

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE MEDICINA**

POSGRADO MEDICINA DEL DEPORTE

PROTOCOLO DE DISERTACION

EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE MÚSCULOS RESPIRATORIOS CON MÁSCARA DE HIPOXIA, SOBRE LOS VOLÚMENES PULMONARES MEDIDOS POR ESPIROMETRÍA, EN JUGADORES DE FÚTBOL PROFESIONAL, EN COMPARACIÓN CON JUGADORES DE FÚTBOL QUE NO HAN UTILIZADO MÁSCARA DE HIPOXIA DE EDAD ENTRE 15 A 17 AÑOS, SANGOLQUI 2018.

Lugar:

SANGOLQUÍ, RUMIÑAHUI, PICHINCHA

CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO CLUB INDEPENDIENTE DEL
VALLE.

Autor:

DR. CELIO ANDRÉS ROMERO JIMENÉZ

Director de Tesis:

DR. OSCAR CONCHA

Director metodológico:

DR. GONZALO MONTERO

INDICE GENERAL

Contenido

Resumen	5
Introducción.....	6
Justificación.....	7
Problema de investigación.....	8
Objetivos.....	8
Generales	8
Específicos.....	8
Marco conceptual	9
Aparato respiratorio.....	11
3.1.1 Anatomía	11
3.1.2 Micro anatomía.....	17
3.2 Fisiología	17
3.3 Evaluación de la fuerza muscular respiratoria.....	19
3.4 Espirometria.....	20
3.4.2 Protocolo.....	23
3.4.3 Interpretación de espirometría	27
3.4.4 Tipos de espirómetros.....	30
3.5 Métodos para entrenamiento de músculos respiratorios.....	32
2.7 Dispositivos de entrenamiento.....	43
Hipótesis:.....	48
Metodología:.....	48
5.3 Tipo de estudio	49
5.7 Análisis univariar	50
5.8 Análisis bivariado	60
Conclusiones.....	66
Recomendaciones	67
Anexos.....	71
Referencias bibliográficas	76

Dedicatoria

Un día, tuve el sueño de estudiar medicina, recuerdo claramente la mañana cuando fuimos a ver la lista de admitidos, la alegría que invadió nuestros corazones, estuviste junto a mí desde la primera clase, cada noche, velaste por mí, siempre pendiente de mí, siendo mi faro en muchas noches de oscuridad, nunca me diste la espalda pese a todos los problemas. Hemos pasado tantas historias que simplemente de recordarlas me saca una sonrisa. Tiempo después tuve una nueva ilusión, tener un posgrado, y ahí estuviste, para darme el impulso necesario y esa fortaleza tuya, fue mía una vez más, pasé por tantos obstáculos que aún no lo puedo creer, a un paso de un nuevo título personal y profesional, ahora acompañado de tres personas más en mi vida Gaby, Camila y Nicolás. Por cada día que me has dado el valor de luchar y continuar dando el máximo te doy mil gracias, este trabajo y mis días te los dedico a ti.

Gracias

Madre mía.

Agradecimientos

A mi familia que ha formado parte importante de mi vida, sin sus enseñanzas hubiese sido muy difícil culminar este camino, a mi padre por su humildad, a mi madre por su fortaleza, a mis hermanos por ser tan solidarios conmigo, siempre han sido el impulso para demostrar lo mejor de mí.

A mi esposa Gaby por su compromiso y el amor que me demuestra cada día, no concibo mis días sin ti, a mis hijos por su pasión por vivir, son mi inspiración para ser el mejor.

A mis queridos profesores, amigos y maestros, Dr. Oscar Concha, quien desde el primer día de carrera me dio la plena confianza de terminar con éxito mi posgrado.

Querido club Independiente del Valle, me abrieron las puertas de su noble institución para un nuevo rumbo y culminación de mi estudio de tesis.

Al personal médico de Novaclinica,

Dr. Diego Merino, Dr. Luis Delgado, quienes me han entregaron, en plena confianza la oportunidad de estudiar y trabajar con tranquilidad, para terminar mis estudios.

Querido amigo, maestro y jefe Dr. Sergio Vallejo, me dió cada consejo en mi vida personal y profesional, siempre será recordado como un gran amigo en mis oraciones.

A todos y cada uno, quien, me dio la mano para terminar mi carrera profesional. Muchas Gracias.

RESUMEN:

Cada día, es más utilizado en el deporte, el entrenamiento dirigido, hacia los músculos respiratorios, principalmente para mejorar la capacidad aeróbica, en este caso, el uso de la máscara de hipoxia, siendo este, un instrumento de umbral respiratorio, de material plástico, hipoalergénico, graduado con intensidades por medio de filtros, permite un mayor esfuerzo inspiratorio y espiratorio durante la actividad física. Se procedió a realizar, un estudio, de tipo cohorte histórico y conformar dos grupos, en jugadores de fútbol profesional, de edades entre 15 a 17 años ; el primer grupo de expuestos a la máscara de hipoxia y el segundo, un grupo de no expuestos a la máscara de hipoxia, se realizaron 3 mediciones espirométricas, la primera en el mes de marzo, en el cual los dos grupos no tenían exposición previa a la máscara, la segunda medición en el mes de junio dos semanas después, del inicio de uso de la máscara por el grupo expuesto y una tercera medida espirométrica ocho semanas después, a todo el grupo en estudio. Los datos que se midieron son: valores de espirometría simple y forzada (FEV- FEV1), un estudio antropométrico detallado (edad, peso, talla, porcentaje graso, porcentaje masa muscular) , para este análisis se utilizaron los programas SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), EpiInfo. Después del análisis estadístico, se evidenció una diferencia significativa ($p < 0.005$) entre los grupos, en relación a los volúmenes espirométricos , desde la segunda semana de uso hasta la octava este aumento es de manera progresiva y continua, demostrando, que el entrenamiento de los músculos respiratorios, mediante un dispositivo umbral, mejora la capacidad inspiratoria y espiratoria, estos cambios, en los volúmenes pulmonares, se pueden traducir en un aumento en el rendimiento deportivo.

INTRODUCCIÓN

Varios estudios han demostrado la eficacia que tiene el entrenamiento de los músculos respiratorios, sobre los factores pulmonares y capacidad de adaptación de manera progresiva, mediante el uso de dispositivos de restricción respiratoria. Sonneti, en su estudio demuestra que los efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios, versus el placebo en ejercicio aeróbico en un plazo de 5 semanas, con sesiones de 30 minutos por día, 5 veces a la semana ayudan a mejorar la musculatura respiratoria mediante el uso de dispositivo de hiperpnea, de igual manera comprueba una menor fatiga muscular mediante test de lactato pre y post uso del dispositivo. El entrenamiento de los músculos respiratorios, va a reducir la fatiga de la musculatura respiratoria, con lo cual retrasaría el reflejo metabólico pulmonar mejorando la mecánica pulmonar la difusión pulmonar y retrasando la fatiga muscular. Sin embargo, los efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios aún son controversiales, algunos estudios reportan, aumentos dramáticos en la función respiratoria que va del 25 al 50% en el ejercicio aeróbico, Boutellier en el año 1992 no encontró efectos significativos con instrumentos de hipoxia, Clark en el año 2007 comenzó a estudiar los cambios que ocurren durante el entrenamiento intermitente, mediante el ejercicio restrictivo con aparatos de hipoxia, dónde empieza a existir cambios en la línea basal del funcionamiento respiratorio sin embargo los estudios que tenemos al momento son en ejercicios de intensidad variable durante un lapso entre 8 y 15 semanas la mayor parte de estudios se centran entre un grupo placebo y un grupo con ejercicios de los músculos respiratorios, mediante instrumentos de resistencia

ventilatoria, la fatiga de los músculos respiratorios ha sido demostrada mediante test maximales y sub maximales además se ha comprobado que hay un aumento entre un 14 al 16% del gasto cardíaco total cuando existe fatiga de los músculos respiratorios, Nicks et al, en el 2016 demuestra que la fatiga de los músculos respiratorios, está asociado a un aumento en la percepción de disnea, disminución de la capacidad respiratoria y menor desempeño y tolerancia al ejercicio, a medida que aumenta la intensidad y duración de los ejercicios la fatiga muscular marca un punto de quiebre en el rendimiento del deportista. Nicks et al, en el 2016 después de estudiar los cambios que ocurren en los deportistas qué entrenan los músculos respiratorios, encuentra que existen cambios ergogénicos a nivel de la población atlética, después de 5 semanas de entrenamiento, aumentando volúmenes pulmonares en jugadores de fútbol, este estudio se hace en relación a un grupo placebo, teniendo una p menor a 0.05.

JUSTIFICACIÓN

El incremento en la investigación para mejorar la condición física, en aplicar pequeños detalles para brindar al deportista una ventaja fisiológica en una competencia, ha incentivado el estudio del entrenamiento de los músculos respiratorios mediante un dispositivo umbral, ya que varios autores identifican una clara mejoría en el rendimiento físico.

Mediante el análisis de la espirometría simple y forzada se busca establecer, que el entrenamiento de los músculos respiratorios mediante un dispositivo umbral en un sistema de entrenamiento aeróbico, intermitente con una cantidad máxima de oxígeno (VO_2 máximo) mayor al 65% puede mejorar la capacidad pulmonar y tener un mejor rendimiento deportivo.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Hay diferencias en los volúmenes respiratorios entre los deportistas que usan máscara de hipoxia y los que no usan?

OBJETIVOS

GENERALES

Determinar si hay diferencia en capacidad pulmonar cuando se entrena con máscara de hipoxia en comparación con los jugadores que no la usan, mediante espirometría simple y forzada.

ESPECIFICOS

1. Identificar valores de espirometría simple y forzada, en jugadores de futbol en edades entre 15 a 17 años.
2. Determinar si los jugadores expuestos al entrenamiento de músculos respiratorios por medio del uso de máscara de hipoxia pueden desarrollar una mejor capacidad pulmonar en comparación de jugadores no expuestos a máscara de hipoxia.

MARCO CONCEPTUAL

Los efectos del entrenamiento de los músculos respiratorios sobre el ejercicio aun son controversiales, algunos estudios reportan una mejoría dramática, desde el 25 al 50% sobre la capacidad aeróbica en atletas de elite, otros no han encontrado efectos significantes(5). Lo que está ampliamente demostrado, es la reducción de la frecuencia respiratoria durante el ejercicio físico(8-9), indirectamente la reducción de lactato en sangre, después del entrenamiento de músculos respiratorios.

Demandas del ejercicio sobre los músculos respiratorios: la función primaria del sistema de control sobre el ejercicio moderado es llevar la ventilación alveolar en proporción a los requerimientos metabólicos, como los gases arteriales y regular el balance acido-base, durante el ejercicio. Los rangos de trabajo que generan acidosis deben ser compensados con un aumento en la frecuencia respiratoria, de esta manera disminuyendo el ph y previniendo la hipoxemia arterial(1-2). Además, para mantener la homeostasis acido base, la ventilación y respiración deben estar reguladas por el centro respiratorio, el cual esta sometido a un aumento de señales durante el ejercicio, aquí es el rol de importancia en el que los músculos respiratorios juegan un papel fundamental, ya que si los músculos han sido entrenados, soportaran una mayor carga sin fatiga. El diafragma por ejemplo, tiene una gran capacidad oxidativa(5), cortos capilares mitocondriales con difusión de O₂ mas rápida, mientras aumenta progresivamente el ejercicio, hay activación de músculos espiratorios, en ausencia de limitación aire espirado, aquí se presenta una reducción del volumen final espirado, ayudando a asistir

a esta demanda se activan los músculos inspiratorios por tres vías, primera, la reducción del volumen final espirado, demanda un aumento en el volumen tidal, un ascenso lineal en la presión del sistema respiratorio, elevando las demandas del sistema de compensación(2). Segundo, la reducción del volumen final espirado, se traduce a una menor velocidad de trabajo del diafragma. Tercero, este volumen final espirado, lleva a una menor distensión de la caja torácica, este trabajo mecánico limitado, inicia la cadena de fatiga muscular, especialmente durante la inspiración. Son también importantes, los músculos accesorios, que son progresivamente reclutados durante el ejercicio físico cuando empieza la hiperpnea(5). La estructura única del sistema respiratorio combinado con la regulación neural de la respiración, significa que la capacidad de estos músculos respiratorios van a ir en aumento hasta generar fatiga y por consiguiente un aumento en la demanda de irrigación sanguínea. Los requerimientos metabólicos de los músculos respiratorios, son relativamente bajos de O₂, el costo de la demanda durante el agotamiento y fatiga muscular es del 8 al 10% del consumo corporal total(7).

En contraste el alto entrenamiento y el trabajo de los atletas sobre la musculatura y frecuencia respiratoria, mejora de manera la resistencia de los músculos ante la fatiga, el ejercicio de alta intensidad aumenta la tasa de ventilación(7), aumenta el calibre de las vías respiratorias durante la espiración, cambiando los volúmenes pulmonares de diferente manera, estos cambios van según el tipo de entrenamiento, la intensidad del mismo, el tiempo de entrenamiento, las características físicas del atleta y la competencia(7). Datos indican que en sujetos altamente entrenados, hay un aumento hasta el 16% del Vo₂ Max, y el total del gasto cardiaco es recirculado por los músculos respiratorios inspiratorios y espiratorios, durante el ejercicio maximal.

APARATO RESPIRATORIO

3.1.1ANATOMÍA

El tracto respiratorio es la parte de la anatomía del sistema respiratorio involucrado con el proceso de respiración(7). El aire se respira por la nariz o la boca. En la cavidad nasal, una capa de membrana mucosa actúa como un filtro y atrapa los contaminantes y otras sustancias dañinas que se encuentran en el aire.

Luego, el aire se mueve hacia la faringe, un pasaje que contiene la intersección entre el esófago y la laringe. La abertura de la laringe tiene un colgajo especial de cartílago, la epiglotis, que se abre para permitir el paso del aire, pero se cierra para evitar que los alimentos se muevan hacia las vías respiratorias(7).

Desde la laringe, el aire se mueve hacia la tráquea y hacia la intersección que se ramifica para formar los bronquios primarios derecho e izquierdo. Cada uno de estos bronquios se ramifica en bronquios secundarios (lobar) que se ramifican en bronquios terciarios (segmentarios) que se ramifican en vías respiratorias más pequeñas llamadas bronquiolos que eventualmente se conectan con pequeñas estructuras especializadas llamadas alvéolos que funcionan en el intercambio de gases(7).

Los pulmones que se encuentran en la cavidad torácica, están protegidos del daño físico por la caja torácica. En la base de los pulmones hay una lámina de músculo esquelético llamada diafragma. El diafragma separa los pulmones del estómago y los intestinos. El diafragma es también el principal músculo de la respiración involucrado en la respiración, y está controlado por el sistema nervioso simpático.

Los pulmones están encerrados en una membrana serosa que se pliega sobre sí misma para formar las pleuras, una barrera protectora de dos capas. La pleura visceral interna cubre la superficie de los pulmones y la pleura parietal externa está unida a la superficie interna de la cavidad torácica. Las pleuras encierran una cavidad llamada cavidad pleural que contiene líquido pleural. Este líquido se usa para disminuir la cantidad de fricción que experimentan los pulmones durante la respiración

El tracto respiratorio se divide en las vías respiratorias superiores y las vías respiratorias inferiores. Las vías respiratorias superiores o tracto respiratorio superior incluyen la nariz y las fosas nasales, los senos paranasales, la faringe y la porción de la laringe por encima de los pliegues vocales (cuerdas). Las vías respiratorias inferiores o el tracto respiratorio inferior incluyen la porción de la laringe debajo de las cuerdas vocales, la tráquea, los bronquios y los bronquiolos. Los pulmones se pueden incluir en el tracto respiratorio inferior o como una entidad separada e incluyen los bronquiolos respiratorios, los conductos alveolares, los sacos alveolares y los alvéolos(8).

