

Efectos agudos y crónicos del uso de “máscaras de entrenamiento en altura” durante el ejercicio: una revisión

ANDRÉS SANTIAGO PARODI FEYE

Instituto Superior de Educación Física (ISEF – Udelar)
Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes
Contacto: andresparodi2005@yahoo.com
ORCID: 0000-0003-3498-352X

CARLOS MAGALLANES

Instituto Superior de Educación Física (ISEF – Udelar)
Contacto: camagallanes@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9506-6947

Recibido: 23/07/2019

Aprobado: 28/11/2019

DOI: <https://doi.org/10.28997/ruefd.v0i12.6>

Resumen La denominada Máscara de Entrenamiento en Altura (ETM) se comercializa con el propósito de emular la hipoxia imperante en diferentes niveles de altitud. El presente trabajo revisa los estudios que analizan los efectos agudos y crónicos del uso de ETM sobre variables asociadas al rendimiento físico. Aunque existe controversia, la mayoría de los trabajos reportan una respuesta hipóxica aguda y mejoras de parámetros cardiorrespiratorios derivados del uso de ETM, además de ser, en términos generales, bien tolerada. Para el entrenamiento de fuerza, su uso podría ser perjudicial. Se necesitan más estudios con diferentes poblaciones e intervenciones de mayor duración.

Palabras clave: Máscaras de entrenamiento en altura; Entrenamiento en condiciones de hipoxia; Entrenamiento en altura simulada.

Acute and chronic effects of using elevation training masks during exercise: a review

Abstract The so-called Elevation Training Mask (ETM) is marketed for the purpose of emulating the hypoxic conditions that prevail at different altitude levels. The present work reviews the studies that analyze the acute and chronic effects of using ETM on variables associated with physical performance. Although there is some controversy, most studies report an acute hypoxic effect and improvements in cardiorespiratory parameters derived from using ETM, in addition to being, in general terms, well tolerated. For strength training, the use of ETM could be detrimental. More studies with different populations and studies with longer interventions are needed.

Keywords: Elevation Training Mask; Training in hypoxic conditions; Training in simulated altitude.



Introducción

Numerosos estudios han demostrado que el entrenamiento regular en altura ($\geq 2.000\text{m.s.n.m}$) representa un estresor metabólico que induce adaptaciones beneficiosas para el rendimiento físico (Deb et al., 2017; Mujika, Sharma, y Stellingwerff, 2019; Saunders, Garvican-Lewis, Chapman, y Périard, 2019).

Las denominadas Máscaras de Entrenamiento en Altura (Training Mask 2.0, LLC, Cadillac, Michigan) son dispositivos utilizados durante el entrenamiento deportivo que, valiéndose de válvulas intercambiables de resistencia variable, permiten reducir el flujo de aire inspirado y de esta forma, según afirman sus fabricantes, se emularían las condiciones de hipoxia imperantes a diferentes alturas. Dependiendo de la combinación de válvulas utilizadas, se simularían alturas desde los 3.000pies (914mts) hasta 18.000pies (5486mts), con incrementos sucesivos de 3.000pies. Se ha planteado que la hipoxemia causada por estas máscaras estaría ocasionada por volver a inspirar el CO_2 que queda acumulado en el “espacio muerto” de las mismas, que tiene un volumen de aproximadamente 100ml (Granados, Jansen, Harton, Gillum, & Kuennen, 2014), conjuntamente con la menor frecuencia ventilatoria secundaria a la resistencia a la entrada de aire (Granados, Gillum, Castillo, Christmas, & Kuennen, 2016).

Por otro lado, ha sido sugerido que las ETM funcionarían más como un dispositivo de resistencia para el entrenamiento de la musculatura inspiratoria que como un simulador de hipoxia, dado que en algunos estudios no fue posible demostrar una reducción significativa en la saturación arterial de O_2 (SaO_2) ni en variables hematológicas asociadas a su empleo durante el ejercicio, algo que sí sucede en condiciones de hipoxia reales (Porcari et al., 2016). Esto se explicaría por el hecho que las ETM no generan una reducción de la presión parcial de oxígeno del aire inspirado (Granados et al., 2016).

También se ha demostrado que estos dispositivos aumentan la resistencia a la espiración, con un rango de presión que va desde 0,1 a 0,25psi cuando las válvulas se ajustan entre 3.000 y 9.000pies (2743mts). Esto podría implicar un

eventual uso clínico de las ETM en pacientes que sufren disfagia, a través del fortalecimiento de la musculatura ventilatoria y supra-hioidea (Shen, Nachalon, Randall, Nativ-zeltzer, & Belafsky, 2019).

Hasta donde llega el conocimiento de los autores, a la fecha no existen trabajos de revisión en referencia a los efectos del uso de ETM. Dada la creciente popularidad de estos dispositivos y las contradicciones en los resultados de los estudios en relación a los mismos, el objetivo de la presente revisión bibliográfica ha sido determinar cuál es el estado de conocimiento actual acerca de los efectos agudos y crónicos derivados de su uso.

Efectos agudos del uso de ETM

Los efectos agudos del uso de ETM han sido estudiados durante ejercicios aeróbicos y de fuerza, con resultados contradictorios. En relación a los primeros, en un estudio reciente (Öncen & Pinar, 2018) 6 sujetos jóvenes fueron sometidos en dos oportunidades a un test progresivo en rampa realizado en cinta ergométrica hasta el agotamiento (protocolo de Bruce), con y sin el uso de máscara (ajustada a 9.000pies) respectivamente. Se midió la frecuencia cardíaca (FC) y se determinaron los niveles de ansiedad mediante el Inventario de Ansiedad de Beck (IAB). Los autores encontraron que, cuando los sujetos usaron ETM, la FC máxima promedio alcanzada y el tiempo hasta el agotamiento fueron menores que cuando no lo usaron (185ppm vs 193ppm y 14,49min vs 15,02min respectivamente). La mencionada diferencia en la FC se mantuvo aún durante el período de recuperación de 5 minutos post-esfuerzo. Esto condujo a sugerir un efecto bradicárdico secundario al empleo de ETM que estaría ocasionado por la re-inhalación del CO_2 espirado que permanece en el “espacio muerto”. También se plantea que al tratarse de un test hasta el agotamiento, el uso de ETM (y la sensación de ansiedad que eventualmente genera) podría haber determinado que los sujetos detuvieran la prueba antes de su esfuerzo máximo real. Sin embargo, en el estudio no se detectaron incrementos significativos en los valores totales del IAB lo que lleva a pensar que el



empleo de ETM no provoca incrementos en los niveles de ansiedad percibidos por el deportista.

