		Pre-AF vs. Post-AF	GM vs. GC
Porcari <i>et al.</i> <sup>13</sup> 2016 EE. UU.	Hb (g/dL) Hct (%) FC máx (latidos/minuto)	↓ GM ↓ GC ↑ GM ↑ GC ↔ GM ↔ GC	↔ ↔ ↔
Chul Jung <i>et al.</i> <sup>7</sup> 2018 EE. UU.	PS sistólica (mmHg) PS diastólica (mmHg) HRV → IBI (segundos) dominio tiempo HRV → lnFL (segundos) dominio frecuencia HRV → lnHF (segundos) dominio frecuencia lnFL / lnHF FC (latidos/minuto)	↑ GM ↑ GC ↑ GM ↑ GC ↔ GM ↔ GC ↔ GM ↔ GC ↔ GM ↔ GC ↑ GM ↑ GC ↑* GM ↑* GC	† † ↔ ↔ † # #
Romero-Arenas <i>et al.</i> <sup>9</sup> 2019 España	FC (latidos/minuto) O <sub>2</sub> Hb muscular (μM-cm) HHb muscular (μM-cm) tHb muscular (μM-cm) O <sub>2</sub> Hb cerebral (μM-cm) HHb cerebral (μM-cm) tHb cerebral (μM-cm)	↑* GM ↑ GC ↓* GM ↓* GC ↑* GM ↑* GC ↑* GM ↑* GC ↑ GM ↑ GC ↑* GM ↑* GC ↑* GM ↑* GC	# # # # † # #
Fernández-Lázaro <i>et al.</i> 2021 <sup>4</sup> España	LDH CK Mb TT C	↑* GM ↔ GC ↑ GM ↑ GC ↓ GM ↓ GC ↑ GM ↑ GC ↓ GM ↑ GC	↔ ↔ ↔ ↔ ↔

AF: Actividad física; ↑\*: Incremento estadísticamente significativo; †: Incremento estadísticamente no significativo; ↓\*: Descenso estadísticamente significativo; ↓: Descenso estadísticamente no significativo; †: Cambio sin significación estadística; #: Cambio con significación estadística; ↔: Sin cambios; Hb: hemoglobina; Hct: hematocrito; FC: frecuencia cardíaca; PS: presión sistólica; HRV: variabilidad de la frecuencia cardíaca; IBI: intervalo entre latidos; lnFL: logaritmo natural de baja frecuencia; lnHF: logaritmo natural de alta frecuencia; O<sub>2</sub>Hb: oxihemoglobina; HHb: concentración de desoxihemoglobina; tHb: hemoglobina tisular total; LDH: lactato deshidrogenasa; CK: creatin.

la frecuencia cardíaca (Fc) fue mayor<sup>7,12</sup> mientras que el intervalo entre latidos y el equilibrio simpaticovagal fueron menores<sup>12</sup>; no se produjeron cambios en las variables hematológicas<sup>13</sup>, aunque se observó una tendencia a disminuir el daño muscular y atenuar el efecto catabólico directo derivado del ejercicio<sup>4</sup>. Sin embargo, fue difícil determinar la

verdadera eficacia de la ETM sobre los distintos parámetros y biomarcadores propuestos, porque los resultados podrían verse influidos por el tipo de ejercicio, la simulación de altitud (varía 914 a 5.486 metros), el momento de uso y la duración de la intervención con la ETM. Además, las características de los participantes, como la edad, el sexo, la etnia, la

Tabla 7. Resumen de los resultados de parámetros de rendimiento deportivo de los estudios incluidos en esta revisión sistemática.