El tracto respiratorio también se puede dividir en una zona conductora y una zona respiratoria, en función de la distinción entre el transporte de gases o su intercambio.

La zona de conducción incluye estructuras fuera de los pulmones (nariz, faringe, laringe y tráquea) y estructuras dentro de los pulmones (bronquios, bronquiolos y bronquiolos terminales). La zona de conducción conduce aire aspirado que se filtra, calienta y humedece en los pulmones. Representa la 1ª hasta la 16ª división del tracto respiratorio(8). La zona de conducción es la mayor parte del tracto respiratorio que conduce los gases dentro y fuera de los pulmones, pero excluye la zona respiratoria que

intercambia gases. La zona de conducción también funciona para ofrecer una vía de baja resistencia para el flujo de aire. Proporciona un importante papel de defensa en sus habilidades de filtrado.

La zona respiratoria incluye los bronquiolos respiratorios, los conductos alveolares y los alvéolos, y es el lugar de intercambio de oxígeno y dióxido de carbono con la sangre. Los bronquiolos respiratorios y los conductos alveolares son responsables del 10% del intercambio de gases. Los alvéolos son responsables del otro 90%. La zona respiratoria representa la división 16 a la 23 del tracto respiratorio(7-8).

Desde los bronquios, los tubos divisores se hacen progresivamente más pequeños con un estimado de 20 a 23 divisiones antes de terminar en un alvéolo.

Tracto respiratorio superior

Detalles del tracto respiratorio superior.

El tracto respiratorio superior puede referirse a las partes del sistema respiratorio que se encuentran por encima del ángulo esternal (fuera del tórax), por encima de las cuerdas vocales, o por encima del cartílago cricoides. La laringe a veces se incluye en las vías respiratorias superiores e inferiores(7). La laringe también se denomina caja de voz y tiene el cartílago asociado que produce el sonido. El tracto consiste en la cavidad nasal y los senos paranasales, la faringe (nasofaringe, orofaringe y laringofaringe) y algunas veces incluye la laringe.

Tracto respiratorio inferior

Tráquea

- Bronquios principales
- Bronquio lobar
- Bronquios segmentarios
- Bronquiolo
- Conducto alveolar
- Alvéolo

El tracto respiratorio inferior o la vía aérea inferior se deriva del foregut en desarrollo y consiste en la tráquea, los bronquios (primarios, secundarios y terciarios), los bronquiolos (incluidos los terminales y respiratorios) y los pulmones (incluidos los alvéolos). También a veces incluye la laringe(4,6).

El tracto respiratorio inferior también se conoce como árbol respiratorio o traqueobronquial, para describir la estructura de ramificación de las vías respiratorias que suministran aire a los pulmones e incluye la tráquea, los bronquios y los bronquiolos.

- Tráquea
- Bronquio principal (diámetro aproximado 1 - 1.4 cm en adultos)
- bronquio lobar (diámetro aproximado de 1 cm)
- Bronquio segmentario (diámetro 4.5 a 13 mm)
- Bronquio subsegmentario (diámetro 1 a 6 mm)
- conduciendo bronquiolo
- bronquiolo terminal
- bronquiolo respiratorio
- conducto alveolar

- saco alveolar
- alvéolo

En cada punto o generación de división, una vía aérea se ramifica en dos o más vías aéreas más pequeñas. El árbol respiratorio humano puede consistir en un promedio de 23 generaciones, mientras que el árbol respiratorio del ratón tiene hasta 13 generaciones(7,9). Las divisiones proximales (las más cercanas a la parte superior del árbol, como los bronquios) funcionan principalmente para transmitir aire a las vías respiratorias inferiores. Las divisiones posteriores, incluidos los bronquiolos respiratorios, los conductos alveolares y los alvéolos, están especializadas para el intercambio de gases.

La tráquea es el tubo más grande en el tracto respiratorio y consiste en anillos traqueales de cartílago hialino. Se ramifica en dos bronquios, un bronquio principal izquierdo y uno derecho. Los bronquios se ramifican en secciones más pequeñas dentro de los pulmones, llamadas bronquiolos. Estos bronquiolos dan lugar a los sacos de aire en los pulmones llamados alvéolos(7).

Los pulmones son los órganos más grandes en el tracto respiratorio inferior. Los pulmones están suspendidos dentro de la cavidad pleural del tórax. Las pleuras son dos membranas finas, una capa celular de espesor, que rodean los pulmones. El interior (pleura visceral) cubre los pulmones y el exterior (pleura parietal) cubre la superficie interna de la pared torácica. Esta membrana secreta una pequeña cantidad de líquido, lo que permite que los pulmones se muevan libremente dentro de la cavidad pleural mientras se expanden y contraen durante la respiración. Los pulmones se dividen en

diferentes lóbulos. El pulmón derecho es más grande que el izquierdo, debido a que el corazón está situado a la izquierda de la línea media. El pulmón derecho tiene tres lóbulos: superior, medio e inferior (o superior, medio e inferior), y el pulmón izquierdo tiene dos: superior e inferior (o superior e inferior), más una pequeña porción del lóbulo superior en forma de lengua conocida como la lingula. Cada lóbulo se divide en segmentos llamados segmentos broncopulmonares. Cada pulmón tiene una superficie costal, que es adyacente a la caja torácica; una superficie diafragmática, que mira hacia abajo hacia el diafragma; y una superficie mediastínica, que mira hacia el centro del tórax y se extiende contra el corazón, los grandes vasos y la carina, donde los dos bronquios principales se ramifican desde la base de la tráquea(5).

Los alvéolos son pequeños sacos de aire en los pulmones donde se produce el intercambio de gases. El número promedio de alvéolos en un pulmón humano es de 480 millones. [9] Cuando el diafragma se contrae, se genera una presión negativa en el tórax y el aire se precipita para llenar la cavidad. Cuando eso sucede, estos sacos se llenan de aire, haciendo que el pulmón se expanda. Los alvéolos son ricos en capilares, llamados capilares alveolar. Aquí, los glóbulos rojos absorben el oxígeno del aire y luego lo transportan en forma de oxihemoglobina, para nutrir las células. Los glóbulos rojos también transportan el dióxido de carbono (CO₂) de las células en forma de carboxihemoglobina y lo liberan en los alvéolos a través de los capilares alveolar. Cuando el diafragma se relaja, se genera una presión positiva en el tórax y el aire sale de los alvéolos expulsando el dióxido de carbono.

3.1.2 Micro anatomía

El tracto respiratorio está cubierto de epitelio, que varía en el tracto. Hay glándulas y mucosidad producidas por células caliciformes en partes, así como músculo liso, elastina o cartílago. La mayor parte del epitelio (desde la nariz hasta los bronquios) está cubierto por un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado, comúnmente llamado epitelio respiratorio. Los cilios golpean en una dirección, moviendo el moco hacia la garganta donde se traga. Bajando por los bronquiolos, las células adquieren una forma más cúbica, pero todavía están ciliadas(1).

Las glándulas son abundantes en el tracto respiratorio superior, pero hay menos abajo y están ausentes a partir de los bronquiolos. Lo mismo ocurre con las células caliciformes, aunque hay unas dispersas en los primeros bronquiolos.

El cartílago está presente hasta los pequeños bronquios. En la tráquea son anillos en forma de C de cartílago hialino, mientras que en los bronquios el cartílago toma la forma de placas intercaladas. El músculo liso comienza en la tráquea, donde se une con los anillos de cartílago en forma de C. Continúa por los bronquios y los bronquiolos, que rodea completamente. En lugar de cartílago duro, los bronquios y los bronquiolos están compuestos de tejido elástico(3).

Los pulmones están formados por trece tipos diferentes de células, once tipos de células epiteliales y dos tipos de células mesenquimales. Las células epiteliales forman el revestimiento de los tubos traqueales y bronquiales, mientras que las células mesenquimales recubren los pulmones.

3.2 Fisiología

La mayor parte del tracto respiratorio existe simplemente como un sistema de tuberías para que el aire viaje en los pulmones, y los alvéolos son la única parte del pulmón que intercambia oxígeno y dióxido de carbono con la sangre(9).

La respiración es el proceso rítmico de la respiración, en el que el aire se introduce en los alvéolos de los pulmones mediante la inhalación y, posteriormente, se expulsa mediante la exhalación. Cuando un ser humano inhala, el aire viaja por la tráquea, a través de los bronquios y hacia los pulmones. Todo el tracto está protegido por la caja torácica, la columna vertebral y el esternón. En los pulmones, el oxígeno del aire inhalado se transfiere a la sangre y circula por todo el cuerpo. El dióxido de carbono (CO₂) se transfiere de la sangre que regresa a la forma gaseosa en los pulmones y se exhala a través del tracto respiratorio inferior y luego a la parte superior, para completar el proceso de respiración(9).

A diferencia de la tráquea y los bronquios, la vía aérea superior es un tubo plegable y compatible. Como tal, tiene que ser capaz de soportar las presiones de succión generadas por la contracción rítmica del diafragma que succiona aire hacia los pulmones(9). Esto se logra mediante la contracción rítmica de los músculos de las vías respiratorias superiores, como el geniogloso (lengua) y los músculos hioides. Además de la inervación rítmica del centro respiratorio en la médula oblonga, las neuronas motoras que controlan los músculos también reciben una inervación tónica que establece un nivel básico de rigidez y tamaño.

El diafragma es el músculo primario que permite la expansión y contracción del pulmón. Los músculos más pequeños entre las costillas, los intercostales externos, ayudan con este proceso.

3.3 Evaluación de la Fuerza Muscular Respiratoria

Cuando se evalúa la fuerza de los músculos respiratorios, se debe tener en cuenta que se mide la capacidad que presentan estos músculos para generar tensión durante una maniobra inspiratoria o espiratoria máxima y forzada. El resultado de la maniobra se puede medir en boca, esófago o estomago en términos de presión (cmH₂O o mmHg). Esto refleja básicamente un conjunto de variables como la masa muscular (capacidad de generar fuerza), relaciones de longitud-tensión, frecuencia de estimulación y velocidad de acortamiento que presenten dichos músculos(12).

La fuerza de los músculos respiratorios se puede evaluar de dos formas clasificadas según las técnicas o maniobras que se utilicen. Las maniobras dinámicas son aquellas que se acompañan de flujo aéreo por tanto la vía aérea debe estar permeable y la medida puede realizarse a diferentes volúmenes pulmonares. Las maniobras estáticas son aquellas en las que no hay flujo aéreo lo cual implica que la contracción muscular es de tipo isométrico y se realiza a isovolumen pulmonar. Las maniobras más ampliamente utilizadas incluyen:

Medición global de la fuerza muscular inspiratoria y espiratoria. El registro de la presión máxima en boca durante las maniobras de Müller o de valsalva, respectivamente, permite evaluar la fuerza máxima de los músculos inspiratorios (P_Imax) y espiratorios (P_Emax) como grupo. Las maniobras están basadas en la descripción por Black y Hyatt²⁴ y consisten en medir la presión que se genera en la boca tras un esfuerzo inspiratorio o espiratorio máximo, voluntario o no, ante un circuito cerrado. Al no existir flujo de aire la presión que se genera en el tórax a

consecuencia de la acción de los músculos inspiratorios o espiratorios es transmitida a la boca donde es fácilmente registrada. Técnicamente debe tenerse en cuenta que las maniobras pueden realizarse a diferentes volúmenes pulmonares y por ello los resultados deben ser interpretados cuidadosamente.

Se ha determinado que la PIM debe ser realizada desde volumen residual (VR) ya que a medida que se aumenta el volumen pulmonar esta tiende a ser menor a consecuencia de la disminución de la longitud de los músculos inspiratorios especialmente el diafragma. De la misma forma la PEM debe ser realizada desde capacidad pulmonar total (CPT)(14).

Medición específica de la fuerza del diafragma.

La presión trans-diafragmática (Pdi) refleja la presión generada por el diafragma durante un esfuerzo inspiratorio. En cada contracción el diafragma genera un cambio de presión en el ámbito de tórax (presión negativa) y abdomen (presión positiva) como resultado de su desplazamiento como émbolo en sentido cefalo-caudal. La evaluación de la Pdi es posible en los laboratorios de función respiratoria mediante la introducción de un catéter con balón distal en la cavidad gástrica y otro en la luz del esófago(16).

3.4 ESPIROMETRIA

3.4.1 Mediciones espirométricas

El protocolo de espirometría de NHANES se basa en ciertas mediciones espirométricas estándar para evaluar la función pulmonar. Los participantes realizan la prueba de

espirometría utilizando un espirómetro, un dispositivo que mide la cantidad de aire que un sujeto exhala y la velocidad a la que él o ella exhala el aire. La norma básica la prueba espirométrica requiere que el sujeto exhale con la mayor fuerza posible después de tomar una respiración profunda y completa(4).

El esfuerzo del sujeto se denomina maniobra espiratoria forzada. En el actual NHANES, cada una de las mediciones espirométricas individuales de los participantes se comparan con los estándares establecidos de NHANES.

Estos estándares se calculan en función de la edad, la altura, el sexo y la raza / etnia de un individuo desde los umbrales de diagnóstico para la enfermedad pulmonar obstructiva difieren según el tamaño corporal y los subgrupos demográficos.

Las siguientes mediciones estándar se utilizarán en el componente de espirometría NHANES:

Capacidad vital forzada (FVC): el volumen máximo de aire exhalado con fuerza después de una máxima inspiración Para los adultos, esta exhalación forzada debe durar al menos 6 segundos(9).

Volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV1): el volumen de aire exhalado durante el Primer segundo de una maniobra espiratoria forzada. Normalmente, se puede esperar que una persona sana espire 70 a 80 por ciento de la FVC en el primer segundo de una maniobra de espiración forzada.

Flujo espiratorio máximo (PEF): la velocidad de flujo de aire instantáneo más alta medida durante la maniobra de FVC. El PEF se mide en litros por segundo y se utilizará principalmente para evaluar el esfuerzo de los participantes.

En el estudio actual de espirometría de NHANES, la medición primaria utilizada para evaluar los trastornos pulmonares obstructivos serán la proporción de volumen espiratorio forzado en 1 segundo a vital forzado, capacidad expresada en porcentaje, o FEV1 / FVC%. Las personas de muestra serán asignadas al componente broncodilatador para pruebas adicionales si sus resultados de pruebas espirométricas de referencia muestran:

1. FEV1 / FVC% menos que el límite inferior de normal (LLN) determinado para su edad, altura, sexo y raza / etnia o
2. FEV1 / FVC% menos del 70 por ciento.

Los datos espirométricos se ven como gráficos llamados espirogramas. Mediciones del volumen exhalado (en litros), el tiempo (en segundos) y las tasas de flujo de aire (en litros por segundo) se determinan y muestran en los espirogramas. Hay dos tipos de espirogramas que se utilizarán en el componente de espirometría NHANES:

Volumen tiempo: la curva básica de volumen vs. tiempo contiene puntos correspondientes a la FEV1 y FVC Flujo-volumen: la curva de flujo espiratorio vs. volumen muestra el flujo de aire instantáneo . Tasas en función del volumen exhalado. Esta curva también contiene puntos correspondientes(4).