Granados et al (2016) realizaron un trabajo con diseño cross-over que involucró 10 hombres jóvenes físicamente activos, los cuales se sometieron a 3 sesiones de 20min de carrera continua en cinta ergométrica al 60% de su VO₂máx, utilizando un simulador (SHAM) o la ETM ajustada a 9.000 o 15.000pies. Cabe destacar que el laboratorio donde se realizó el estudio se encuentra a una altura terrestre de 3543pies (1.080mts). Si bien se verificó una reducción significativa de la SaO₂ como consecuencia del empleo de ETM (91,0 ± 0,2% y 89,3 ± 0,2% con la máscara ajustada a 9.000 y 15.000 pies respectivamente, vs 94,2 ± 0,2% SHAM), la magnitud de la hipoxemia fue mucho menor que la esperada para el mismo esfuerzo en altura terrestre, y además la diferencia entre las dos configuraciones resultó no ser significativa. Los autores encontraron un incremento en los niveles de ansiedad y en la SSE asociado al uso de ETM, aunque aclaran que este incremento fue moderado y el uso de la máscara fue bien tolerado, lo que podría tener injerencia en su aplicación práctica. Adicionalmente no se verificaron diferencias significativas en los valores de FC en las distintas condiciones.

En un trabajo reciente (Romero-Arenas, López-Pérez, Colomer-Poveda, y Márquez, 2019) los autores también encontraron menor SaO₂ y menor rendimiento (medido como potencia pico) asociado a menores niveles de lactato en sangre cuando los participantes del estudio, 14 hombres jóvenes entrenados, realizaron un test progresivo hasta el agotamiento en cicloergómetro utilizando ETM ajustada a 9.000 pies, en comparación con los valores encontrados cuando los mismos sujetos realizaron el test sin máscara. En este caso no se encontraron diferencias en la SSE ni en el comportamiento de la FC entre las dos condiciones (en relación a esta última variable, este hallazgo difiere con lo reportado por Olsen y Pinar (2018), quienes también realizaron en su intervención un test progresivo en rampa con la máscara ajustada a la misma altura simulada). Pero quizá lo más novedoso de este trabajo sea que los autores midieron, utilizando espectroscopía de infrarrojo cercano, el flujo sanguíneo a los

músculos involucrados y a la corteza frontoparietal del cerebro, encontrando que el uso de ETM se asoció con un incremento marcado de flujo a dicha zona cerebral sin modificaciones en la irrigación del tejido muscular.

La hipoxemia asociada al uso de ETM durante un esfuerzo de carácter aeróbico también fue verificada por Jung, Lee, John y Lee (2019), quienes realizaron una intervención con 20 jóvenes de ambos sexos. En este trabajo los participantes completaron dos protocolos de 40 minutos en cicloergómetro (que incluyó 10min de reposo previo, 10min al 50% del VO₂pico, 10min al 70% del VO₂pico y 10min de recuperación post-esfuerzo) con empleo de ETM ajustada a 6.000pies (1829mts) o sin el empleo de la misma respectivamente. Dicha hipoxemia se determinó por la significativamente menor SaO₂ durante el esfuerzo al 70%VO₂pico cuando los sujetos utilizaron ETM. Adicionalmente, en este trabajo los autores verificaron que el uso de máscaras se asoció a una mayor respuesta de la presión arterial sistólica en el reposo pre-esfuerzo, mayor FC, menor balance simpático-vagal durante la recuperación post-esfuerzo, y mayor esfuerzo percibido respiratorio durante toda la intervención. Acorde con los autores, estos dos últimos efectos deberían ser tomados en consideración al momento de programar un plan de entrenamiento para adultos.

En otro trabajo (Barbieri, 2017) el autor realizó un diseño aleatorizado de tipo cross-over en el cual 18 sujetos de ambos sexos realizaron cuatro tipos de esfuerzo: ejercicio continuo sin máscara (CONT-CON), ejercicio continuo con máscara (CONT-EXP), ejercicio intervalado sin máscara (INT-CON) y ejercicio intervalado con máscara (INT-EXP). La ETM fue ajustada a 15.000pies. En todos los casos la sesión consistió de 20 minutos en cicloergómetro al 60% de la potencia máxima (CONT-CON y CONT-EXP) o con intervalos de 1min de esfuerzo seguidos de descansos activos de la misma duración, al 80% y al 40% de su potencia máxima respectivamente (INT-CON e INT-EXP). Se verificaron importantes cambios fisiológicos cuando los sujetos utilizaron ETM en ambas condiciones, que incluyeron mayor PaCO₂, mayor VO₂, menor pH sanguíneo y



menor ventilación. Adicionalmente, para el grupo INT-EXP se determinó una menor SaO₂ y, únicamente en el último minuto de la prueba, un aumento significativo de la actividad electromiográfica de músculos de MMII (aunque los niveles sanguíneos de lactato en ambas condiciones no mostraron diferencias).

Es de destacar que este estudio junto con el de Teodoro (2017) son, hasta donde sabemos, los únicos en los cuales se realizaron mediciones directas de SaO₂, y además el estudio de Barbieri (2017) es el único en el cual el ejercicio con ETM provocó un descenso de esta variable a valores similares a los encontrados en situaciones de altitud terrestre (SaO₂ < 90%). El autor concluye argumentando que el uso de ETM constituye una sobrecarga adicional al sistema ácido/base, lo cual puede representar un estímulo para el desarrollo de adaptaciones crónicas beneficiosas para el rendimiento deportivo. De todas formas, es importante señalar que, de los 26 voluntarios inicialmente seleccionados para formar parte del estudio, 4 tuvieron que ser excluidos por no tolerar el uso de ETM.

Si bien la mayoría de los estudios revisados constatan el efecto agudo hipoxémico asociado al empleo de ETM durante el esfuerzo de carácter aeróbico, existen algunos trabajos que contradicen estos hallazgos. En el trabajo de Ott, Joyce y Hillman (2019) 8 jóvenes moderadamente activos fueron sometidos a 3 sesiones de entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) en cinta, cada una consistente en 13 intervalos de 1min de sprint al 90% de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ seguidos de 1min de recuperación activa al 20% de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, durante las cuales todos los participantes utilizaron ETM, un dispositivo generador de hipoxia (hipoxicador), ambos ajustados a 6.000pies, o no utilizaron ningún dispositivo. Los resultados mostraron que el uso de ETM durante el ejercicio no se asoció a cambios agudos significativos en variables de función pulmonar, FC, SpO₂, cociente respiratorio o niveles de hormona de crecimiento en sangre. Cuando los participantes utilizaron el generador de hipoxia simulando la misma altura (FiO₂ = 16.75%) se verificó una significativamente menor SpO₂. Esto llevó a concluir que las ETM probablemente no

generen un ambiente hipóxico y consecuentemente no funcionen como simuladores de altitud.