Autor/es, año y país	Parámetros analizados	Principales resultados	
		Pre-AF vs. Post-AF	GM vs. GC
Porcari et al. <sup>13</sup> 2016 EE. UU.	VO <sub>2</sub> máx (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) PPÓ (vatios) RCT (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) PO en RCT (vatios) VT (ml/kg/min) PO en VT (vatios) FC máx (latidos/minuto) La <sup>+</sup> (mmol·l <sup>-1</sup> )	↑* GM ↑* GC ↑* GM ↑* GC ↑* GM ↑ GC ↑* GM ↑ GC ↑* GM ↑ GC ↑* GM ↑ GC ↔ GM ↔ GC ↔ GM ↔ GC	† † # # † † ↔ ↔
Jagim et al. <sup>12</sup> 2017 EE. UU	Nº rep. sentadilla Nº rep. press banca Velocidad máx/rep sentadilla Velocidad máx/rep press banca La <sup>+</sup> (mM·L <sup>-1</sup> ) Alerta & Concentración	↓ GM ↓ GC ↓ GM ↔ GC	† † † † † #
Romero-Arenas et al. <sup>9</sup> 2019 España	PPO La+ (mM·L <sup>-1</sup> ) RPE (BORG CR-10)	↓* GM ↓* GC ↓ GM ↓ GC ↑* GM ↑* GC	# † †
Biggs et al. <sup>6</sup> 2017 EE. UU.	VO <sub>2</sub> máx (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) VO <sub>2</sub> máx (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) a lo largo del tiempo	↔ GM ↔ GC ↑* GM ↑* GC	↔ #
Fernández-Lázaro et al. 2021 <sup>4</sup> España	Press (Kg) Deadlift (Kg) Squat (Kg) Crossfit Total (Kg) Grace (segundos) RPE (BORG CR-10)	↑* GM ↑* GC ↑ GM ↑ GC ↑* GM ↑ GC ↑* GM ↑* GC ↓* GM ↓* GC ↔ GM ↔ GC	↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔

AF: Actividad física; ↑\*: Incremento estadísticamente significativo; ↑: Incremento estadísticamente no significativo; ↓\*: Descenso estadísticamente significativo; ↓: Descenso estadísticamente no significativo; †: Cambio sin significación estadística; #: Cambio con significación estadística; ↔: Sin cambios; VO<sub>2</sub>máx: volumen de oxígeno máximo; PPO: potencia máxima de salida; RCT: umbral de respiración compensatoria; PO: potencia de salida; VT: umbral ventilatorio; FC<sub>máx</sub>: frecuencia cardíaca máxima; La<sup>+</sup>: concentración plasmática de lactato; Nº rep.: número de repeticiones; RPE: índice de esfuerzo percibido; Kg: kilogramo.

composición corporal, el nivel de nivel de entrenamiento, las diferencias en el entrenamiento, la nutrición y el estado de salud, también pueden haber influido en los resultados.

La ETM pretende simular el entrenamiento en altitud, añadiendo de 914 a 5.486 metros a lugar donde se realiza la actividad física, a través de la restricción de oxígeno (O<sub>2</sub>), por un sistema valvular<sup>14</sup>. Los estudios emplearon diferentes niveles de altitud simulada e incluso emplearon varias en el mismo ensayo (Tabla 3). Se han reportado sustanciales mejoras en las variables hematológicas tras la exposición a hipoxia hipobárica, normobárica o durante la realización del entrenamiento en deportistas<sup>23,15-18</sup>. Sin embargo, la ETM provoca una leve disminución de SpO<sub>2</sub> durante el ejercicio<sup>7,12,13</sup>, sin cambios en la hemoglobina (Hb) y el hematocrito (Hct) en participantes sanos después de un entrenamiento ciclista de 6 semanas con la ETM<sup>13</sup> o sujetos físicamente activos durante 20 minutos en una prueba en cicloergómetro al 60% de la potencia máxima<sup>19</sup>. Por lo tanto, cualquier hipoxemia con la ETM no estaría causada por la simulación de la altitud, sino que probablemente se deba a su modesto espacio muerto y al deterioro de la ventilación alveolar<sup>19</sup>. Adicionalmente, la hipoxemia podría agudizarse por la reinspiración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y el subsiguiente desplazamiento de la curva de disociación del O<sub>2</sub><sup>8</sup>. Sin embargo, en altitudes "reales" como las que permite simular la ETM (914 a 5.486 metros) los niveles de saturación caen típicamente desde el 97-95% a 79-63% que son mucho mayores que los reportados mientras se usa la ETM a esas mismas altitudes<sup>9</sup>. Lo

que sugiere que, si el ETM indujo condiciones hipóxicas, el estímulo de exposición no sería suficiente para conseguir adaptaciones hematológicas. Además, no está clara la generación de hipoxia con la ETM porque Barbiere et al.<sup>19</sup> y Boyle et al.<sup>20</sup> no encontraron modificaciones en la SpO<sub>2</sub> entre las diferentes condiciones de sus estudios