Para el PEF y FVC.

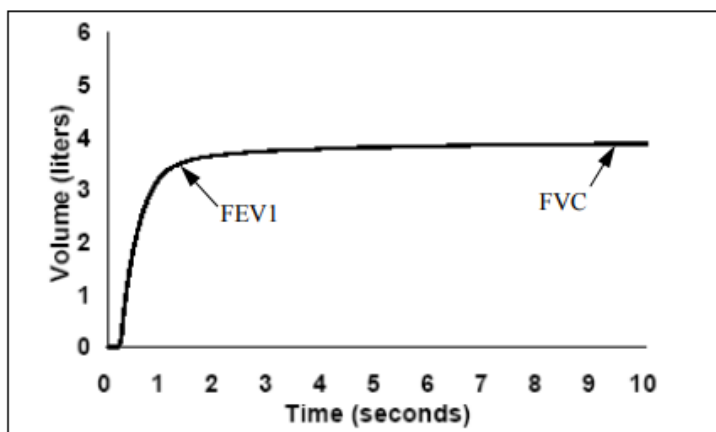


Figure 1-2. Normal volume-time curve

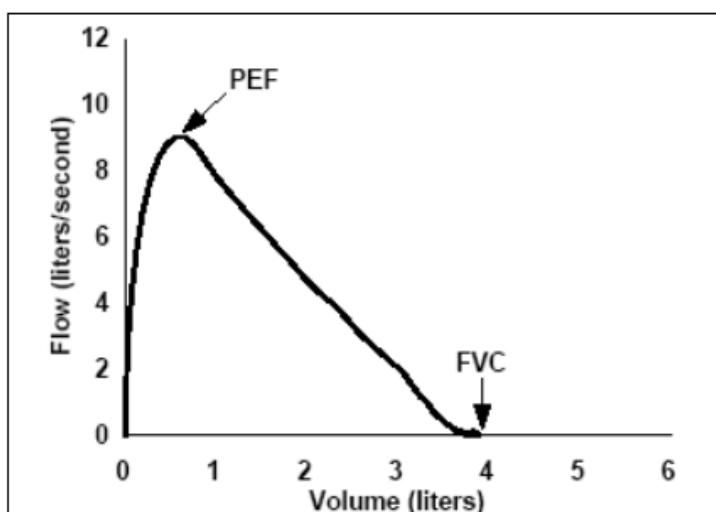


Figure 1-3. Normal flow-volume curve

3.4.2 Protocolo del examen

Calibración

Antes de realizar la espirometría, el equipo utilizado debe estar calibrado, o al menos la calibración debe verificarse al comienzo de la sesión. Dependiendo del tipo de equipo, esto se logra usando una jeringa de 3 L que se bombea para verificar que el medidor está leyendo correctamente (dentro de una tolerancia del 3%) o usando una jeringa de 1

L que se bombea un litro a un tiempo hasta un máximo de 7 L, que verifica la linealidad y el punto central de la medición de volumen. Muchos espirómetros también permiten la calibración lineal, es decir, el volumen se verifica en diferentes flujos. Algunos medidores portátiles no requieren calibración, por ejemplo, aquellos que usan tecnología de ultrasonido(4). Con muchos medidores, la calibración es una función de verificación y, si la calibración está fuera, el medidor debe devolverse al fabricante para su reparación(5). Hay una excepción a esto donde algunos de los equipos más sofisticados, como los que encontraría en un laboratorio de función pulmonar, pueden actualizar su salida en función de la calibración. Los valores espirométricos también deben verificarse semanalmente utilizando un control biológico (una persona sana que trabaja en el laboratorio).

El flujo es muy difícil de calibrar y no se calibra de manera rutinaria. Requiere una jeringa sofisticada dirigida por computadora para reproducir la espiración forzada.

Antes de la prueba

Antes de realizar la espirometría, se debe verificar la identificación del paciente, medir su altura sin zapatos o botas y medir el peso (si hay escalas disponibles, ya que esto no se usa en las ecuaciones de predicción pero es útil saber, ya que el volumen puede estar restringido en pacientes obesos) , y su edad, sexo y raza registrada(4). Si se han tomado inhaladores dentro de los tiempos indicados anteriormente cuando se realiza la prueba de reversibilidad, es posible que no se realice una evaluación real ya que el efecto de la terapia administrada se debilitará. Sin embargo, para las pruebas generales, se debe documentar la medicación normal para que se sepa cómo funciona la función pulmonar del paciente dentro y fuera de la terapia, y si la espirometría se va a repetir a lo largo del

tiempo, las condiciones se pueden mantener igual. Muchos centros realizan mediciones longitudinales post broncodilatadoras para minimizar la variabilidad en el uso reciente de broncodilatadores(4).

Contraindicaciones

Si alguna de las siguientes situaciones ha ocurrido recientemente, puede ser mejor esperar hasta que el paciente se haya recuperado completamente antes de realizar la espirometría(4).

- Hemoptisis de origen desconocido.
- Neumotórax
- Estado cardiovascular inestable, infarto de miocardio reciente o embolia pulmonar
- Aneurismas torácicos, abdominales o cerebrales.
- Cirugía ocular reciente
- Trastornos agudos que afectan el rendimiento de la prueba, como náuseas o vómitos
- Procedimientos quirúrgicos torácicos o abdominales recientes.

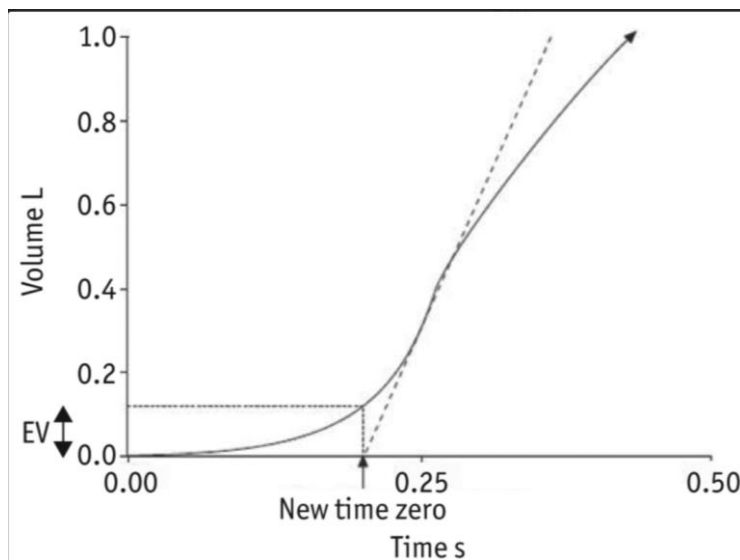
Posicionamiento del paciente

La postura correcta de medición es la siguiente(4,5).

- Siéntese derecho: no debe haber diferencia en la cantidad de aire que el paciente puede exhalar desde una posición sentada en comparación con una posición de pie, siempre y cuando esté sentado derecho y sin restricciones.
- Pies planos en el piso con las piernas sin cruzar: no se usan los músculos abdominales para la posición de las piernas.
- Afloje la ropa ajustada: si la ropa es demasiado ajustada, esto puede dar imágenes restrictivas en la espirometría (dar volúmenes más bajos que los reales).
- Use una silla con brazos: al exhalar al máximo, los pacientes pueden sentirse mareados y posiblemente tambalearse o desmayarse.

Se han publicado varios criterios para una espirometría de calidad aceptable. Las pautas de la Fuerza de Tareas de la Sociedad Torácica Americana (ATS) / Sociedad Respiratoria Europea (ERS) sugieren que se deben lograr tres maniobras aceptables(4). Una maniobra aceptable se define de la siguiente manera. Un arranque explosivo (sin vacilación o curva sigmoidea) con un volumen de extrapolación por retroceso <150 ml(4). La maniobra se realizó con una máxima inspiración y espiración. No se produjo el cierre de la glotis ni el cese del flujo de aire durante la maniobra (por ejemplo, por

vacilación o bloqueo de la boquilla). Sin tos (especialmente durante el primer segundo), inspiraciones durante el rastreo o evidencia de fugas. La maniobra debe cumplir con los criterios de finalización de la prueba (exhalación durante ≥ 6 s con < 50 ml exhalados en los últimos 2 s).



Las dos mejores mediciones deben cumplir los criterios de reproducibilidad.

- Para FEV1 y FVC, los dos mejores valores deben estar dentro del 5% o 150 ml entre sí, el que sea mayor. Si FVC es < 1.0 L, entonces los valores deben estar dentro de 100 mL.
- Los mejores FEV1 y FVC pueden tomarse de diferentes maniobras.

3.4.3 Interpretación de espirometría

Función pulmonar normal

Los resultados obtenidos de las pruebas de función pulmonar no tienen significado a menos que se comparen con valores de referencia o valores predichos. Los valores de

referencia se derivan de las ecuaciones de referencia que contienen datos de encuestas de población. La población en la encuesta es idealmente muy grande, y se recopilan datos sobre la altura, el peso, la edad, el sexo, el origen étnico, los hábitos de fumar, el entorno, las condiciones de trabajo y la condición física de los sujetos(4).

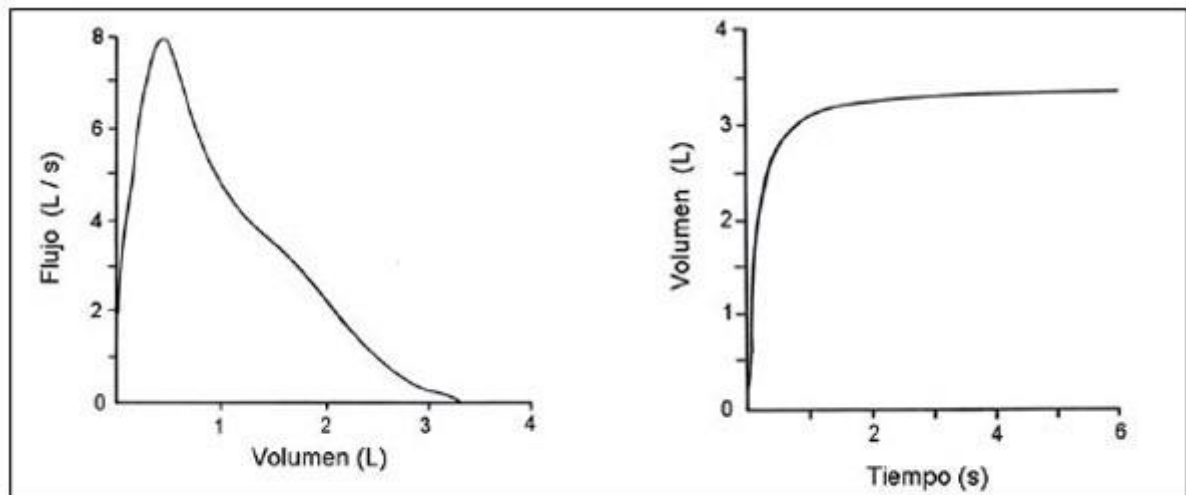


Figura 1. Espirometría aceptable. La curva de la derecha muestra una maniobra de espiración forzada en función del tiempo. La curva de la izquierda es la curva flujo-volumen de la misma maniobra.

En adultos, la edad, la altura, el sexo y la raza son los principales determinantes de los valores de referencia para la medición espirométrica.

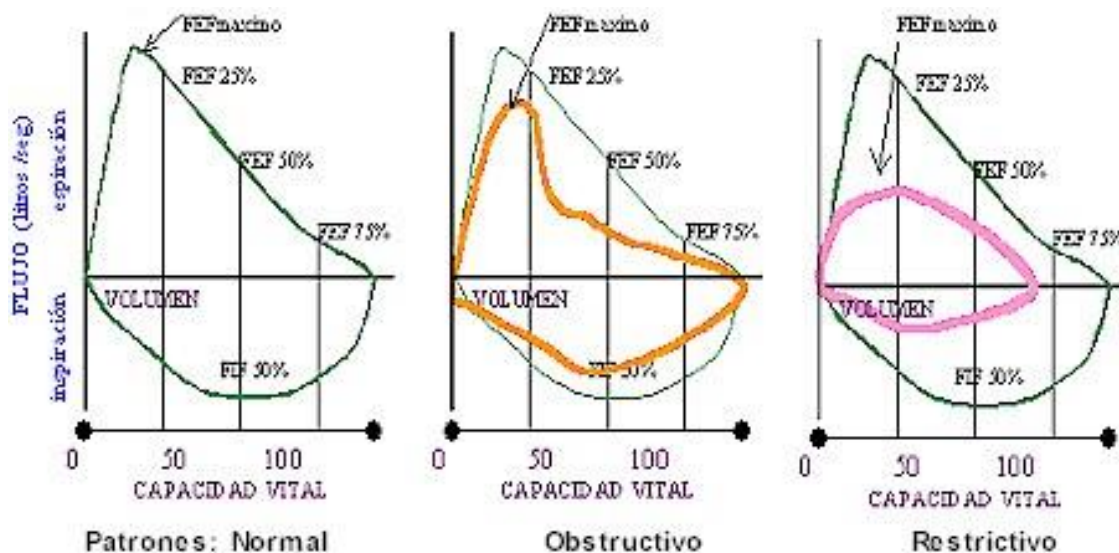
Edad: la función pulmonar por edad generalmente aumenta con la edad hasta los 25 años, y luego disminuye con la edad. Desafortunadamente, algunos equipos de función pulmonar darán a los pacientes menores de 25 años valores predichos mayores que a los 25 años(4,20).

Sexo: en edades pre-pubescentes generalmente tienen la misma función pulmonar, pero después de la pubertad, el crecimiento del tórax es mayor en los hombres, lo que da marcadas diferencias en los volúmenes pulmonares(4).

Altura Cuanto más alta es la persona, más grandes son los pulmones(3,4).

Peso: ciertas ecuaciones de referencia usan peso para calcular valores de referencia. El peso afecta la función pulmonar, ya que el aumento de peso causa un aumento de la función pulmonar hasta que se alcanza la obesidad, después de lo cual tiene el efecto contrario(4).

Origen étnico: este factor se vuelve más difícil de incluir a medida que se desarrolla una sociedad multiétnica. Las pautas BTS / ARTP sugieren que para los pacientes japoneses, polinesios, indios, pakistaníes y africanos, y para los afrodescendientes, se deben utilizar valores de referencia multiplicados por un factor de 0.90 . Esto se debe a la forma del cuerpo (es decir, las personas africanas tienden a tener piernas más largas y cuerpos más cortos que los caucásicos) o la falta de nutrición para los nacidos en los países más pobres. Como muchas etnias diferentes ahora nacen en países más ricos, es probable que la nutrición sea un problema menor y, como regla general, para la segunda generación después de la inmigración, el ajuste por raza no suele ser necesario. Las mediciones de flujo no se ven afectadas(4,23,24).



3.4.4 Tipos de espirómetros

Las primeras mediciones espirométricas, tal como hoy se las conoce, las realizó John Hutchinson a mediados del siglo XIX. Para ello diseñó un aparato que se sigue utilizando casi sin cambios hasta nuestros días, y que es conocido como espirómetro de agua(16).