Maspero & Smith (2016) llegan a conclusiones similares en su trabajo que consistió en medir, en 15 adultos de ambos sexos, la FC, presión arterial, concentración de oxígeno sanguíneo (SpO₂), lactato sanguíneo y SSE luego de 10min sentados en reposo, luego de una caminata de 4min (4,8km/h), luego de una carrera de 4min (8,0km/h) y luego de 3min post-esfuerzo parados en el lugar con y sin el uso de ETM ajustada a 12.000pies. Si bien se comprobó un incremento significativo en la SSE y en la percepción de esfuerzo ventilatorio al utilizar ETM durante la caminata y la carrera, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables fisiológicas analizadas, por lo que los autores concluyen que el eventual efecto causado por el uso de máscaras durante un esfuerzo agudo no es de suficiente entidad como para generar cambios significativos en dichas variables.

En el mismo sentido, Hess (2017) no encontró diferencias significativas en cuanto a rendimiento, lactato sanguíneo, recuperación de la FC post-esfuerzo, volumen sistólico o variabilidad de la FC cuando se utilizó ETM o una simulación (SHAM) en un protocolo de entrenamiento anaeróbico intervalado en remoerómetro. Los voluntarios, 7 hombres adultos entrenados en este tipo de esfuerzos, realizaron en dos oportunidades 5 esfuerzos máximos de 1min seguidos por sendos descansos pasivos de 3min, con ETM ajustada a 3.000pies o SHAM (ETM sin resistencia) respectivamente. El aspecto novedoso este trabajo es que la máscara se utilizó únicamente durante los períodos de descanso. A pesar de no verificarse diferencias grupales entre ambas condiciones, el autor encontró que 4 participantes (“respondedores”) incrementaron la recuperación de la FC post-esfuerzo cuando utilizaron ETM. Esto podría estar asociado a un mayor retorno venoso a través de la bomba respiratoria, lo que a su vez implica un mayor volumen sistólico y menor FC. Adicionalmente, los “respondedores” tuvieron un declive en el rendimiento ligeramente menor entre esfuerzos durante la condición ETM en comparación con los “no respondedores”, algo que no se verificó en la condición



SHAM. Esto llevó a especular que el empleo de ETM durante pausas de recuperación post-esfuerzo podría resultar beneficioso para algunas personas, aunque no para otras.

Los efectos agudos del uso de ETM también se han analizado durante sesiones de ejercicios de fuerza. En el trabajo de Andre et al. (2018) 10 hombres adultos entrenados realizaron ejercicios con pesas para miembros inferiores con o sin el uso de ETM (ajustada a 12.000pies), en un diseño cross-over. En las sesiones en que se utilizó máscara, la SaO₂ experimentó un descenso significativo aunque, según los autores, al permanecer los valores por encima de 94% no alcanzaría a constituir un estímulo mínimo necesario para desencadenar efectos fisiológicos relevantes. Adicionalmente, se comprobó que el rendimiento de los sujetos en el esfuerzo fue menor (evidenciado por el menor número de repeticiones totales hasta el fallo para una determinada carga), por lo que los autores plantean que su uso sistemático podría tener efectos deletéreos sobre las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular, debido al descenso en el tiempo durante el cual el músculo se halla sometido a tensión. La FC promedio para cada sesión mostró ser ligeramente superior cuando los sujetos usaron máscara (diferencia no significativa). Se verificó asimismo que al utilizar ETM los sujetos manifestaron una mayor percepción de estrés y una mayor SSE. La conjunción de estos resultados llevó a concluir que el empleo de estos dispositivos en entrenamientos de fuerza no es recomendable.

En un trabajo previo similar (Motoyama, Joel, Pereira, Esteves, y Azevedo, 2016) se sometió a 8 hombres entrenados a dos sesiones con y sin el uso de ETM (ajustada a 18.000pies), consistentes en 5 series de bench press y parallel squat al 75% de 1RM hasta el fallo, en un diseño cross-over. Al igual que lo encontrado por Andre et al (2018), el empleo de ETM implicó una disminución del rendimiento (menor número de repeticiones totales en ambos ejercicios) así como un incremento en la SSE. Adicionalmente, se observó que la FC post-test fue significativamente mayor cuando utilizaron ETM, algo que según los autores podría estar relacionado con un posible mecanismo de protección central para prevenir

isquemia miocárdica. También se verificó que los niveles de lactato sanguíneo luego de cada sesión fueron significativamente menores cuando se utilizó ETM en comparación a su no utilización, lo cual, según los autores, podría ser deletéreo para la consecución de objetivos de fuerza o hipertrofia muscular, dada la relación existente entre la lactacidemia y la elevación de testosterona en sangre.

Jagim, Camic, Jones, y Oliver (2017) realizaron una intervención con 20 levantadores de potencia masculinos de nivel recreacional, consistente en dos sesiones de entrenamiento de bench press y squat (6 series de 5 repeticiones al 85% de 5RM, la 7ª serie realizada hasta el fallo) con o sin el uso de ETM ajustada a 9.000pies. No hubo descenso en el volumen de trabajo asociado al uso de máscaras en ninguno de los dos ejercicios, lo cual está en contraposición con lo encontrado por Maspero y Smith (2016), y Motoyama et al (2016). Sin embargo, se verificó que la velocidad pico de la barra para ambos ejercicios (variable indicadora de fatiga neuromuscular) y los niveles de lactato sanguíneo fueron menores cuando se utilizó ETM. En función de estos hallazgos, los autores no recomiendan el uso de este dispositivo para entrenamientos orientados al desarrollo de la potencia.