Por otro lado, la hipoxia afecta a la función sobre el eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HHA) incrementando los niveles de hormona adrenocorticotropa (ACTH) en plasma y la expresión proteína reguladora de la esteroidogénesis aguda (StAR) aumentando la secreción de glucocorticoides como el cortisol<sup>21,22</sup>. Hu et al.<sup>23</sup>, demostraron que la secreción de testosterona se suprime durante el ejercicio en hipoxia. Sin embargo, Fernández-Lázaro et al.<sup>4</sup> reportaron modestos aumentos en la testosterona (3,6±0,52%) y un mínimo descenso en el cortisol (-0,18±4,01%) en deportistas de Crossfit® durante 12 semanas de entrenamiento con ETM, con adaptaciones hormonales similares en el GC. Por tanto, esta respuesta hormonal no estaría relacionada con el uso de la ETM sino indicaría altos niveles de condición física de los deportistas<sup>24</sup> y un óptimo programa de entrenamiento, porque en la relación tiempos de descanso / rutinas fisicas son adecuados para restaurar la función del eje HHA<sup>25</sup>. Una respuesta endocrina optimizada al entrenamiento de resistencia es de gran importancia para las adaptaciones musculares y mejora del rendimiento<sup>26</sup>. En este sentido, en ambos grupos (GM y GC) muestran mejoras en la recuperación muscular y en los Workout of the Day (WODs), sin diferencias significativas entre ellos<sup>4</sup>.

Estos resultados podrían establecer un cambio en patrón de comercialización de la ETM que fue originariamente para simular altitud<sup>14</sup>. Se ha propuesto que la ETM como un dispositivo de entrenamiento de resistencia de los músculos respiratorios<sup>9,19,20</sup>. Recientemente, hemos descrito en un metaanálisis<sup>27</sup> que el entrenamiento de la musculatura inspiratoria (EMI) de forma aislada consigue mejorar la función pulmonar asociada a incrementos en el rendimiento aeróbico y anaeróbico. Sin embargo, no hubo cambios significativos entre grupos (GMVs. GC) o en la condición ETM a lo largo del estudio en los parámetros de la función pulmonar capacidad vital forzada (FVC)<sup>6,13</sup>, capacidad vital inspiratoria forzada (FIVC)<sup>6</sup>, volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1)<sup>13</sup>, y la presión inspiratoria máxima (PIM)<sup>13</sup>. Estos resultados son acordes a los reportados por Kido *et al.*<sup>28</sup> que no informaron de ninguna mejora significativa en la función pulmonar tras el uso de ETM. Estas diferencias entre el EMI y la ETM sobre los parámetros de monitorización de la función pulmonar podría deberse a la diferente musculatura que trabajada con la ETM y el EMI. La ETM no poseen la cualidad de entrenar la musculatura del diafragma y los músculos intercostales inspiratorios, que son los que llevan a cabo el trabajo de la inspiración<sup>14</sup>. Además, los músculos escalenos y el esternocleidomastoideo, los cuales, participan en la mecánica inspiratoria durante la práctica de ejercicio más intenso también han de entrenarse por medio de la EMI<sup>27</sup>. Otra causa podría ser la carga resistiva respiratoria aplicada a los deportistas. La resistencia de trabajo de debe ser > 30% de la PIM y con una aplicación incremental hasta el 50-70 % de la PIM, considerando que cargas <15% de la PIM son inefectivas<sup>27</sup>. Por lo tanto, las cargas de resistencia respiratoria (mediante un sistema valvular) aplicadas con la ETM podrían no alcanzar los umbrales de trabajo idóneos para generar un efecto ergogénico sobre la fuerza de los músculos respiratorios. Lo que podría explicar que no se consigue efectos sobre de la fatiga respiratoria, el mecanismo del reflejo metabólico de la musculatura respiratoria “metaborreflejo” (RMMR), la hipertrofia del diafragma, la modificación de composición de fibras musculares hacia tipo I e incremento de las fibras tipo II de musculatura intercostal, optimización del control neuro-motor de la musculatura respiratoria, y una mayor economía de la musculatura respiratoria<sup>27</sup>. Estos resultados podrían en entredicho la aplicación de la ETM como herramienta de entrenamiento de resistencia de los músculos respiratorios.