Espirómetros volumétricos

Se basan en el principio de que al entrar aire en un circuito cerrado se produce un desplazamiento del mecanismo (campana, fuelle) que se puede registrar mediante un lápiz conectado a éste, escribiendo sobre un papel especial que se mueve a una velocidad constante por segundo. Se obtienen así curvas de volumen/tiempo. Algunas unidades incorporan un procesador que a partir del volumen y el tiempo calcula el flujo, por lo que pueden obtenerse también las curvas de flujo/volumen. Por su simplicidad y exactitud de medida son el patrón oro (*Gold standard*) en espirometría(16).

Espirómetros con sensor de flujo

La mayor parte de los espirómetros modernos son de tipo abierto, es decir, el paciente respira en un dispositivo abierto a la atmósfera libre, en el cual hay un cabezal con un sensor que determina el flujo de aire(16).

Una vez obtenido el flujo, los datos van a un microprocesador, el cual calcula los volúmenes por integración(16).

Pueden obtenerse así curvas de flujo/volumen, de volumen/tiempo o de flujo/tiempo. Además, al estar totalmente computarizados, pueden almacenar los datos y las curvas para su recuperación posterior, pueden configurarse según los deseos del usuario, y muchos de ellos incorporan una estación meteorológica para la corrección automática de los datos obtenidos.

Casi todos los espirómetros con sensor de flujo son bidireccionales, es decir, registran tanto el flujo espiratorio como el inspiratorio. Esto posibilita obtener tanto volúmenes espiratorios como inspiratorios. Algunos de estos espirómetros permiten obtener curvas de espirometría simple, similares a las obtenidas por un espirómetro de agua. La miniaturización de los componentes electrónicos ha permitido la aparición de espirómetros de bolsillo, fácilmente transportables y de pequeño tamaño(4).

Espirómetro de turbina

Este tipo de espirómetros tienen un cabezal con un eje sobre el que gira una pequeña hélice; en los extremos del cabezal hay unas aspas fijas que ordenan el flujo de aire al penetrar en el cabezal. El flujo de aire hace girar la hélice, y las aspas de ésta interrumpen una fuente de luz en cada paso que hagan. La velocidad de giro de la hélice es proporcional al flujo, y por tanto, a más flujo, más veces se interrumpirá la señal luminosa. Esta información se dirige al microprocesador, que en función de las revoluciones de la hélice calcula el flujo y luego, por integración, los volúmenes(4).

Este tipo de espirómetros están muy extendidos actualmente, ya que son relativamente baratos y un gran número de aparatos incorporan este tipo de cabezal.

3.5 Métodos para entrenamiento de músculos respiratorios

Una premisa importante en un argumento de que los músculos respiratorios limitan la tolerancia / rendimiento del ejercicio es que funcionan dentro o cerca de los límites de su capacidad, y que esto se manifiesta como fatiga específica. Sin tal evidencia, es difícil justificar una Justificación para el entrenamiento específico de cualquier músculo. Los primeros informes de fatiga muscular inspiratoria (FMI) después de eventos competitivos aparecieron a principios de la década de 1980 después de la maratón. Factores respiratorios y rendimiento físico Los principales factores respiratorios limitantes del rendimiento físico de alta intensidad son: a) limitaciones de la mecánica pulmonar, b) limitación de la difusión pulmonar, c) reflejo metabólico respiratorio y d) fatiga muscular respiratoria. Los dos últimos factores se consideran fundamentales en cuanto a su relación con el entrenamiento de la musculatura respiratoria Reflejo metabólico respiratorio. El reflejo metabólico respiratorio se produce como consecuencia de la fatiga de los MR ante un esfuerzo intenso y mantenido. En esta situación, la respuesta del sistema nervioso simpático es una vasoconstricción que afecta al flujo sanguíneo de los músculos esqueléticos activos por medio de un reflejo metabólico mediado por la musculatura respiratoria. Como resultado, se provoca una disminución del flujo sanguíneo y aumento de la gravedad de la fatiga de los músculos esqueléticos, inducida por el ejercicio y redistribuyendo el flujo para preservar la función respiratoria sin comprometer la demanda energética de los MR. Un aumento en la fatiga de los músculos esqueléticos puede desempeñar un

papel esencial en la determinación de la tolerancia al ejercicio a través de un efecto directo en el desarrollo de fuerza muscular (13,14).

Durante ejercicios intensos, se ha estimado que los MR pueden llegar a utilizar un 16% del gasto cardíaco, disminuyendo la disponibilidad de oxígeno para la musculatura esquelética responsable del movimiento, por lo que se podría considerar al sistema respiratorio como un limitante del consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) y, por lo tanto, del rendimiento en estos deportistas (13). Por tanto, en caso de que las necesidades de oxígeno de los MR sean muy elevadas, se generará una demanda competitiva con respecto a los músculos esqueléticos activos, que podrían ver limitado el aporte de oxígeno a sus células, y ello provocar un descenso del rendimiento.

Los resultados de Harms et al, mostraron correlaciones inversas entre el aumento del trabajo respiratorio y el flujo sanguíneo de los músculos, por ello, puede considerarse que el trabajo respiratorio durante un ejercicio máximo puede comprometer la perfusión y el consumo de oxígeno (VO_2) de los músculos (15). Así pues, esto produciría una competencia por el flujo total de sangre, disminuyendo el tiempo de trabajo y la fuerza producida. Romer et al, estimaron, en sujetos sanos y tras provocar fatiga de los músculos respiratorios, una reducción del 30% en la fuerza del cuádriceps, lo cual significaría un descenso significativo en el rendimiento. Por lo tanto, y ante la pregunta de si es preciso un entrenamiento de la musculatura respiratoria que complete el entrenamiento específico del deportista (15), McConnell et al, reflejan cómo un adecuado protocolo de entrenamiento de los MR puede producir una mejora en la tolerancia a la fatiga y mayor eficiencia respiratoria, lo que podría retrasar la aparición del reflejo metabólico respiratorio. Esto tendría influencia positiva en el rendimiento deportivo, ya que el descenso de funcionalidad de los MR tiene influencia en el rendimiento aeróbico (15). Así pues, estos autores han demostrado mejoras en el

rendimiento tras la aplicación de un plan de entrenamiento de los MR. Fatiga muscular respiratoria La fatiga muscular respiratoria consiste en la disminución reversible de la fuerza que el músculo puede desarrollar durante la contracción sostenida o repetida, pudiendo llegar a no poder mantener el nivel de ventilación suficiente, de acuerdo a las necesidades requeridas (14).

Una investigación posterior confirmó estos hallazgos después de la carrera de maratón (16), pero también proporcionó datos que sugieren que la competición ultra-marathon y el (16) fatigaron a los músculos de la bomba respiratoria. Bajo condiciones de investigación de laboratorio y de campo, mi propio grupo de investigación también demostró IFM después del remo (17), así como el sprinttriathlon y el marathonrunning en cinta rodante. Todos los estudios citados anteriormente han evaluado el uso del FMI utilizando la presión inspiratoria máxima (MIP) medida en la boca, lo cual es un holístico Sustituto voluntario de la producción de fuerza muscular inspiratoria. Si bien el MIP tiene sus méritos (no invasivo, portátil, rápido y fácil de administrar, confiable, holístico), también puede ser criticado por ser susceptible a la influencia de los cambios en el esfuerzo (18). En otras palabras, inmediatamente después del ejercicio, un MIP más bajo podría ser el Resultado de esfuerzo reducido, y no debido a factores fisiológicos.

Sin embargo, la fatiga del diafragma también se ha confirmado después de un ejercicio intenso con estimulación eléctrica de los nervios frénicos (17). Así, no solo hay evidencia de IMF luego de la participación en deportes del mundo real y simulaciones de laboratorio de la competencia, pruebas de laboratorio rigurosas también demuestran fatiga contráctil específica del diafragma después del ejercicio de alta resistencia. Estos autores también observaron una disminución de la Tlim durante el ejercicio (33%) que

siguió a la FEM, a medida que aumentan las percepciones de la respiración y el esfuerzo en la pierna. La fatiga de la pierna también fue más grave después de la FEM. Sin embargo, se requiere una nota de precaución en la interpretación de los estudios que han fatigado previamente los músculos espiratorios. Taylor y Romer (2009) también han demostrado que la carga respiratoria induce FMI y FEM simultáneos. En otras palabras, el efecto de la FEM en el desempeño posterior del ejercicio está "contaminado" por el FMI que lo acompaña. Por lo tanto, cualquier efecto sobre el rendimiento no puede atribuirse únicamente a los músculos espiratorios. A primera vista, las observaciones de que la RMF exacerba la fatiga muscular de las extremidades desafían la explicación lógica; después de todo, ¿por qué fatigar los músculos respiratorios exacerbar la fatiga en los músculos de las extremidades? La respuesta se encuentra en los hallazgos de una serie de estudios que han examinado la influencia de manipular el trabajo de la respiración durante el ejercicio.

En esta serie de estudios muy elegantes realizados en la Universidad de Wisconsin, el profesor Jerome Dempsey y sus colegas han estudiado minuciosamente y de forma sistemática el papel de la tolerancia al ejercicio de los músculos inspiratorios. Una herramienta importante en su investigación ha sido un ventilador de asistencia proporcional que puede hacer frente al trabajo de los músculos inspiratorios durante el ejercicio. En su primer estudio que exploraba el impacto del trabajo de la respiración sobre la tolerancia al ejercicio, el profesor Dempsey y sus colegas examinaron la influencia de los cambios en el trabajo de la respiración en el flujo sanguíneo a las piernas durante el ejercicio ergométrico del ciclo máximo (27). Observaron una relación recíproca entre el flujo de la sangre de las piernas y el trabajo de la respiración, de manera que cuando el trabajo inspiratorio de la respiración fue realizado por ventilador,

hubo un aumento del 4.3%. en el flujo sanguíneo de la pierna. En contraste, cuando se incrementó el trabajo de inspiración al respirar contra una resistencia, el flujo sanguíneo de la pierna disminuyó en un 7%. Los cambios en el flujo sanguíneo de la pierna fueron medidos por cambios en la extensión de la vasoconstricción de la extremidad (27). En una serie de estudios posteriores, el profesor Dempsey y sus colegas demostraron que el estímulo para la vasoconstricción fue un reflejo cardiovascular originado en los músculos inspiratorios (27).

El "metaboreflejo muscular inspiratorio", como se ha dado a conocer, se activa cuando la acumulación de metabolitos dentro de los músculos inspiratorios estimula las fibras aferentes (aferentes de tipo III y IV) para aumentar su frecuencia de fuga (14,33). La estimulación de estas fibras precipita un aumento en la fuerza del flujo neural simpático, lo que induce una vasoconstricción generalizada. En un estudio reciente, el grupo del profesor Dempsey demostró que los cambios en el flujo sanguíneo de la pierna provocaban un aumento y una reducción del trabajo de inspiración relacionado con los cambios en la magnitud de la fatiga de la pierna inducida por el ejercicio (27). En otras palabras, aumentar el trabajo de inspiración reduce el flujo sanguíneo de la pierna y exacerba la fatiga de la pierna (33). Estos hallazgos completan el círculo que vincula la RMF con la fatiga de la pierna, es decir, la activación metabólica compleja precipita la vasoconstricción de la extremidad, reduce el flujo sanguíneo de la extremidad y acelera la fatiga de la extremidad.

Si bien puede parecer evidente que los músculos débiles o tensos generan una mayor percepción del esfuerzo que los músculos frescos o más fuertes, el mecanismo neurofisiológico que sustenta esta realidad merece una descripción. El cerebro humano es capaz de juzgar el tamaño del impulso de salida a los músculos. A medida que el músculo responde a este impulso, devuelve información al cerebro sobre la tensión que

se está generando en él, así como la velocidad y la distancia del movimiento muscular y articular (23). La tensión, la velocidad y la distancia son todos proporcionales a la resistencia que está superando el músculo. El área sensorial del cerebro se compara con el tamaño del impulso neural de los músculos, con la información sensorial de los músculos. Al hacerlo, formula una percepción de esfuerzo (23). Por ejemplo, si el impulso neural hacia el bíceps durante una flexión de brazo es alto (porque el músculo es débil o está tenso), y la retroalimentación sensorial sugiere que existe una alta tensión dentro de los músculos, y que el baris se mueve lentamente y en un rango limitado, la percepción del esfuerzo es alta, es decir, el peso se siente pesado (24)

EL EMR, tuvo sus orígenes en la década de 1970, cuando los primeros estudios no demostraron nada más que los músculos respiratorios exhibidos para adaptarse a un entrenamiento específico (1). Posteriormente, se realizaron investigaciones para evaluar los beneficios potenciales de tal entrenamiento con respecto a la tolerancia al ejercicio tanto en personas con problemas de salud como en pacientes con enfermedades respiratorias. Hasta finales de la década de 1990, la literatura sobre RMT en adultos jóvenes sanos era contradictoria por decir lo menos (1). Los diseños de investigación deficientes y las medidas de resultados inapropiados habían creado una gran cantidad de datos que solo servían para confirmar la sabiduría recibida de que la respiración no limitaba el rendimiento del ejercicio. El punto de inflexión en la investigación de RMT llegó a fines de los años 90, cuando se dispuso de métodos de entrenamiento más confiables y se usaron más ampliamente (entrenamiento de umbral de presión específicamente). Además, con el beneficio de la retrospectiva, también se adoptó un enfoque más riguroso para el diseño de la investigación. La siguiente sección está dividida en tres subsecciones (26). El primero aborda las respuestas a RMT durante el

ejercicio de garantía; el segundo examina las respuestas durante el ejercicio repetido del sprint; y la tercera es el entorno acuático único.

Ejercicio de resistencia: La mayoría de los estudios que examinaron la influencia del rendimiento del ejercicio RMTon lo han hecho utilizando pruebas de rendimiento que se considerarían basadas en la resistencia. Se evaluaron dos tipos de pruebas de ejercicio: (1) ejercicio de intensidad fija realizado a Tlim; (2) pruebas de tiempo. Como medida de resultado, las pruebas de Tlim son extremadamente sensibles a pequeñas mejoras fisiológicas, producen grandes cambios (> 30%) y permiten que se estudien las respuestas fisiológicas y perceptivas en condiciones idénticas antes y después de la intervención (34). En contraste, la ventaja obvia de usar una prueba de tiempo para evaluar el rendimiento es que simula una carrera. Sin embargo, por esta misma razón, la magnitud de los cambios que se observan normalmente después de las intervenciones ergogénicas es extremadamente pequeña (<5%). Además, es imposible comparar las respuestas fisiológicas durante las pruebas de tiempo antes y después de la intervención, ya que las condiciones del ejercicio no son idénticas antes y después de la intervención. Por lo general, las pruebas de Tlim se realizan a intensidades que están justo por encima del umbral de lactato, y Los estudios que examinan RMT han utilizado intensidades de ejercicio que provocan el límite en 20 a 40 minutos (34). En contraste, las pruebas de tiempo han variado considerablemente, dependiendo de la modalidad de ejercicio que se haya estudiado (tan poco como 6 minutos, o hasta 1 hora)

Gething et al, valoraron el efecto de 10 semanas de entrenamiento de los músculos inspiratorios sobre el rendimiento en deportistas, los cuáles desarrollaron un test de carga constante. Observaron que, después del periodo de entrenamiento, se atenuaba la frecuencia cardiaca, la ventilación pulmonar y la percepción subjetiva del esfuerzo,

mejorando además el tiempo hasta el agotamiento. También se han realizado estudios sobre el entrenamiento de los MR en personas ancianas.