En cuanto a los niveles de saturación de oxígeno y lactato sanguíneo post-esfuerzo, los resultados son similares a los encontrados por los dos trabajos mencionados en el párrafo anterior: no se encontraron diferencias significativas en la SaO₂ entre ambas condiciones, y los niveles de lactato en sangre fueron inferiores cuando el esfuerzo fue realizado utilizando ETM. Los autores hipotetizan que los valores inferiores de lactacidemia podrían ser debidos a la menor velocidad de ejecución del gesto asociado al uso de máscara, lo que redundaría en un menor reclutamiento de fibras glucolíticas tipo II. En relación a esto, Gaspari et al. (2018) sugieren que los valores más bajos de lactato en sangre podrían deberse a la mayor carga sobre los músculos inspiratorios impuesta por el uso de ETM, los cuales a su vez incrementarían el clearance de lactato utilizán-



dolo como combustible, dado su importante densidad de transportadores de monocarboxilato y su gran capacidad oxidativa.

Un estudio similar fue realizado por Teodoro (2017) en 14 hombres entrenados, quienes mediante un diseño cross-over realizaron seis series de Leg Press al 70% de 1RM hasta el fallo, utilizando ETM ajustada a 18.000pies o ETM sin válvulas de resistencia (SHAM). A diferencia de lo encontrado por otros estudios, el uso de máscara no se asoció a un menor volumen de carga ni a una menor lactacidemia. Además, se verificó una

reducción en la SaO₂ con el uso de máscaras, lo que indicaría un efecto hipoxémico. También se verificó una mayor activación del músculo cuádriceps a partir de la 5^a sesión cuando los sujetos utilizaron SHAM, lo que llevó a concluir que el uso de ETM permite realizar el mismo trabajo con menor activación neuromuscular.

En la tabla 1 se presentan los estudios revisados en este trabajo que analizan los efectos agudos del uso de ETM, describiendo sus principales características y resultados obtenidos.

Tabla 1: Trabajos que analizan los efectos agudos del uso de ETM

Autor/es	Sujetos	Intervención Experimental	Ajuste de ETM (pies)	Resultados principales asociados al uso de ETM	Diseño experimental / Características particulares
Öncen y Pinar (2018)	6 adultos (20,5±0,5años)	Test progresivo en rampa hasta el agotamiento	9.000	- Efecto bradicárdico - No genera mayores niveles de ansiedad	Diseño cross-over
Granados et al (2016)	10 hombres físicamente activos (25±2 años)	20 minutos de carrera continua al 60% del VO ₂ máx	SHAM, 9.000, 15.000	- La SaO ₂ fue menor a 9.000 y 12.000 pies, pero inferior a lo esperado en altura terrestre - Moderado aumento de ansiedad y SSE pero que es bien tolerado - No hay diferencias en la FC entre condiciones	-Diseño cross-over -Uso de simulador (SHAM) -La zona donde se realizó el trabajo está a una altura de 3543pies (1080mts)
Romero-Arenas et al (2019)	14 jóvenes entrenados	Test hasta el agotamiento en cicloergómetro	9.000	- Menor SaO ₂ - Menor potencia pico - Menor concentración de lactato en sangre - Incremento del flujo sanguíneo a la corteza cerebral, sin incremento concomitante hacia los músculos	-Grupo experimental y control -Único trabajo en utilizar espectroscopia de infrarrojo cercano
Jung et al (2019)	15 adultos (27,0 ±4,4años; 9♂, 6♀)	10' reposo 10' al 50% del VO ₂ pico en cicloergómetro 10' al 70% del VO ₂ pico en cicloergómetro 10' de recuperación	6.000	-Menor SaO ₂ al 70% del VO ₂ pico -Mayor presión arterial sistólica en el reposo pre-esfuerzo -Mayor FC y menor balance simpático-vagal en la recuperación post-esfuerzo -Mayor SSE pre e intra esfuerzo	- Diseño cross-over
Barbieri (2017)	18 adultos (18 – 30 años; 12♂, 6♀)	Ejercicio continuo o intermitente en cicloergómetro, de 20 minutos de duración	15.000	-Menor SaO ₂ - Mayor PaCO ₂ - Mayor VO ₂ - Menor pH sanguíneo post-esfuerzo - Menor ventilación - Mismo nivel de lactato post-esfuerzo entre condiciones - 4 sujetos fueron excluidos por no soportar el uso de ETM	-Diseño cross-over -Se realizaron mediciones directas de SaO ₂ - Los niveles de SaO ₂ asociados a ETM alcanzaron valores similares a los asociados a la altura terrestre
Ott, Joyce y Hillman (2019)	8 adultos moderadamente activos (19 a 45 años)	HIIT (13 Sprints de 1min al 90%VO ₂ máx x 1min de pausa activa al 20%VO ₂ máx)	6.000	- Sin cambios en variables agudas de función pulmonar, FC, saturación de oxígeno de la Hb, cociente respiratorio o niveles de hormona de crecimiento en sangre	Diseño cross-over -Condición ETM, hipoxicador, o control
Maspero y Smith (2016)	15 adultos (24,5±3,5años; 7♂, 8♀)	10' sentado en reposo 4' de caminata 4' de carrera 3' de recuperación	12.000	- Sin diferencias en FC, PA, SPO ₂ y lactato sanguíneo - Aumento de la SSE y de la percepción de esfuerzo ventilatorio durante la caminata y la carrera	Diseño cross-over
Hess (2017)	7 hombres entrenados (18-45 años)	5 esfuerzos máximos de 1min x 3min de recuperación pasiva en remoergómetro	3.000	- No hubo diferencias en rendimiento, lactato sanguíneo, recuperación de la FC, volumen sistólico, gasto cardíaco, variabilidad de la FC. - Mejora en la recuperación de la frecuencia ventilatoria - Un grupo de 4 "respondedores" aumentó la recuperación de la FC post-esfuerzo	- Utilización de ETM únicamente durante los periodos de descanso post-esfuerzos - Utilización de simulación (SHAM) en la condición control.
Andre et al	10 hombres entrenados en fuerza (18 – 30 años)	Ejercicios de fuerza para MMII	12.000	- Descenso significativo del SaO ₂ , pero por encima de los niveles mínimos para lograr estímulo fisiológico - Menor número de repeticiones hasta el fallo	
Motoyama et al (2016)	8 hombres jóvenes	5 series de bench press + 5 series de squat al 75% de 1RM hasta el fallo voluntario	18.000	- Menor número de repeticiones hasta el fallo - Mayor SSE - Mayor FC post-test - Menor concentración de lactato sanguíneo	Diseño cross-over
Jagim et al (2017)	20 levantadores de potencia recreacionales masculinos	Bench press y squat (6 series de 5 repeticiones al 85% de 5RM, la 7ª serie realizada hasta el fallo)	9.000	- No hubo diferencia en el volumen de trabajo alcanzado - Menor velocidad pico de la barra - Sin cambios significativos en la SaO ₂ - Menor nivel de lactato post-esfuerzo	
Teodoro (2017)	14 hombres entrenados en fuerza		18.000	- No hubo diferencia en el volumen de trabajo alcanzado - Sin cambios en la concentración de lactato en sangre - Disminución de la SaO ₂ - Menor activación del músculo cuádriceps a partir de la 5ª serie en comparación con el "placebo"	-Diseño cross-over -Utilización de máscaras sin válvulas a modo de "placebo" -Medición directa de la SaO ₂

Efectos crónicos del uso de ETM

La mayoría de los artículos revisados en los que se estudió el efecto crónico del uso de ETM lo hicieron sobre variables vinculadas al rendimiento aeróbico, constatándose resultados contradictorios.