La popularidad de la ETM tiene su pilar fundamental en la mejora del rendimiento deportivo, a través de generar una situación de hipoxia<sup>14</sup>. Sin embargo, el estudio de Fernández-Lázaro *et al.*<sup>4</sup> no reportaron cambios significativos en los WODs en deportistas de *Crossfit*<sup>®</sup> y Porcari *et al.*<sup>13</sup> tampoco describieron mejoras significativas en el  $\dot{V}O_{2max}$  en deportistas con un nivel alto de entrenamiento. Además, se ha demostrado que la ETM reduce el rendimiento durante el ejercicio incremental<sup>7</sup> y atenúa la capacidad de mantener la velocidad de trabajo en la sentadilla, el *press* de banca y el *sprint*<sup>12</sup>. Estos resultados son acordes a otros estudios no incluidos en esta revisión y empleaban la ETM en un ejercicio de carga constante<sup>29</sup> o de carga incremental hasta la extenuación<sup>20</sup>. Por lo tanto, la ETM limita el rendimiento deportivo debido probablemente a que el aumento de la carga respiratoria de forma simultánea durante el entrenamiento de resistencia disminuiría el rendimiento general del ejercicio en comparación con el entrenamiento de resistencia sin

añadir resistencia respiratoria. Esto podría ocurrir debido al aumento significativo de la presión transdiafragmática<sup>20</sup> y a la posible fatiga de los músculos respiratorios<sup>30</sup>, lo que podría reducir la carga total de entrenamiento de los músculos locomotores al disminuir el tiempo y/o la intensidad del ejercicio. El aumento de la fatiga muscular respiratoria induce que el RMMR precise una menor intensidad para activarse con lo que desciende la tolerancia al ejercicio<sup>30</sup>. El aumento de la disnea también influiría en reducir el tiempo/la intensidad del ejercicio y, por lo tanto, la carga de entrenamiento sobre el sistema muscular esquelético durante la carga respiratoria combinada con actividad física<sup>20,30</sup>. Además, como hemos descrito anteriormente no existen mejoras sobre la función pulmonar, lo que impediría las mejoras del rendimiento deportivo. Se ha mostrado que la efectividad del EMI sobre el rendimiento aeróbico y anaeróbico requieren un incremento de la PIM del 20 % y del 6,8 % respectivamente post EMI<sup>27</sup>. Incluso la modesta hipoxemia causada por el uso ETM<sup>7,12,13</sup> parece insuficiente para las conseguir mejoras en el rendimiento deportivo comparado con programas de exposición a hipoxia<sup>1-3</sup>. Por lo tanto, la ETM tendría escasa influencia sobre el rendimiento deportivo.

El uso de la ETM en los deportistas incrementó el índice de esfuerzo respiratorio percibido<sup>7</sup>, e influye negativamente en los índices de alerta y concentración durante el desempeño del ejercicio<sup>13</sup>. Sin embargo, el GM provocó un aumento de la oxigenación cerebral en comparación con GC<sup>9</sup> y no condicionó la programación total de entrenamiento de los deportistas porque no existieron diferencias significativas en GM entre los tiempos el estudio o en la interacción grupo por tiempo en la escala Borg-10<sup>4,9</sup>. Ante estas discrepancias, se necesitan futuros estudios para determinar la comodidad y el confort de la ETM durante el ejercicio evaluando si altera la percepción de esfuerzo o condicionaría el rendimiento por factores psicológicos y/o subjetivos relacionados con proceso atencional en la actividad deportiva.