Se valoraron los efectos de 8 semanas de entrenamiento de los músculos inspiratorios sobre 18 sujetos ancianos moderadamente activos. Se observaron mejoras significativas en la fuerza de los músculos inspiratorios, en el tiempo hasta el agotamiento en una prueba de esfuerzo máximo y en el tiempo dedicado a realizar actividad de intensidad moderada a vigorosa. Sabine et al, tras una revisión sistemática de 46 estudios sobre el entrenamiento MR en sujetos sanos observaron que los dos tipos más comunes de entrenamiento de la musculatura respiratoria, fuerza muscular inspiratoria y entrenamiento de la resistencia muscular respiratoria poseen efectos parecidos, aunque se obtenían mejoras superiores en los practicantes de deportes de mayor duración. Por otro lado, observaron mejores efectos en aquellos estudios que combinaron el entrenamiento de la MR inspiratoria/espíatoria.

Autor	n	Método	Cambios rendimiento y Pimax
Volianitis et al ⁷	14 sujetos (7 GE-7 GC)	GE: 50% Pimax, 2d/s, 11 semanas	GE: Pimax + 45% y mejoría prueba remo. CC: Pimax + 5% GE: + 8% Pimax. Test 8 km +26%
Sonetti et al ⁵⁷	17 sujetos ciclistas (GE: 9 GP:8)	GE: entrenamiento respiratorio hiperpnea durante 5 semanas, 25 sesiones, 30 min/día, 5 días a la semana), entrenamiento muscular respiratorio	GP: +3,7 Pimax. Test 8 km: +16%, GE: + 5,2% resistencia muscular respiratoria GC: no mostraron mejoras
Stuessi et al ⁵⁵	28 sujetos ciclistas (13 GE, 15 GC)	GE: 40 sesiones de 30 min. GC: no entrenó EMR: hiperpnea isocapnica	GE: Pimax + 34% GP: sin cambios GC: sin cambios
Gething et al ¹²	15 sujetos (5 GE, 5 GC, 5 GP)	GE: 80% Pimax, 3 d/s, 10 semanas GP: carga mínima GC: no EMI	Todos: sin cambios en VO ₂ max, ni Wmax Mejoría en prueba <i>time-trial-test</i> GE: +12% resistencia muscular respiratoria
Holm et al ⁵⁶	20 sujetos ciclistas (10 GE, 6 GC, 4 GP)	GE: 20 sesiones de 45 min GP: 20 sesiones de 5 min. GC: no entrenó	Mejora en VE, VO ₂ y disminución del PCO ₂ Mejora rendimiento contrarreloj ciclista en un 4,7%
Griffiths et al ³⁸	17 sujetos remeros (GE: 7 GC: 10)	EMR: hiperpnea isocapnica Entrenamiento respiratorio 4 semanas + 6 semanas entrenamiento habitual + ER. Pimax 50%	GC y GP: no mostraron mejoras GE: Pimax +26%. PEmax: 31%
Aznar-Laín et al ⁵⁸	18 sujetos ancianos	GE: entrenamiento respiratorio 8 semanas (EMI)	No mejoras en test ergómetro remo de 6 min máximo El GE mejoró la fuerza de los músculos inspiratorios, el tiempo hasta el agotamiento en una prueba de esfuerzo y el tiempo dedicado a realizar ejercicio moderado a vigoroso
Dickinson et al ⁴⁸	1 atleta JJOO Atenas 2004	GP: 8 semanas simulacro de entrenamiento Entrenamiento respiratorio hiperpnea de 11 semanas 5 veces por semana. <i>Power Breathe: 60% Pimax</i>	Pimax +31%
Kilding et al ⁵²	16 nadadores	Entrenamiento respiratorio umbral 30 repeticiones 2 veces al día 6 semana	Reducción tiempo de recuperación entre carreras Prueba 100 m. Mejora tiempo: -1,7%
Frank et al ¹⁰	26 sujetos con sobrepeso y obesidad (IMC = 31,3)	GE: entrenamiento resistencia hiperpnea normocápica durante 5 semanas, 30 min + nociones de nutrición durante 6 meses. GC: nociones de nutrición 6 meses	Prueba 200 m. Mejora tiempo: -1,5% Prueba 400 m. Empeora tiempo: +0,6% Pérdida de peso similar en ambos grupos (4,2 frente a 3,7 kg P < 0,005). Test de ciclismo: GE mayor distancia recorrida que GC: (1678 frente a 1824 m; P < 0,001).GE: menor percepción de la disnea

N: número de sujetos; GE: grupo experimental; GC: grupo control; GP: grupo placebo; EMI: entrenamiento musculatura inspiratoria; Pimax: presión inspiratoria máxima; PEmax: presión espiratoria máxima; Wmax: trabajo máximo; d/s: días semana; km: kilómetros; m: metros.

Ejercicio de sprint repetido: Quizás debido a los mecanismos subyacentes y los supuestos con respecto a los factores que limitan el ejercicio durante la carrera de velocidad, es decir, falla contráctil debido a la acidosis metabólica, ha habido relativamente pocos estudios de IMT en el contexto de los deportes de sprint. Mi propio grupo era el primero en estudiar esto, y nos basamos en la premisa de que IMT atenuaba la percepción del esfuerzo respiratorio, y que, por lo tanto, podría mejorar la tasa de recuperación percibida durante la aceleración repetida (34). Se diseñó una prueba de huellas repetidas, que consiste en una serie de impresiones de 20 ms, con un período de descanso autoseleccionado de hasta 30 segundos entre cada sprint. Los resultados de

rendimiento para la prueba fueron el tiempo total de recuperación y el tiempo total de impresión. Planteamos la hipótesis de que, después de la IMT, la reducción asociada de la disnea y la velocidad más lenta del desarrollo de la IMF se manifestaría en una reducción en el tiempo de recuperación. Sin embargo, no previmos que el rendimiento del sprint mejorara, ya que eran máximos, muy breves (3,2 segundos) y limitados por vías metabólicas que son en gran medida independientes del flujo sanguíneo. Se confirmó la hipótesis, ya que se observó una reducción del 6% en la tasa de recuperación durante una prueba de velocidad repetida. En pruebas separadas de 20 minutos de velocidad fija de lanzadera, también observamos una reducción en la concentración de la sangre (34), así como la respiración y la percepción del esfuerzo corporal total. También hubo una correlación entre el cambio en el tiempo de recuperación y los cambios en las percepciones de esfuerzo de la banda. La última observación sugiere que la mejora en el tiempo de recuperación se relacionó con la mejora de las percepciones de esfuerzo generadas por las IMT.

Recientemente, dos estudios controlados han explorado un aspecto ligeramente diferente del rendimiento del sprint repetido mediante el empleo de una prueba que se desarrolló originalmente como una evaluación de rendimiento específica del deporte para el fútbol (26). Al igual que con nuestra prueba original de repetición de huellas (30), la llamada prueba de recuperación Yo-Yointermittente impulsa la respiración y el metabolismo a niveles máximos, pero a diferencia de nuestra prueba, el rendimiento en la prueba Yo-Yo está influenciado fuertemente por la capacidad del sistema de energía aeróbica (que dura aproximadamente 20 minutos para un individuo bien entrenado) (30). Por lo tanto, el desempeño en la prueba Yo-Yo está influenciado tanto por la percepción del esfuerzo (30) como por factores relacionados con el flujo sanguíneo,

como el suministro de oxígeno y la eliminación de metabolitos. Dos estudios que emplean la prueba Yo-Yo de nivel 1 (nivel 1 están diseñados para enfatizar el la contribución aeróbica (carreras rápidas) ha demostrado mejoras en el número de repeticiones que pueden lograrse después de la ITM (5-6 semanas) del 16% y 17% (30). Acompañando a la mejora en el rendimiento estaban las reducciones en la respiración y la percepción del esfuerzo de todo el mundo, así como los marcadores de estrés metabólico (18). Ninguno de estos cambios se anticipó en los grupos de placebo o control (18).

Ejercicio acuático El ambiente acuático es uno de los más desafiantes para los músculos respiratorios, y la natación competitiva representa uno de los mejores desafíos para respirar. Frente de alta intensidad la natación de arrastre está asociada con los estados más severos (29% de caída en MIP) y de desarrollo más rápido (2.5 minutos) en el FMI de cualquier deporte hasta ahora estudiado (19). Teniendo esto en cuenta, y la obvia "gimnasia respiratoria" que forma parte integrante de la natación, es sorprendente que haya habido tan pocos estudios de IMT en el contexto de la natación.

Al momento de escribir este artículo, solo dos estudios han examinado la influencia de la RMT en el rendimiento en natación de superficie. El primero empleó IMT y EMT simultáneos, y no logró obtener mejoras significativas (por encima de los cambios igualmente modestos del grupo placebo) en la fuerza muscular respiratoria o el rendimiento en la natación (Wells et al. 2005). El último hallazgo está sin duda relacionado con el primero, ya que la percepción del esfuerzo respiratorio y la flexorreflexia del músculo inspiratorio probablemente no se modifiquen si la RMT no mejora la función de los músculos respiratorios. Más recientemente, Kilding y colegas (2009) examinaron la influencia de IMT en 100 m, 200 m y 400 m de rendimiento de nado de nado frontal. El estudio controlado con placebo involucró a 16 nadadores de clubes (edad promedio, 19 años). Después de 6 semanas de IMT, el MIP aumentó

significativamente (9%) y se redujo la calificación del esfuerzo percibido durante la natación incremental. También hubo mejoras en el rendimiento de natación de 100 m y 200 m (en un 1,7% y 1,5% en comparación con el placebo, respectivamente), pero no hubo cambios en el rendimiento de 400 m. La velocidad máxima de natación y la velocidad en el umbral del estado también se mantuvieron sin cambios, lo que es consistente con los resultados de los estudios de IMT durante el ejercicio terrestre. Actualmente no está claro por qué IMT no mejoró el rendimiento de natación de 400 m, y también es digno de mención que el aumento en el MIP después de IMT fue menor que el observado en los atletas terrestres. Este puede ser un artefacto del entrenamiento de natación en sí mismo, que se ha demostrado que proporciona un estímulo de entrenamiento al sistema respiratorio (20).

2.7 DISPOSITIVOS DE ENTRENAMIENTO

Actualmente, existen muchos dispositivos en el mercado, que pueden ser utilizados para el entrenamiento muscular respiratorio. Los dispositivos respiratorios caen en dos categorías principales: dispositivos que imponen un entrenamiento de resistencia estímulo y aquellos que imponen un estímulo de entrenamiento de resistencia (21).

Los dispositivos de entrenamiento de resistencia someten a los músculos a una carga externa que es similar a levantar un peso y caer en tres categorías principales, basadas en

cómo se genera la carga: resistencia pasiva al flujo, ajustada dinámicamente Resistencia al flujo y válvula de umbral de presión. El entrenamiento de resistencia dispositivos (o requieren que los músculos respiratorios trabajen con un acortamiento alto) velocidades por períodos de tiempo prolongados (30 minutos) y la única carga impuesta a los

músculos es la del flujo inherente-resistencia y elasticidad del sistema respiratorio (21). Todos los dispositivos descritos por sus marcas de productos comerciales pertenecen a una de estas dos categorías y cada uno tiene principios y características mecánicas específicos. Así, el conocimiento de estos dispositivos puede ayudar a los profesionales a cuidadosamente

seleccione el mejor para usar con cada paciente, para alinear los objetivos de la intervención con los mecanismos (resistencia dependiente del flujo o umbrales de presión) y características, como el rango de sobrecarga, Portabilidad, usabilidad y costo. Sin embargo, debido al alto número de dispositivos disponibles en el mercado, esta selección representa un reto. Para los profesionales. Así, aunque estudios anteriores han intentado para describir todos los dispositivos de entrenamiento muscular respiratorio (14,16), algunos no se incluyeron dispositivos con eficacia probada.

1. Pflex

a) Aplicabilidad clínica: The Pflex® (Respironics Inc., Murrysville, PA, EE. UU.) Es un entrenador muscular inspiratorio de bajo costo, comúnmente utilizado para el entrenamiento de fuerza (18). Este dispositivo de plástico mide 5,7 cm de largo y tiene una forma cilíndrica y una abertura en un extremo para la inserción de un plástico extraíble, boquilla y está sellada en el otro extremo por una válvula de una vía, la resistencia a la respiración es controlada por un dial-like ajustable, es un mecanismo con seis ajustes de orificio fijo ubicados en el eje del dispositivo (18). Este dispositivo se utiliza principalmente en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica; sin embargo, puede ser utilizado en varias otras condiciones, como los ancianos y neurológicos o condiciones cardíacas.

b) Aspectos positivos: el Pflex® tiene un sellado adecuado de la boquilla y es fácilmente ajustable y barato. c) Limitaciones: ya que la carga de entrenamiento varía

con el flujo y no solo con el tamaño del orificio, es imposible cuantificar el entrenamiento de carga y progresión, sin proporcionar simultáneas retroalimentación de la tasa de flujo respiratorio (18). Posiblemente sea para adaptarse otra pieza, el denominado 'entrenamiento dirigido de flujo resistivo', para controlar el flujo y hacer que la carga sea fiable (18). Sin embargo, esta adaptación aumenta considerablemente el costo y la mayor parte del dispositivo.

2. TrainAir

a) Aplicabilidad clínica: The TrainAir® (Project Electronics Ltd., Kent, ENG, Reino Unido) también es un entrenador muscular inspiratorio utilizado para entrenamiento de fuerza (18). Este dispositivo tiene una resistencia al flujo pasivo, mecanismo con la adición de medición de presión, haciendo que la configuración de carga confiable y cuantificable. Este dispositivo puede ser utilizado en pacientes, que tienen debilidad muscular respiratoria, como crónica enfermedad pulmonar obstructiva, y neurológica o cardíaca.

Device	Adequate load range	Portability	Usability	Adequate mouthpiece sealing	Possibility of home-based training	Easy/fast adjustment	Allows inspiratory and expiratory training	Cost effectiveness (inexpensive)
Resistance-training devices								
Pflex®	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
TrainAir®	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No
POWERbreathe® K-Series	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
EMST 150	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Orygen-Dual Valve®	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
POWERbreathe®	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
PowerLung ®	*	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Respifit-S	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	No	No
Threshold® IMT	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Threshold™ PEP	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Endurance-training device								
SpiroTiger®	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No
* Not reported								

Table 1: Characteristics of the evaluated respiratory muscle training devices.

b) Aspectos positivos: El TrainAir® tiene una boquilla adecuada. Además, como ventaja, este dispositivo permite Biorretroalimentación continua de la intensidad de entrenamiento y incorporada.

Evaluación de la función muscular inspiratoria (18) c) Limitaciones: El ordenador portátil requerido y otras piezas aumentan su costo y volumen lo convierten en la reserva de clínicas especializadas. Dispositivos de resistencia al flujo ajustados dinámicamente: El mecanismo de estos dispositivos, aunque similar al de la resistencia pasiva al flujo, permite ajustes continuos y dinámicos del flujo.

resistencia. Este ajuste permite que la superficie del flujo el orificio varía dentro de una respiración, de acuerdo con las vías respiratorias prevalecientes, caudal (18). Además, la variable controlada puede ser la carga de presión o la tasa de flujo respirado.