Porcari et al. (2016) aplicó a 24 estudiantes universitarios moderadamente entrenados 6 semanas de HIIT en cicloergómetro, dos veces por semana. Mientras el grupo experimental utilizó ETM, el grupo control realizó el mismo entrenamiento pero sin su uso. Las ETM fueron inicialmente ajustadas a una altura simulada de 3.000pies y progresivamente se fue incrementando hasta alcanzar los 12.000pies en las últimas semanas. Se verificó que ambos grupos mejoraron en forma significativa el VO₂máx y la potencia pico, sin que hubiera diferencias entre ellos. Sin embargo, únicamente el grupo experimental mejoró en forma significativa el umbral ventilatorio y el umbral de compensación ventilatoria, así como la potencia asociada a sendos umbrales, algo que, concluyen los autores, podría ser muy beneficioso para el rendimiento deportivo.

En una población de 14 estudiantes universitarios, Maher y Figueroa (2016) verificaron una diferencia significativa en los valores de ventilación máxima voluntaria (MVV) a favor del grupo que utilizó ETM en comparación con el grupo control, aunque no encontraron diferencias entre ambos grupos ni en el VO₂pico ni en el %VO₂ en el umbral anaeróbico. En este trabajo los sujetos realizaron 15min de ejercicio de intensidad moderada en cinta ergométrica, dos veces por semana, durante 6 semanas. El grupo experimental utilizó ETM a una altura simulada de 9.000pies.

Abdelkader (2017) estudió el efecto del uso de ETM en futbolistas universitarios, durante un programa de HIIT de 8 semanas. Al comienzo las ETM fueron ajustadas a una altura de 3.000pies y mediante incrementos graduales se alcanzaron los 12.000pies en las dos últimas semanas. El autor verificó un incremento en el VO₂máx tanto en los sujetos que utilizaron máscara como en los que no lo hicieron, aunque el incremento fue significativamente mayor en el primer grupo, quienes adicionalmente mejoraron significativamente su FC de reposo y la variabilidad de la FC.

Estos resultados conciben, al menos parcialmente, con los encontrados por Biggs, England, y Turcotte (2017). Estos autores aplicaron 6 semanas de HIIT en cinta ergométrica a estudiantes universitarios de ambos sexos moderadamente activos. Cada sesión consistió en 6 intervalos de 90seg al 80% de la FC de reserva, seguidos por 3min de pausa activa (50-60% FC de reserva). Los sujetos aleatoriamente seleccionados para formar parte del grupo experimental utilizaron ETM ajustadas a 9.000pies durante todas las sesiones. Luego de las 6 semanas todos los participantes mejoraron su VO₂máx y su capacidad vital forzada (CVF), aunque la mejora fue mayor en el grupo experimental. Los autores aclaran, no obstante, que la diferencia entre ambos grupos no fue significativa, por lo que no pueden demostrar que el empleo de ETM represente una ventaja para la mejora de estas variables.

Resultados similares encontró Probst (2015) al aplicar, en 25 estudiantes universitarios, 6 semanas de HIIT (30seg a potencia pico, 90seg al 65% de la potencia pico), dos veces por semana. El grupo experimental (EXP) utilizó ETM ajustadas progresivamente desde 3.000pies hasta 12.000pies, mientras el grupo control (CONT) no utilizó ETM. Se verificó aumento del VO₂máx en ambos grupos, pero mayor en el grupo EXP (16,5% EXP vs 13,5% CONT). También se verificó, solamente en EXP, un incremento en el umbral ventilatorio y el umbral de compensación ventilatoria, así como en la potencia asociada a ambos umbrales. En base a estos resultados la autora concluye que el uso de ETM es útil para incrementar la máxima capacidad aeróbica y otras variables asociadas al rendimiento.

Sagaste (2018) también encontró mejoras en variables vinculadas al rendimiento aeróbico en jugadores de fútbol juveniles que utilizaron ETM en sus entrenamientos durante 10 semanas. Dichas mejoras se verificaron en los valores de FC y velocidad asociados al umbral anaeróbico, estimado mediante un test de esfuerzo intervalado (test de Probst). Adicionalmente, se encontró que aquellos jugadores que utilizaron ETM reportaban menor SSE durante los partidos de competencia que los sujetos del grupo control, aunque por el contrario la SSE percibida era mayor cuando se ejercitaban utilizando máscaras. Sin



embargo, el reducido tamaño de la muestra (experimental: $n=3$) determina que no se puedan extraer resultados concluyentes del estudio.

Segizbaeva y Aleksandrova (2018a) estudiaron el efecto del uso de ETM sobre el rendimiento funcional de los músculos ventilatorios en una población de varones jóvenes. La intervención consistió en 12 semanas de entrenamiento, dos sesiones por semana, durante las cuales tanto los sujetos seleccionados para el grupo experimental (EXP; $n = 6$) como los del grupo control (CONT; $n = 6$) realizaron una carrera de 3km seguida por ejercicios pliométricos derivados del Crossfit. Los participantes del primer grupo utilizaron ETM ajustadas a 3.000 pies durante las primeras 6 semanas, luego a 6.000pies hasta el final de la intervención. El empleo de ETM se asoció a un aumento significativo de la fuerza máxima de la musculatura inspiratoria, la máxima ventilación voluntaria y la resistencia a la fatiga de los músculos inspiratorios y espiratorios.