La utilización de la ETM como dispositivo de simulación de altitud induce, si es que lo hace, un leve estímulo hipóxico que es claramente insuficiente para desencadenar en respuestas fisiológicas adaptativas sobre los sistemas orgánicos diana. Sin embargo, podría tener alguna utilidad como sistema de entrenamiento respiratorio de forma aislada (sin carga combinada de ejercicio) ajustando adecuadamente las cargas (resistencia valvular) de trabajo sobre los músculos respiratorios para conseguir ganancias en la función pulmonar que redunden en el rendimiento deportivo como alternativa a los dispositivos EMI de carga resistiva (PFlex, TrainAir), de hiperpnea isocápnica voluntaria (SpiroTiger) y dispositivos umbral (PwB, Powerlung, Threshold IMT, Respifit-S) en aquellos individuos o situaciones que imposibiliten el uso de dispositivos EMI como la carencia de habilidades para el manejo, deterioro cognitivo que impida su uso y una patología incapacitante del miembro superior.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

## Bibliografía

1. Fernández-Lázaro D, Díaz J, Caballero A, Córdova A. The training of strength-resistance in hypoxia: effect on muscle hypertrophy. *Biomédica*. 2019;39:212-20.

2. Córdova Martínez A, Pascual Fernández J, Fernández Lázaro D, Alvarez Mon M. Muscular and heart adaptations of exercise in hypoxia. Is training in slow hypoxia healthy? *Med Clin*. 2017;148:469-74.
3. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Caballero García A, Pascual Fernández J, Córdova Martínez A. Artificial altitude training strategies: Is there a correlation between the haematological and physical performance parameters? *Arch Med Deporte*. 2020;37:35-42.
4. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Fernández-Zoppino D, Novo S, Lázaro-Asensio MP, Sánchez-Serrano N, et al. Evaluación deportiva, muscular y hormonal en deportistas de CrossFit® que emplean la "Elevation Training Mask". *Arch Med Deporte*. 2021;38:163-70.
5. Feriche B, García-Ramos A, Morales-Artacho AJ, Padiar P. Resistance training using different hypoxic training strategies: a basis for hypertrophy and muscle power development. *Sport Med Open*. 2017;3:12.
6. Biggs NC, England BS, Turcotte NJ, Cook MR, Williams AL. Effects of simulated altitude on maximal oxygen uptake and inspiratory fitness. *Int J Exerc Sci*. 2017;10:127-36. Available from: /pmc/articles/PMC5214464/
7. Jung HC, Lee NH, John SD, Lee S. The elevation training mask induces modest hypoxaemia but does not affect heart rate variability during cycling in healthy adults. *Biol Sport*. 2019;36:105-12.
8. Granados J, Gillum TL, Castillo W, Christmas KM, Kuennen MR. "Functional" Respiratory muscle training during endurance exercise causes modest hypoxemia but overall is well tolerated. *J Strength Cond Res*. 2016;30:755-62.
9. Romero-Arenas S, López-Pérez E, Colomer-Poveda D, Márquez G. Oxygenation responses while wearing the elevation training mask during an incremental cycling test. *J Strength Cond Res*. 2021;35:1897-904.
10. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. 2015;4:148-60.
11. Law M, Stewart C, Pollock N, Letts L, Bosch J, Westmorland M. *McMaster critical review form-Quantitative studies*. Hamilton, Ontario McMaster Univ Occup Ther Evidence-Based Pract Res Gr. 1998.
12. Jagim AR, Dominy TA, Camic CL, Wright G, Doberstein S, Jones MT, et al. Acute effects of the elevation training mask on strength performance in recreational weight lifters. *J Strength Cond Res*. 2018;32:482-9.
13. Porcari JP, Probst L, Forrester K, Doberstein S, Foster C, Cress ML, et al. Effect of wearing the elevation training mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. *J Sports Sci Med*. 2016; 15:379-86.
14. Elevation Training Mask®. 2021. [citado 2021 Oct 28]. Disponible en: <https://www.trainingmask.com/>