3. Serie POWERbreathe K a) Aplicabilidad clínica: la serie K de POWERbreathe® (POWERbreathe International Ltd., Southam, ENG, Reino Unido), un entrenador muscular inspiratorio con una válvula de respuesta electrónica controlado para generar la resistencia, es un nuevo enfoque para

El entrenamiento respiratorio que se lanzó en 2010, con pocas publicaciones hasta la fecha. El índice de la pantalla de fuerza oscila entre 10 y 240 cm H₂O y la duración de la batería es de unos 60 Minutos en el modo de entrenamiento, aunque los estudios publicados Informó su uso principalmente en pacientes con obstrucción crónica(19), puede ser utilizada en cualquier condición, los pacientes tienen debilidad muscular respiratoria. b) Aspectos positivos: la serie K de POWERbreathe® es programable por el usuario y proporciona biofeedback basado en computadora en tiempo real durante el entrenamiento (18). Además, se registra un historial de uso en la memoria del dispositivo, permitiendo el entrenamiento en tiempo real. Limitaciones: Este dispositivo

tiene un alto costo , lo que hace de este método la preservación de clínicas especializadas.

Dispositivos de umbral de presión: estos dispositivos requieren a los individuos producir una presión respiratoria, suficiente para superar una carga de presión y, de ese modo, iniciar la respiración [14,15]. Los umbrales permiten carga a una intensidad variable, cuantificable, al proporcionar un flujo cercano independiente a la resistencia a la respiración.

4. EMST 150 a) Aplicabilidad clínica: La EMST 150 (Aspire Products, Gainesville, FL, EE. UU.) Es un músculo espiratorio recientemente desarrollado. entrenador ,ha sido exitosamente utilizado en estudios previos (16,17). Este dispositivo utiliza una válvula de resorte de una vía, para sobrecargar mecánicamente los músculos espiratorios . La válvula bloquea el flujo de aire, hasta que se produce una presión espiratoria suficiente. La EMST 150 proporciona cargas de trabajo de hasta 150 cm H₂O, con intervalos regulares de 30 cm H₂O. Aunque este dispositivo ha sido utilizado principalmente en alimentos sanos en pacientes con afecciones neurológicas, también puede ser utilizado en cualquier otra condición, para aumentar la fuerza del espiratorio(18).

Además, el entrenamiento de músculos respiratorios en pacientes tetraplégicos: El entrenamiento de la musculatura respiratoria ha sido analizado como alternativa terapéutica para este grupo de pacientes sin resultados concluyentes, mientras que un protocolo mixto, que estimule músculos inspiratorios y espiratorios son de mucho beneficio en estos pacientes(35,36) . El protocolo de entrenamiento mixto aplicado incrementó significativamente la fuerza muscular inspiratoria ($p = 0,028$), la tolerancia al esfuerzo de los músculos respiratorios ($p = 0,028$) y la eficacia de la tos ($p = 0,034$). El incremento en todas las otras variables medidas no alcanzó significancia estadística.

Conclusión: El entrenamiento muscular mixto (inspiratorio/espíatorio) muestra resultados parcialmente favorables en la mejoría de indicadores de función pulmonar(38).

HIPÓTESIS:

- El entrenamiento de músculos respiratorios por medio del uso de la máscara de hipoxia puede aumentar las capacidades pulmonares y de esta manera ofrecer una mejor aptitud física.

METODOLOGÍA:

5.1 OPERACIONALZACION DE VARIABLES DEL ESTUDIO:

Variable Independiente

Variable 1: uso de máscara de hipoxia (si / no)

Variables Dependientes

Variable 2: Valor espirométrico Volúmenes: En la espirometría simple se obtienen:

- Volumen corriente.
- Volumen de Reserva Inspiratoria (VRI)
- Volumen de Reserva Espiratoria (VRE)
- Capacidad vital (CV)
- La capacidad vital forzada (CVF)

Espirometría forzada

- Volumen Espiratorio Forzado VEF₁
- Capacidad vital forzada (CVF)
- Relación VEF₁/CVF

Variables intervinientes

Variable 4: Edad 15-17 años

Variable 5: Peso

Variable 6: Talla

Variable 7: porcentaje grasa

Variable 8: porcentaje masa muscular

5.2 MUESTRA

Tamaño de la muestra: 60 personas de un total de 60

.

5.3 TIPO DE ESTUDIO

Analítico longitudinal, de cohorte ambispectivo.

5.4 MÉTODOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

- Toma de muestra por espirometría simple y forzada.
- Antropometría.
- Fuente de información: Primaria.

5.5 PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICOS

- Espirometría simple y forzada.

5.6 PLAN DE ANÁLISIS

Mediante el uso del programa SPSS.

5.7 ANALISIS UNIVARIAL

A continuación el análisis de cada una de las variables que se consideraron en el estudio, las mismas que pueden ser variables cualitativas y variables cuantitativas.

Etnia

A continuación se realiza una tabla y gráfico para observar la etnia de los sujetos de estudio:

Etnia

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
mestizo	12	20,0	20,0	20,0
Válidos negro	48	80,0	80,0	100,0
Total	60	100,0	100,0	

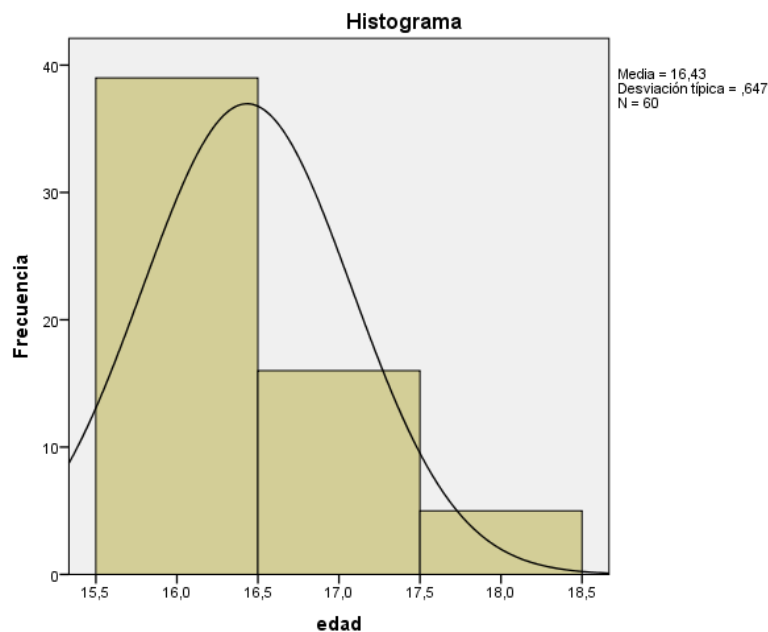
Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

Dentro del estudio se puede observar que del total de los pacientes, el 80% se considera negro, mientras que el 20% se consideran mestizos.

Edad

Dentro del estudio observaremos la edad del sujeto en estudio, en el que la misma permitirá saber la distribución de la población en estudio:



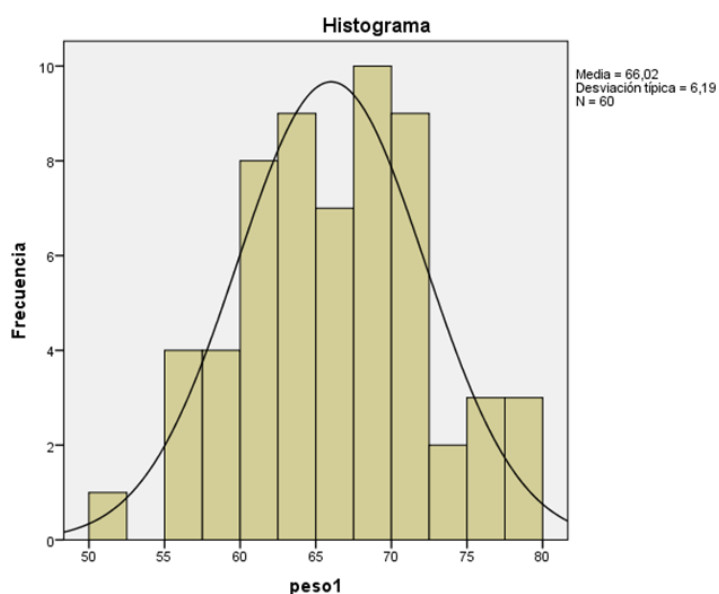
Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

La edad promedio de los sujetos en estudio es de 16,43 años, la distribución de la edad refleja una asimetría con valores hacia la derecha, esto implica que la mayor concentración de los sujetos se encuentra bajo la media, esto puede reflejarse por el porcentaje obtenido. Existen 39 individuos (65% del total de sujetos), seguido de individuos con una edad de 17 años (26.7% del total), y apenas 5 individuos con 18 años (8.3% del total de sujetos).

Peso

Es fundamental el realizar un estudio del peso que tiene el sujeto al momento de realizar el estudio y posteriormente observar su peso cuando se realice la prueba con la máscara, por ello que realizamos un análisis del peso que tiene el sujeto a continuación:



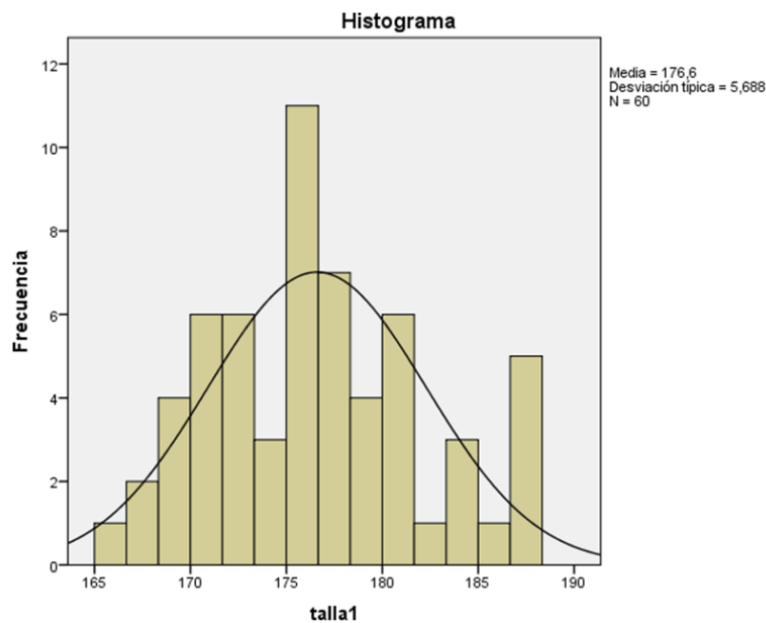
Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

El peso promedio en el grupo de estudio es de 66,02 Kilogramos, también se puede observar que la distribución de los sujetos en la variable peso la mayoría se encuentran agrupados cerca de la media. La moda de los sujetos en estudio es de 58 kilogramos y la mediana de 65,70kg.

Talla

Los individuos en este estudio poseen una estatura promedio de 176.60cm, presentando un individuo con una estatura mínima de 167cm y una persona con estatura máxima de 188cm.

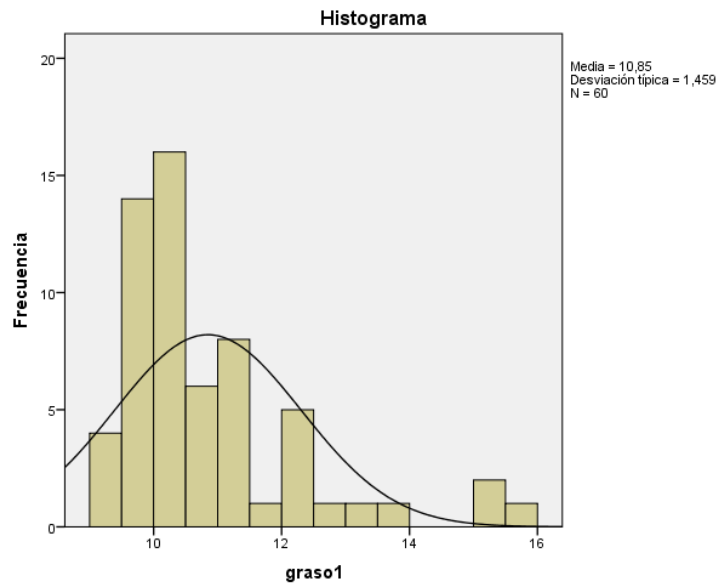


Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

Nivel Graso primera medición

El nivel de graso de los sujetos en estudio presentó los siguientes resultados, el nivel graso promedio de los individuos es de 10,85%, el nivel mínimo fue de 9% y el nivel máximo fue de 16%. No se evidencia una mayor diferencia en la composición de porcentaje graso durante la recolección de la muestra y entrenamiento con la máscara de hipoxia.

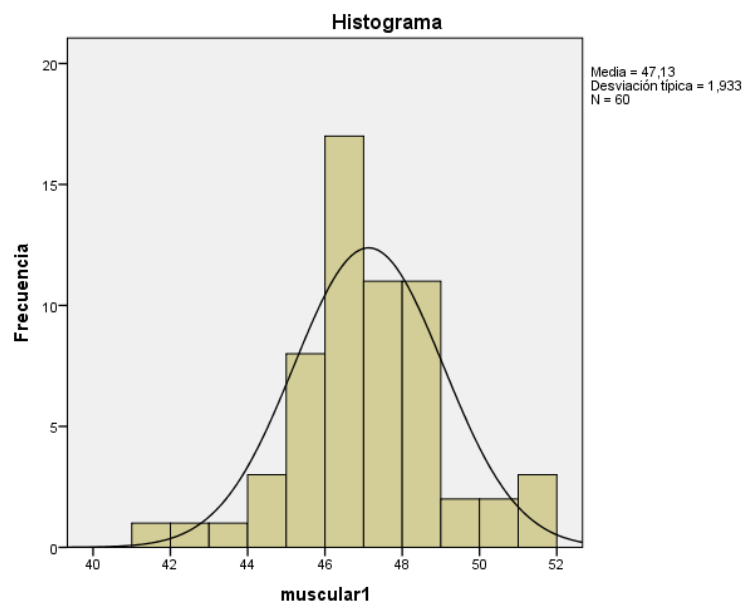


Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

Los cambios que existen entre los expuestos a máscara de hipoxia y el grupo control en relación al porcentaje de masa grasa, no son significativamente estadísticos, la variación es muy pequeña, razón por la cual, se puede decir que el porcentaje graso no influye en los cambios espirométricos durante el uso de la máscara de hipoxia.

Nivel masa Muscular



Fuente: Base de estudio

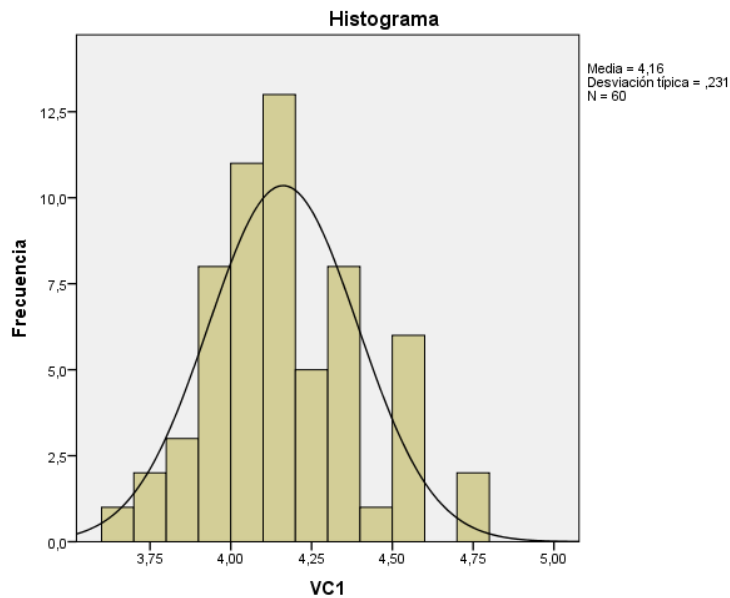
Elaboración: Propia

Volúmenes espirométricos

Los volúmenes espirométricos fueron medidos en 3 ocasiones, la primera ocasión el mes de febrero a 60 jugadores sin exposición a la máscara de hipoxia, la segunda medición en el mes de julio con 2 semanas de exposición a la máscara de hipoxia y la tercera medición el mes de agosto con 8 semanas de exposición a la máscara de hipoxia.