En otro trabajo realizado por las mismas autoras (Segizbaeva y Aleksandrova, 2018b) veinte adultos jóvenes fueron seleccionados para realizar un programa de HIIT utilizando ETM o respirando normalmente (grupo control). Luego de 6 semanas, en el primero se verificaron mejoras significativas en la máxima ventilación voluntaria, mayor presión inspiratoria máxima, un retraso en la aparición de fatiga durante un ejercicio extenuante y mayor rendimiento en esfuerzos de resistencia. A partir de los resultados de ambos trabajos, los autores sugieren que entrenar con ETM puede ser recomendado para la mejora del potencial funcional de los músculos ventilatorios.

En contraposición a los trabajos anteriores, los resultados de otros estudios llevan a sus autores a concluir que el empleo de ETM no es una alternativa beneficiosa para mejorar la aptitud aeróbica. Por ejemplo, Sellers, Monaghan, Schnaiter, Jacobson, y Pope (2016) realizaron una intervención de 6 semanas durante la cual cadetes del Cuerpo de Entrenamiento para Oficiales de la Reserva (ROTC) completaron su entrenamiento obligatorio utilizando ETM ajustadas a 9.000pies o sin el empleo de las mismas (grupo control). No se detectaron diferencias significativas entre ambos grupos en lo que atañe a índice de fatiga, ca-

pacidad anaeróbica, potencia pico en cicloergómetro, VO₂max y tiempo hasta el agotamiento. Esto llevó a concluir que el empleo de ETM no representa una alternativa válida como sustituto de otras estrategias de entrenamiento intermitente en hipoxia.

Con la misma población, Warren, Spaniol, y Bonnette (2017) realizaron una intervención similar de 7 semanas, durante las cuales el grupo experimental utilizó ETM ajustadas a alturas simuladas progresivamente crecientes desde los 3.000pies hasta los 12.000pies (3.658mts). Los autores tampoco encontraron diferencias significativas en el VO₂máx estimado en comparación con el grupo control, por lo que concluyen que, al menos en las condiciones del estudio, el uso de estas máscaras no genera beneficios adicionales.

Hultquist et al. (2018) realizaron una intervención de 6 semanas con adultos jóvenes de ambos sexos, que involucró el empleo de ETM durante un protocolo de HIIT (8 intervalos de 60seg a alta intensidad, seguidos por 8 intervalos de 90seg a baja intensidad), con la particularidad que las ETM fueron utilizadas únicamente durante los períodos de recuperación entre esfuerzos (grupo EXP). Otro grupo (CONT) realizó el mismo protocolo en forma convencional. Se verificó un incremento significativo en el VO₂máx únicamente en EXP, aunque no hubo diferencias entre grupos en lo que respecta al VO₂ asociado al umbral anaeróbico. El nadir del índice de saturación tisular aumentó en forma significativa en EXP, pero no se verificaron cambios en esta variable en CONT. Los autores concluyen que utilizar ETM únicamente durante los intervalos de recuperación durante protocolos de HIIT parecería mejorar componentes claves de la función cardiorrespiratoria, y podría constituir una eficaz manera de incrementar los efectos del entrenamiento durante procesos de rehabilitación en los que se busque mejoras en períodos cortos de tiempo.

Finalmente, el estudio de Bellovary et al. (2019) es el único de los revisados para el presente trabajo que haya comparado los efectos de



un protocolo de HIIT utilizando ETM o hipoxia hipobárica sobre el rendimiento aeróbico y la economía en ciclismo. En este trabajo, 30 adultos jóvenes físicamente activos de ambos sexos realizaron un protocolo de HIIT en cicloergómetro, que consistió en 10 esfuerzos de 30seg intensos seguidos por 90 seg de recuperación activa, dos veces por semana, durante 6 semanas. Los sujetos fueron divididos en tres grupos: un grupo (ETM) utilizó durante todas las sesiones máscaras ajustadas a 3.000pies (que sumado a los 1.570mts sobre el nivel del mar de la ciudad en la cual se realizó el estudio suman un total de 2.484mts), un segundo grupo (HH) realizó la totalidad de las sesiones dentro de una cámara de altitud hipobárica ajustada a 2.484mts, y el tercer

grupo (CONT) realizó las sesiones a la altura natural propia del lugar. Todos los participantes mejoraron su VO₂máx y descendieron su FC a cargas submáximas, sin diferencias significativas entre grupos. Los resultados del cociente respiratorio sugieren que el grupo HH experimentó un cambio tendiente a un incremento en el metabolismo de la glucosa con una más eficiente producción de energía, pero esto no se verificó en el grupo ETM. Los autores sostienen que las ETM no constituirían un dispositivo simulador de hipoxia hipobárica como prepogan sus fabricantes.

En la tabla 2 se presentan los estudios revisados en este trabajo que analizan los efectos crónicos del uso de ETM, describiendo sus principales características y resultados obtenidos.

Tabla 2: Trabajos que analizan los efectos crónicos del uso de ETM

Autor/es	Sujetos	Intervención Experimental	Ajuste de ETM (pies)	Resultados principales asociados al uso de ETM	Diseño experimental / Características particulares
Porcari et al (2016)	24 estudiantes universitarios moderadamente entrenados (16♂, 9♀) (EXP = 12)	6 semanas de HIIT en cicloergómetro, 2 x semana, 30' x sesión	3.000 hasta 12.000	-Mejora del umbral ventilatorio -Mejora del umbral de compensación ventilatoria	Grupo experimental y control
Maher (2016)	14 estudiantes universitarios activos, sin experiencia previa en el uso de ETM (22,9±1,9años)	6 semanas de entrenamiento en cicloergómetro al 65%-75% de la FC de reserva, 2 x semana, 15' por sesión	9.000	-Mayor ventilación máxima voluntaria	Grupo experimental y control
Abdelkader (2017)	12 futbolistas universitarios masculinos (21,6±0,7años) (EXP: n=6)	8 semanas de HIIT, 3 x semana	3.000 con aumentos de 3.000 cada 2 semanas hasta 12.000	-Mayor VO ₂ máx -Menor FC de reposo -Cambios en la variabilidad de la FC	Grupo experimental y control
Biggs et al (2017)	17 estudiantes universitarios moderadamente entrenados (21,2±1,7años; 12♂, 5♀) (EXP: n=9)	6 semanas de HIIT en cinta (6 x 90'' al 80% FCr x 3' pausa activa), 4 x semana	9.000	-Incremento no significativo en el VO ₂ máx y Capacidad Vital Forzada en comparación con grupo control	Grupo experimental y control
Sagaste (2018)	6 jugadores masculinos de fútbol juveniles (17-18años) de liga nacional. (EXP: n=3)	10 semanas, 30 sesiones de entrenamiento deportivo	9.000	-Mejoras en la FC y velocidad asociadas al umbral anaeróbico -Mayor SSE durante los entrenamientos, pero menor SSE durante los partidos de competencia	Grupo experimental y control
Segizbaeva y Aleksandrova (2018a)	12 hombres (19-20años) (EXP: n=6).	12 semanas, carrera de 3km + ejercicios pliométricos, 2 x semana	Primeras 6 semanas 3.000, luego 6.000	-Aumento de Fuerza Máxima de la musculatura inspiratoria -Aumento de la máxima ventilación voluntaria -Mayor resistencia a la fatiga de los músculos inspiratorios y espiratorios	-Utilizó ejercicios pliométricos derivados del <i>Crossfit</i>
Segizbaeva y Aleksandrova (2018b)	20 hombres (19-22años)	HIIT	s/d	-Mejoras significativas en la máxima ventilación voluntaria -Mayor presión inspiratoria máxima -Retraso en la aparición de fatiga durante ejercicio extenuante -Mayor rendimiento en esfuerzos de resistencia	Grupo experimental y grupo control.
Sellers et al (2016)	17 cadetes masculinos de ROTC, previamente familiarizados con el uso de ETM (19,5±1,2años) (EXP n=9).	Seis semanas, 3 sesiones x semana, entrenamiento obligatorio	9.000	-no hay diferencias significativas en: índice de fatiga, capacidad anaeróbica, potencia pico en cicloergómetro, VO ₂ max o tiempo hasta el agotamiento	Grupo experimental y control