15. Camacho-Cardenosa M, Camacho-Cardenosa A, González-Custodio A, Zapata V, Olcina G. Effects of swimming-specific repeated-sprint training in hypoxia training in swimmers. *Front Sport Act living*. 2020;2:100
16. Ramos-Campo D, Martínez-Sánchez F, Esteban-García P, Rubio-Arias J, Clemente-Suarez V, Jiménez-Díaz J. The effects of intermittent hypoxia training on hematological and aerobic performance in triathletes. *Acta Physiol Hung*. 2015;102:409-18.
17. Villa JG, Lucia A, Marroyo JA, Avila C, Jimenez F, Garcia-Lopez J, et al. Does intermittent hypoxia increase erythropoiesis in professional cyclists during a 3-week race? *Can J Appl Physiol*. 2005;30:61-73
18. Sanchez AM, Borrani F. Effects of intermittent hypoxic training performed at high hypoxia level on exercise performance in highly trained runners. *J Sports Sci*. 2018;36:2045-52.
19. Barbieri JF, Gáspari AF, Teodoro CL, Motta L, Castaño LAA, Bertuzzi R, et al. The effect of an airflow restriction mask (ARM) on metabolic, ventilatory, and electromyographic responses to continuous cycling exercise. *PLoS*. 2020;15:e0237010.
20. Boyle KG, Napoleone G, Ramscook AH, Mitchell RA, Guenette JA. Effects of the Elevation Training Mask® 2.0 on dyspnea and respiratory muscle mechanics, electromyography, and fatigue during exhaustive cycling in healthy humans. *J Sci Med Sport*. 2021;S1440-2440:00233-4.
21. Keenan DM, Pichler Hefti J, Veldhuis JD, Von Wolff M. Regulation and adaptation of endocrine axes at high altitude. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2020;318:E297-309.
22. Cooke M, Cruttenden R, Mellor A, Lumb A, Pattman S, Burnett A, et al. A pilot investigation into the effects of acute normobaric hypoxia, high altitude exposure and exercise on serum angiotensin-converting enzyme, aldosterone and cortisol. *J Renin Angiotensin Aldosterone Syst*. 2018; 19:1470320318782782
23. Hu Y, Asano K, Mizuno K, Usuki S, Kawakura Y. Comparisons of serum testosterone and corticosterone between exercise training during normoxia and hypobaric hypoxia in rats. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;78:417-21.
24. Guilhem G, Hanon C, Gendreau N, Bonneau D, Guével A, Chennaoui M. Salivary hormones response to preparation and pre-competitive training of world-class level athletes. *Front Physiol*. 2015;6:333
25. Cabrera Oliva VM. Aplicación y utilidad de las determinaciones hormonales en muestras de saliva durante el ejercicio. *Rev Cub Med Dep & Cul Fís*. 2012;7:1-30.
26. Fernández-Lázaro D. Estrategias ergogénicas para optimizar el rendimiento y la salud en participantes de actividad física regular: evaluación de la eficacia de la crioterapia compresiva, la exposición a la hipoxia intermitente en reposo y el entrenamiento sectorizado de los músculos inspiratorios. Tesis doctoral, Universidad de León, León, España, 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=286163&info=resumen&idioma=SPA> (citado 17 Sept 2021).
27. Fernández-Lázaro D, González-Bernal JJ, Sánchez-Serrano N, Navascués LJ, Ascaso-del-Río A, Mielgo-Ayuso J. Physical exercise as a multimodal tool for COVID-19: Could it be used as a preventive strategy? *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17:8496.
28. Kido S, Nakajima Y, Miyasaka T, Maeda Y, Tanaka T, Yu W, et al. Effects of Combined training with breathing resistance and sustained physical exertion to improve endurance capacity and respiratory muscle function in healthy young adults. *J Phys Ther Sci*. 2013;25:605-10.
29. López-Pérez ME, Romero-Arenas S, Colomer-Poveda D, Keller M, Márquez G. Psychophysiological responses during a cycling test to exhaustion while wearing the elevation training mask. *J Strength Cond Res*. 2020; Online ahead of print.
30. Harms CA, Wetter TJ, St Croix CM, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *J Appl Physiol*. 2000;89:131-8.