Volumen Corriente primera medición

El volumen corriente promedio en la primera medición, presentó un valor de 4.16, mientras que el valor mínimo fue de 4 y un valor máximo de 5, el volumen de corriente que más se repitió entre todos los sujetos fue de 4.

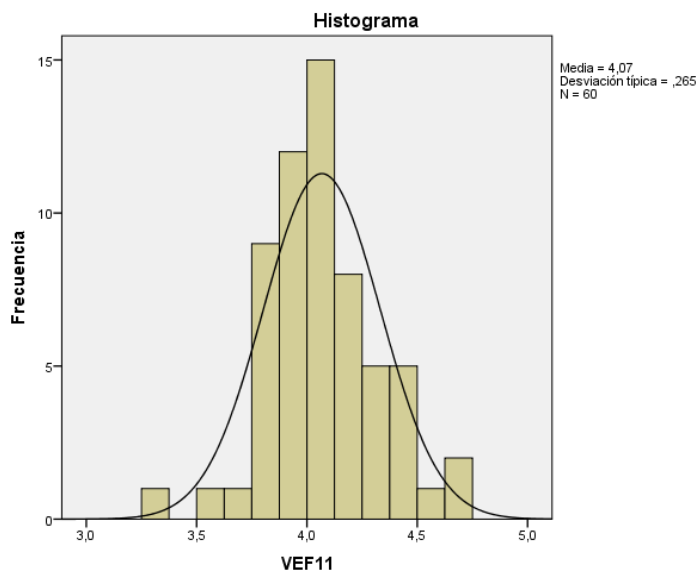


Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

Volumen espiratorio forzado primera medición

El volumen espiratorio forzado promedio al primer momento de la evaluación es de 4.07, la mayoría presento valores de 4 y valores mínimos y máximos de 3 y 5 respectivamente.

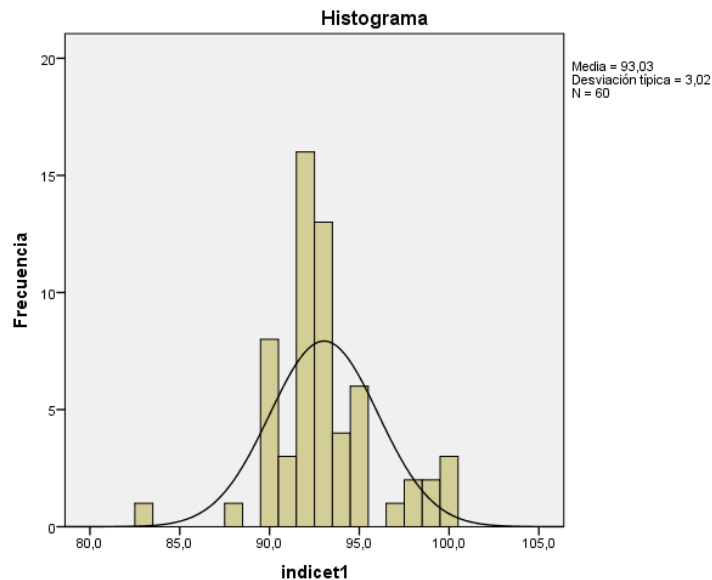


Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

Índice T1

El promedio del índice fue de 93.033, presentando valores mínimos de 83 y un valor máximo de 100.



Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

A continuación se realizará la estadística de los resultados obtenidos una vez aplicada las pruebas a sujetos con máscara y sin máscara.

Uso de Máscara

MASCARA				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
,0	36	60,0	60,0	60,0
Válidos 1,0	24	40,0	40,0	100,0
Total	60	100,0	100,0	

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

Se conformaron 2 grupos el grupo no expuesto a máscara de 36 y el grupo expuesto a máscara de 24 personas.

VOLUMEN CORRIENTE 2

Sin Máscara

VC2		
N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		4,34
Mediana		4,33
Moda		5
Desv. típ.		,207
Varianza		,043
Rango		1
Mínimo		4
Máximo		5

Con Máscara

VC2		
N	Válidos	24
	Perdidos	0
Media		4,78
Mediana		4,84
Moda		4 ^a
Desv. típ.		,217
Varianza		,047
Rango		1
Mínimo		4
Máximo		5
Suma		115

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

La comparación de las medidas de volumen corriente de los individuos que usaron la máscara es notable el incremento en el promedio, dando así que el promedio de los individuos expuestos a máscara es de 4.78 superior al promedio de los individuos no expuestos a máscara que obtuvieron un valor de 4.34. Se aprecia una diferencia entre grupos.

Volumen espiratorio forzado 2

Sin máscara

VEF12		
N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		4,09
Mediana		4,04
Moda		4
Desv. típ.		,238
Varianza		,057
Rango		1
Mínimo		4
Máximo		5

Con Máscara

VEF12		
N	Válidos	24
	Perdidos	0
Media		4,53
Mediana		4,58
Moda		4
Desv. típ.		,235
Varianza		,055
Rango		1
Mínimo		4
Máximo		5
Suma		109

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

La evaluación de volumen espiratorio en una segunda toma de datos, los sujetos expuestos a la máscara presentaron valores superiores a los sujetos que no la usaron, se puede evidenciar en los promedios, en donde los sujetos de usaron máscara presento un promedio de 4.53 superior al promedio de 4.09 en relación a los no expuestos .

En un tercer ejercicio se realizó nuevamente las pruebas y la toma de datos de los sujetos divididos en los que usaron o no la máscara. Cabe mencionar que los sujetos que usaron máscara son los mismos a lo largo de la investigación.

A continuación se presenta los resultados de la aplicación de la investigación en un tercer momento.

Volumen Corriente 3**Sin Máscara**

VC3		
N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		4,38
Mediana		4,39
Moda		5
Desv. típ.		,173
Varianza		,030
Rango		1
Mínimo		4
Máximo		5

Con Máscara

VC3		
N	Válidos	24
	Perdidos	0
Media		5,25
Mediana		5,22
Moda		5
Desv. típ.		,171
Varianza		,029
Rango		1
Mínimo		5
Máximo		6
Suma		126

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

El promedio un sujeto que usó máscara, tuvo un volumen de corriente de 5.25, mientras que el grupo que no uso la máscara alcanzo apenas un valor de 4.38. Esto refleja ya una diferencia en ambos casos.

Volumen espiratorio forzado 3

Sin máscara			Con máscara		
VEF13			VEF13		
N	Válidos	36	N	Válidos	24
	Perdidos	0		Perdidos	0
Media		4,06	Media		4,93
Mediana		4,09	Mediana		4,93
Moda		4	Moda		5ª
Desv. típ.		,242	Desv. típ.		,341
Varianza		,059	Varianza		,116
Rango		1	Rango		1
Mínimo		4	Mínimo		4
Máximo		4	Máximo		5
			Suma		118

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

La última prueba que se realizó fue la toma de medidas en volumen espiratorio forzado, en donde nuevamente los sujetos que utilizaron la máscara presentaron valores promedios de 4.93 mientras que los sujetos sin máscara presentaron valores promedios de 4.06.

5.8 Análisis Bivariado

En esta sección se realizará la investigación de la influencia de las variables independientes, con respecto a la variable dependiente. En nuestro estudio se observara los volúmenes de corriente como infiere al utilizar la máscara o no.

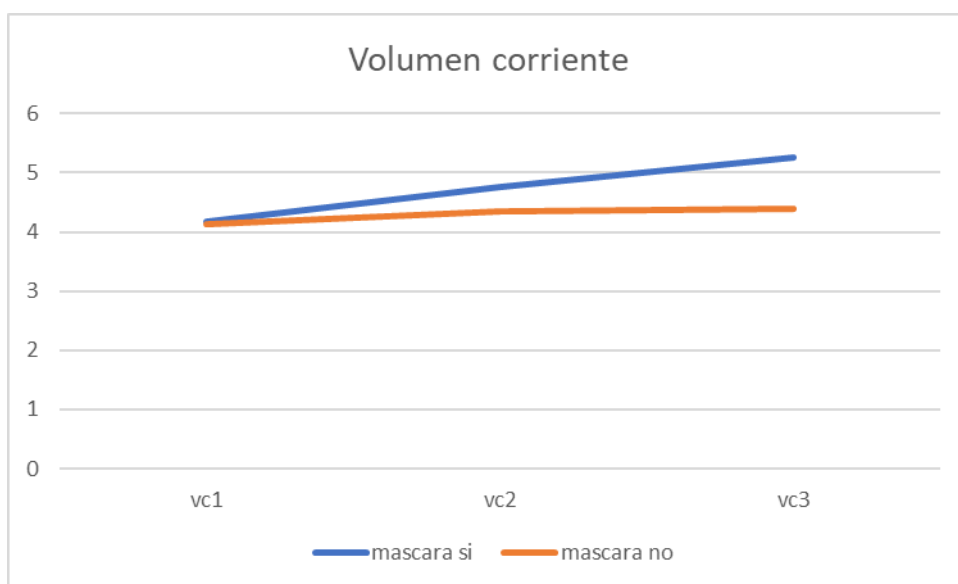
Para ello utilizaremos las pruebas de medias y observaremos sus niveles de significancia a través de valores p y valores t student.

Volumen	Promedio de medias exposición máscara	Promedio de medias sin exposición máscara	Prueba t	Valor P	Resultado
VC 1	4,17	4.14	0.57	0.5716	No hay diferencia estadística
VC 2	4.77	4.34	7.84	0.0000	Si hay diferencia estadística
VC 3	5.25	4.38	19.16	0.0000	Si hay diferencia estadística

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

Una vez realizado el ejercicio observamos que bajo el valor p, el uso de la máscara es significativo para reflejar valores positivos en volúmenes de corriente. Así mismo bajo los estadísticos t-student los valores generan grandes cambios para los individuos que usan máscara.



Es importante también observar la relación con otra variable dentro del estudio, que es el volumen espiratorio forzado en relación al uso de la máscara.

A continuación realizamos el ejercicio de estadística bivariada para observar valores estadísticos que puedan comprobar nuestra hipótesis.

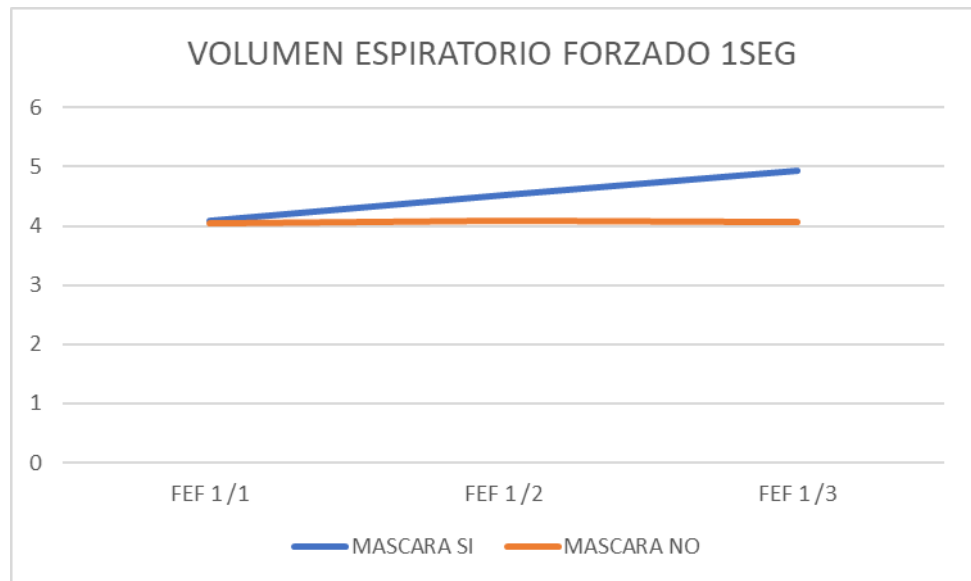
Entre los datos espirométricos, el volumen corriente, se evidencia un ascenso significativo, con un valor $p < 0,005$, el aumento en litros entre la primera toma (4,18) y la última (5,25), esto en el grupo de exposición a la máscara de hipoxia. Para el grupo control no hubo variación significativa entre la primera toma (4,14) y la última (4,38) Lt.

Volumen	Promedio de medias exposición	Promedio de medias sin exposición	Prueba t	Valor P	Resultado
VEF 1	4.08	4.05	0.49	0.6274	No hay diferencia estadística
VEF 2	4.52	4.08	7.06	0.0000	Si hay diferencia estadística
VEF 3	4.96	4.07	11.61	0.0000	Si hay diferencia estadística

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

En este análisis se puede observar que el uso de la máscara influye al mejoramiento del volumen espiratorio forzado, dado que su estadístico valor-p indica que dicha variable es significativo, a la vez la t-student refleja valores altos para cada uno de las pruebas. Resultando así que la hipótesis nula se rechaza y se comprueba que el uso de la máscara influye positivamente al rendimiento del sujeto.



Se muestra un aumento claro en el volumen espiratorio forzado durante el primer segundo, comparado entre el grupo de exposición a la máscara de hipoxia y el grupo control, con un valor significativo de 1litro de diferencia.

Una última prueba que se realizó es la generación de un modelo lineal conocido como regresión en donde se quiere observar la influencia del uso de la máscara en relación a la última prueba realizada (Volumen espiratorio forzado 3).

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
	B	Error tip.	Beta			Límite inferior	Límite superior
(Constante)	2,193	,925		2,371	,021	,341	4,046
1 MASCARA	,852	,074	,816	11,519	,000	,704	1,001
edad	,114	,056	,143	2,019	,048	,001	,227

a. Variable dependiente: VEF13

□

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin - Watson
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl 1	gl 2	Sig. Cambio en F	
1	,848 ^a	,719	,709	,278	,719	72,976	2	57	,000	1,425

a. Variables predictoras: (Constante), edad, MASCARA

b. Variable dependiente: VEF13

Fuente: Base de estudio

Elaboración: Propia

El modelo de regresión lineal donde la variable dependiente es el volumen espiratorio forzado 3, y las variables independientes para este ejercicio fueron el uso de máscara y la edad del sujeto en estudio. El modelo arrojó resultados favorables, en donde el uso de máscara influye positivamente al volumen espiratorio forzado en 0.852 y es estadísticamente significativo.

El modelo presentó un ajuste de 84% lo cual bajo los métodos estadísticos el modelo con estas dos variables nos permiten observar la influencia del uso de la máscara en el rendimiento de los sujetos de estudio.