Warren et al (2017)	14 cadetes masculinos de ROTC (20,0 ±1,8años) (EXP n=7)	Siete semanas, 3 sesiones x semana, entrenamiento obligatorio	1er semana a 3.000, 2da semana a 6.000, 3ª semana a 9.000, a partir de la 4ª semana a 12.000	-No hay diferencias en el VO ₂ máx	Grupo experimental y control
Hultquist et al (2018)	12 adultos (25,5±4,5años; 5♂, 7♀).	6 semanas de HIIT (60'' de alta intensidad x 90'' de recuperación activa), 3 x semana	s/d	-Aumento del VO ₂ máx -Aumento del nadir de Saturación Tisular de O ₂	-Grupo experimental y control -La máscara se utilizó únicamente durante los períodos de recuperación activos.
Bellovary et al (2018)	30 adultos jóvenes físicamente activos (15♂, 15♀). (EXP n=10)	6 semanas de HIIT en cicloergómetro (10 repeticiones de 30'' intensos x 90'' de recuperación activa), 2 x semana.	3.000	-Sin diferencias en VO ₂ máx y FC a cargas submáximas en comparación con hipoxia hipobárica o control	-El lugar donde se realizó la intervención tenía una altura de 1570 m.s.n.m -Se compararon los efectos del uso de ETM con hipoxia hipobárica simulada o control
Probst (2015)	25 estudiantes universitarios de ambos sexos (EXP=13)	Seis semanas de HIIT en cicloergómetro (10 repeticiones de 30'' a potencia pico x 90'' al 65% de potencia pico), 2 x semana	1er semana a 3.000, 2da semana a 6.000, 3er y 4ª semana a 9.000, 5ª y 6ª semana a 12.000	-Mayor incremento del VO ₂ máx -Aumento del umbral ventilatorio -Aumento del umbral de compensación ventilatoria -Aumento de la potencia asociada a ambos umbrales	Grupo experimental y control

Conclusiones

En el presente trabajo se revisaron los estudios que analizan los efectos agudos y crónicos del uso de ETM sobre variables asociadas al rendimiento físico.

En cuanto a los primeros, la mayoría de los trabajos reportan una menor SaO₂ asociada al uso de ETM lo que indicaría un eventual efecto hipóxico, que parece ser bien tolerado por la mayoría de los sujetos. Por otra parte, cuando las ETM se ajustaron a 9.000pies o más se verificó un descenso en el rendimiento y un incremento moderado en la SSE. Esto fue particularmente evidente en sesiones de fuerza, por lo que el empleo de estos dispositivos durante este tipo de entrenamiento no sería recomendado.

Con respecto a los efectos crónicos, el empleo de ETM parece mejorar variables asociadas al rendimiento aeróbico, incluso con solo dos estímulos semanales. La mayoría de los estudios revisados muestran mejoras en el VO₂máx, umbrales ventilatorios, MVV y resistencia de los músculos ventilatorios asociadas al uso de ETM. También importa destacar que el empleo de ETM podría producir efectos beneficiosos, tanto agudos

como crónicos, cuando se utilizan exclusivamente durante períodos de descanso inter-esfuerzos, como queda de manifiesto en los trabajos de Hess (2017) y Hultquist et al. (2018).

Todos los trabajos incluidos en la presente revisión analizaron el uso de ETM en adultos o adolescentes saludables. No se encontraron publicaciones que hicieran referencia a su uso en otras poblaciones (niños, adultos mayores, personas con determinadas patologías), por lo que esto podría representar un campo interesante de estudio. Adicionalmente, sería importante realizar trabajos con intervenciones experimentales de mayor duración, con el objetivo de constatar si los eventuales beneficios del uso de ETM continúan manifestándose a lo largo del tiempo o, por el contrario, alcanzan una meseta luego de pocas semanas de intervención.

Bibliografía

Abdelkader, M. A. (2018). Effects of High intensity Interval Training Using the Elevation Training Mask on the Aerobic Capacity and Heart Rate Variability for Trained Athletes. *International Journal of Sports Science and Arts*, (2).



- Andre, T. L., Gann, J. J., Hwang, P., Ziperman, E., Magnussen, M., & Willoughby, D. (2018). Restrictive Breathing Mask Reduces Repetition to Failure During a Session of Lower Body Resistance Exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(8), 2103–2108.
- Barbieri, J. (2017). Efeito do uso da máscara de restrição ao fluxo de ar (MRFar) sobre as respostas gasométricas, ventilatórias e eletromiográficas em exercício aeróbico contínuo e intervalado. Universidade Estadual de Campinas. Retrieved from <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/332538>
- Bellovary, B., King, K., Nunez, T., McCormick, J., Wells, A., Bourbeau, K., ... Mermier, C. (2019). Effects of high-intensity interval training while using a breathing-restrictive mask compared to intermittent hypobaric hypoxia. *Journal of Human Sport and Exercise*, *14*(4). <https://doi.org/10.14198/jhse.2019.144.11>
- Biggs, N. C., England, B. S., & Turcotte, N. J. (2017). Effects of Simulated Altitude on Maximal Oxygen Uptake and Inspiratory Fitness. *International Journal of Exercise Science*, *10*(1), 128–136.
- Deb, S., Brown, D., Gough, L., McLellan, C., Swinton, P., Andy Sparks, S. and Mcnaughton, L. (2017). Quantifying the effects of acute hypoxic exposure on exercise performance and capacity: A systematic review and meta-regression. *European Journal of Sport Science*, *18*(2), pp.243-256.
- Gaspari, A., Carvalho, L., Lopes Teodoro, C., Bertuzzi, R., Barroso, R., & Moraes, A. (2018). Is Elevation Training Mask a Strategy to Increase Lactate Clearance Through Respiratory Muscle Loading? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(9), e12. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002782>
- Granados, J., Gillum, T. L., Castillo, W., Christmas, K. M., & Kuennen, M. R. (2016). "Functional" Respiratory Muscle Training During Endurance Exercise Causes Modest Hypoxemia but Overall is Well Tolerated. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(3), 755–762.
- Granados, J., Jansen, L., Harton, H., Gillum, T., & Kuennen, M. (2014). Elevation Training Mask "Induces Hypoxemia But Utilizes A Novel Feedback Signaling Mechanism. *International Journal of Exercise Science*, *2*(6). Retrieved from <https://digitalcommons.wku.edu/ijesab/vol2/iss6/26>
- Hess, H. (2017). *Accute effects of the training mask on short-term recovery during rowing intervals*. Boise State University.
- Hultquist, E., Haley, Y., Moore, B., Blaser, E., Tirso, C., Mandy, D., & Woolstemhulme, J. (2018). A Novel Application of Altitude Training Masks and High-Intensity Interval Training to Improve Exercise Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *50*. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000538790.25658.e2>
- Jagim, A., Camic, C. L., Jones, M. T., & Oliver, J. M. (2017). The Acute Effects of the Elevation Training Mask on Strength Performance in Recreational Weightlifters, (January 2018). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002308>
- Jung, H., Lee, N., John, S., & Lee, S. (2019). The elevation training mask induces modest hypoxaemia but does not affect heart rate variability during cycling in healthy adults. *Biology of Sport*, *36*(2), 105–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.79976>



- Maher, M. T., & Figueroa, M. (2016). The Effects of Simulated Altitude Training on Aerobic Capacity and Function. *International Journal of Applied Science and Technology*, 6(2), 11–16.
- Maspero, M. V., & Smith, J. D. (2016). Effect of an Acute Bout of Exercise using an Altitude Training Mask Simulating 12,000 ft on Physiological and Perceptual Variables. *International Journal of Exercise Science*, 2(8), 386.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001184>
- Motoyama, Y., Joel, G., Pereira, P., Esteves, G., & Azevedo, P. (2016). Airflow-Restricting Mask Reduces Acute Performance in Resistance Exercise. *Sports*, 4(4), 46.
<https://doi.org/10.3390/sports4040046>
- Mujika, I., Sharma, A. and Stellingwerff, T. (2019). Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes: A Narrative Review. *Sports Medicine*, 49(11), pp.1651-1669.
- Öncen, C., & Pinar, S. (2018). Effects of training mask on heart rate and anxiety during the graded exercise test and recovery. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 4(2). Retrieved from <https://oapub.org/edu/index.php/ejep/article/view/1418>
- Ott, T., Joyce, M., & Hillman, A. (2019). Effects of Acute High-Intensity Exercise With the Elevation Training Mask or Hypoxicator on Pulmonary Function, Metabolism, and Hormones. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003175>
- Porcari, J. P., Probst, L., Forrester, K., Doberstein, S., Foster, C., Cress, M. L., & Schmidt, K. (2016). Effect of wearing the elevation training mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(2), 379–386.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001184>
- Probst, L. (2015). *Effects of the Elevation Training Mask on maximal aerobic capacity and performance variables*. University of Wisconsin-La Crosse. Retrieved from https://minds.wisconsin.edu/bitstream/handle/1793/73388/Probst_Lauren_Thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romero-Arenas, S., López-Pérez, E., Colomer-Poveda, D., & Márquez, G. (2019). Oxygenation Responses While Wearing the Elevation Training Mask During an Incremental Cycling Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003038>
- Sagaste, J. (2018). *Influencia de la utilización de una máscara de simulación de altitud en combinación con el entrenamiento específico de fútbol en el rendimiento aeróbico en jóvenes futbolistas (17 y 18 años)*. Universidad de León. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10612/8074>
- Saunders, P., Garvican-Lewis, L., Chapman, R. and Périard, J. (2019). Special Environments: Altitude and Heat. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), pp.210-219.
- Segizbaeva, M., & Aleksandrova, N. (2018a). Effect of the Elevation Training Mask on the Functional Outcomes of the Respiratory Muscles. *Human Physiology*, 44(6), 59–66.
<https://doi.org/10.1134/S0362119718060117>
- Segizbaeva, M., & Aleksandrova, N. (2018b). Effect of wearing the Elevation Training Mask 2.0 on pulmonary and respiratory muscles function. *European Respiratory Journal*, 52.



<https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2018.PA3402>

Sellers, J. H., Monaghan, T. P., Schnaiter, J. A., Jacobson, B. H., & Pope, Z. K. (2016). Efficacy of a Ventilatory Training Mask to Improve Anaerobic and Aerobic Capacity in Reserve Officers' Training Corps Cadets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(4), 1155–1160.

Shen, S. C., Nachalon, Y., Randall, D. R., Nativzeltzer, N., & Belafsky, P. C. (2019). High elevation training mask as a respiratory muscle strength training tool for dysphagia. *Acta Oto-Laryngologica*, 139(6), 536–540. <https://doi.org/10.1080/00016489.2019.1605196>

Teodoro, C. (2017). *Efeito agudo do uso da máscara de restrição de fluxo de ar durante a realização de exercício resistido*. Universidade Estadual de Campinas. Retrieved from <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/332225>

Warren, B. G., Spaniol, F. J., & Bonnette, R. A. (2017). The Effects of an Elevation Training Mask on VO₂max of Male Reserve Officers Training Corps Cadets. *International Journal of Exercise Science*, 10(1), 37–43. Retrieved from <http://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1833&context=ijes>