Anexos

Correlaciones

			MÁSCA RA	VC1	VC2	VC3
MÁSCA RA	Correlación	de	1	,074	,717**	,929**
	Pearson					
	Sig. (bilateral)			,572	,000	,000
VC1	N		60	60	60	60
	Correlación	de	,074	1	,191	,136
	Pearson					
VC2	Sig. (bilateral)		,572		,144	,299
	N		60	60	60	60
	Correlación	de	,717**	,191	1	,797**
VC3	Pearson					
	Sig. (bilateral)		,000	,144		,000
	N		60	60	60	60
VC3	Correlación	de	,929**	,136	,797**	1
	Pearson					
	Sig. (bilateral)		,000	,299	,000	
	N		60	60	60	60

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones

			MÁSCA RA	VEF11	VEF12	VEF13
MÁSCA RA	Correlación	de	1	,064	,680**	,836**
	Pearson					
	Sig. (bilateral)			,627	,000	,000
VEF11	N		60	60	60	60
	Correlación	de	,064	1	,527**	,227
	Pearson					
VEF12	Sig. (bilateral)		,627		,000	,081
	N		60	60	60	60
	Correlación	de	,680**	,527**	1	,814**
	Pearson					

VEF13	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	60	60	60	60
	Correlación de Pearson	,836**	,227	,814**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,081	,000	
	N	60	60	60	60

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

CONCLUSIONES

Después de realizar el trabajo de investigación de manera ordenada y programada, tras una serie de medidas espirométricas, se puede concluir en base a los objetivos trazados:

Existe evidencia significativa de un cambio en los volúmenes pulmonares, medidos por espirometría, en jugadores expuestos a la máscara de hipoxia vs jugadores de fútbol no expuestos.

Los volúmenes espirométricos aumentan desde la tercera semana de uso de la máscara de hipoxia y se determina un aumento significativo hacia la octava semana.

Los cambios de peso en relación al componente de masa grasa y muscular no influyen de manera significativa en los volúmenes espirométricos.

La diferencia entre etnias no es comparable, en resultados espirométricos y uso de la máscara de hipoxia por el tamaño de la muestra.

El entrenamiento de músculos respiratorios esta ampliamente descrito en estudios científicos, ahora es extrapolable al ejercicio físico y aumento en el rendimiento deportivo, es así, que mientras, un jugador de fútbol tenga volúmenes pulmonares mas altos , mejor será su rendimiento deportivo.

El entrenamiento de los músculos respiratorios, mediante un dispositivo umbral como la máscara de hipoxia, permite un entrenamiento guiado, supervisado y controlado, de fácil acceso y con evidencia de que su uso continuo mejora los volúmenes espirométricos.

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones científicas, con la máscara de hipoxia, durante un tiempo más prolongado para conocer cuál es el umbral que alcanzan los valores espirométricos mientras se usa en la actividad deportiva.

Usar la máscara de hipoxia en otras actividades deportivas para ver su mejoría en volúmenes espirométricos

Utilizar la máscara como método de entrenamiento de los músculos respiratorios y que sea validado mediante la prueba de esfuerzo y medición directa de gases, de esta manera conocer de manera más exacta una mejoría sobre el valor de VO_{2max}

Entrenar con la máscara de hipoxia a diferentes altitudes y demostrar su uso.

3. ASPECTOS BIOÉTICOS

Pedido de autorización para la toma de espirometría simple y forzada, se evitará realizar la prueba a personas que presenten problemas pulmonares como asma o diagnosticados de EPOC, y en personas fumadoras.

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Recurso humano 1 integrante.

RECURSOS NECESARIOS

Espirómetro PUCE.

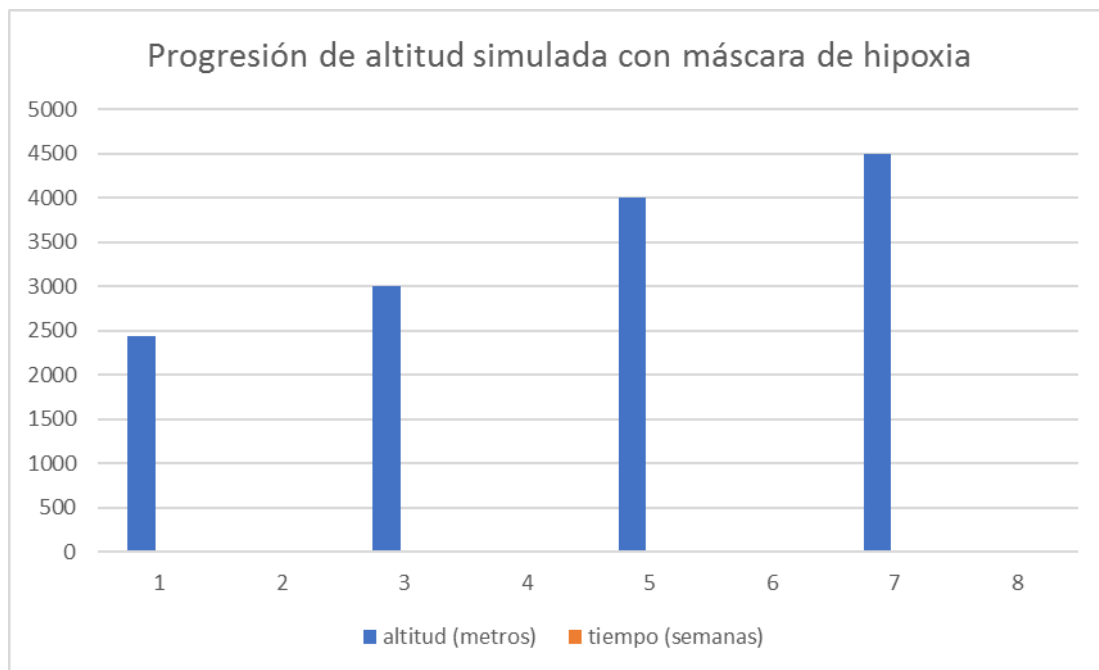
Boquillas desechables 100.

Báscula 2.

Programa Microsoft Windows XP compatible con espirómetro.

9. CRONOGRAMA DE TRABAJO

			CRONOGRAMA				
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
PRESENTACIÓN DEL PROTOCOLO	X						
SOLICITUD DE APROBACIÓN		X					
ACEPTACIÓN DEL PROTOCOLO			X				
ENTREGA DEL PROTOCOLO			X				
ENVÍO AL COMITÉ DE ÉTICA			X	X			
CONFORMACIÓN DE GRUPOS				X			
ESPIROMETRÍA SIMPLE Y FORZADA				X			
ESPIROMETRÍA SIMPLE Y FORZADA				X	X		
AGRUPACIÓN DE DATOS					X		
ANÁLISIS DE DATOS					X	X	
INTERPRETACIÓN DE DATOS						X	
PRIMER BORRADOR						X	
CORRECCIONES POSTERIORES						X	
SEGUNDO BORRADOR							X
REVISIONES POSTERIORES							X



ANEXOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE MEDICINA

MEDICINA DEL DEPORTE

**CONSENTIMIENTO INFORMADO FORMATO ORGANIZACIÓN
MUNDIAL DE LA SALUD**

**Dr. Celio Andrés Romero
Jiménez**

**EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE MÚSCULOS
RESPIRATORIOS CON MÁSCARA DE HIPOXIA, SOBRE LOS
VOLUMENES PULMONARES MEDIDOS POR ESPIROMETRÍA, EN
JUGADORES DE FUTBOL PROFESIONAL, EN COMPARACION
CON JUGADORES QUE NO HAN UTILIZADO LA MÁSCARA DE
HIPOXIA DE EDAD ENTRE 15 A 17 AÑOS, SANGOLQUI.2018.**

(Este Documento de Consentimiento Informado tiene dos
partes:

- Información, proporciona información sobre el estudio.
- Formulario de Consentimiento, para firmar si está de acuerdo en participar.

Se le dará una copia del documento completo de Consentimiento Informado)

PARTE I:

Información

Introducción

Introducción

El entrenamiento de músculos respiratorios mediante un dispositivo umbral, ha sido evaluado mediante algunas técnicas y ha demostrado su gran valor al usarse de forma correcta, ayuda a incrementar el volumen inspiratorio y con esto mejorar la capacidad física.

Propósito

Demostrar mediante la espirometría, cambios en los volúmenes respiratorios al utilizar la máscara de hipoxia durante un periodo de entrenamiento de 8 semanas.

Procedimientos y Protocolo

Se procederá a dividir 2 grupos, el primero que ya está utilizando la máscara en su entrenamiento diario y el segundo a jugadores que aún no reciben este dispositivo, seguido se procederá a realizar una espirometría simple y forzada cada 2 semanas por un periodo de 8 semanas en total.

Selección de participantes

Jugadores de fútbol profesional entre 15 a 17 años, club Independiente del Valle.

Participación Voluntaria

Indica claramente que pueden elegir participar o no hacerlo, sin consecuencias a las decisiones tomadas.

Duración

La investigación durará 6 (seis) meses en total.

Riesgos

No se ha presentado efectos durante el uso de la máscara durante más de 1 año en las instalaciones del club, sin embargo el principal riesgo es presentar neuritis intercostal debido al gran esfuerzo inspiratorio y espiratorio, las mismas que deben ser reportadas de manera inmediata al personal médico.

Confidencialidad

El uso del presente trabajo científico será para el beneficio del Club Independiente del Valle y bajo protección de derechos por parte de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Medicina.

Derecho a negarse

El jugador no tiene por qué tomar parte en esta investigación si no desea hacerlo. Puede dejar de participar en la investigación en el momento que quiera. Es su elección y todos sus derechos serán respetados

Beneficios

Aumento en la capacidad física y deportiva durante el periodo de entrenamiento y competencia.

Incentivos

No se aplican incentivos económicos.

Confidencialidad

No se podrá identificar al participante por sus respuestas, con el fin de evitar una posible estigmatización, se mantendrá los datos codificados y serán de uso exclusivo del investigador, Facultad de Medicina Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

A Quién Contactar

Si tiene cualquier pregunta puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse iniciado el proyecto. Si desea hacer preguntas más tarde, puede contactar a cualquiera de las siguientes personas: Dr. Celio Romero , celular 0995876166

PARTE II:

1. Formulario de Consentimiento

He sido invitado a participar en la investigación de **EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE MÚSCULOS RESPIRATORIOS CON MÁSCARA DE HIPOXIA, SOBRE LOS VOLUMENES PULMONARES MEDIDOS POR ESPIROMETRÍA, EN JUGADORES DE FUTBOL PROFESIONAL, EN**

COMPARACION CON JUGADORES QUE NO HAN UTILIZADO LA MÁSCARA DE HIPOXIA DE EDAD ENTRE 15 A 17 AÑOS, SANGOLQUI.2018. He sido informado de los posibles riesgos o molestias. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado usando el nombre y la dirección que se me ha dado de esa persona.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mis derechos.

Nombre del Participante _____
Firma del Participante _____
Fecha _____
Día/mes/año

2. Formulario de Asentimiento

Para niño, niña o menores de edad.

Se me ha preguntado si deseo o no participar en este estudio de investigación. Conozco que en este estudio se realizarán (preguntas, toma de muestras, exámenes médicos, medición de peso y talla, información sobre mi familia, etc.).

Se me ha explicado en qué consistirá mi participación y he tenido la oportunidad de hacer preguntas y han aclarado mis dudas. A cada pregunta que yo he formulado me han respondido y he comprendido. He tenido tiempo suficiente para conocer y comprender los riesgos y beneficios de mi participación. Yo consiento participar en esta investigación.

Nombre del niño/niña _____

Firma del niño/niña _____

Fecha _____
Día/mes/año

Si es analfabeto (en los casos que aplique de lo contrario no incluir esta sección)

Un testigo que sepa leer y escribir debe firmar (si es posible, esta persona debiera seleccionarse por el participante y no debiera tener conexión con el equipo de investigación). Los participantes analfabetos deberán incluir su huella dactilar también.

He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento para el potencial participante y la persona ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmo que la persona ha dado consentimiento libremente.

Nombre del testigo_____Y huella dactilar del
participante
Firma del testigo _____
Fecha _____
Día/mes/año _____

He leído con exactitud (o he sido testigo de la lectura) exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y la persona ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmo que la persona ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador _____
Firma del Investigador _____
Fecha _____
Día/mes/año _____

Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de
Consentimiento Informado_____ (iniciales del investigador)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aaron, E. A., Seow, K. C., Johnson, B. D., & Dempsey, J. A. (2012). Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. *Journal of Applied Physiology*.
2. Askanazi, J., Silverberg, P. A., Foster, R. J., Hyman, A. I., Milic-Emili, J., & Kinney, J. M. (2010). Effects of respiratory apparatus on breathing pattern. *Journal of Applied Physiology*,
3. Babcock MA, Pegelow Df (2015), contribution of diaphragmatic forced output to exercise induced diaphragm fatigue. *J Appl. Physiology*. England.
4. British Thoracic Society, Scottish Intercollegiate Guidelines Network British Guideline on the Management of Asthma. *Thorax*. 2016; 63 Suppl. 4:iv1–iv121
5. Boutelier U, Piwko P et al (2012), The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. *European Physiology Journal*, England.
6. Boutellier U, Buchel R, Kundert A (2014), The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. *Eur Journal physiology*, London.
7. Clark, S. A., Bourdon, P. C., Schmidt, W., Singh, B., Cable, G., Onus, K. J., et al. (2007). The effect of acute simulated moderate altitude on power,

- performance and pacing strategies in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 20(Epub ahead of print).
8. Colacilli M, Barzán N et al (2016), Adaptaciones respiratorias al ejercicio físico, Unidad fisiología Madrid, Madrid, España.
 9. Conconi, F., Grazzi, G., Casoni, I., Guglielmi, C., Borsetto, C., Ballarin, E., et al. (2006). The conconi test; methodology after 12 years of application. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 509-519.
 10. Corda, M., von Euler, C., & Lennerstrand, G. (2010). Proprioceptive innervation of the diaphragm. *Journal of Physiology*, 178, 161-178.
 11. Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton, M. T., Montain, S. J., Baylor, A. M., et al. (2011). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(1), 93-107.
 12. Craig M, Thomas L, Claudette M et al (2015), Effects of respiratory muscle work on exercise performance, Pulmonary department Medicine, Kansas, USA.
 13. Davis, H. A., Bassett, J., Hughes, P., & Gass, G. C. (2013). Anaerobic threshold and lactate turnpoint. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(3), 383-392.
 14. Day, J. R., Rossiter, H. B., Coats, E. M., Skasick, A., & Whipp, B. J. (2013). The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak versus maximal issue. *Journal of Applied Physiology*, 95(5), 1901-1907.
 15. Dellaca, R. L., Aliverti, A., Pelosi, P., Carlesso, E., Chiumello, D., Pedotti, A., et al. (2001). Estimation of end-expiratory lung volume variations by optoelectronic plethysmography. *Critical Care Medicine*, 29(9), 1807-1811.

16. Dempsey, J. A. (2006). Is the lung built for exercise? *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 18(143-155).
17. Fairburn, M. S., Coutts, K. C., Pardy, R. L., & McKenzie, D. C. (2011). Improved respiratory muscle endurance of highly trained cyclists and the effect on maximal exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 66-70.
18. Faithfull, D., Jones, J. G., & Jordan, C. (2009). Measurement of the relative contributions of rib cage and abdomen / diaphragm to tidal breathing in man. *British Journal of Anaesthesia*, 51(5), 391-398
19. Gary T. Ferguson, MD, FCCP; Paul L. Enright, MD; A. Sonia Buist, MD; and Millicent W. Higgins, MD, Honorary FCCP, Office Spirometry for Lung Health Assessment in Adults; National Lung Health Education Program. MEDSCAPE: 04/01/2000; CHEST. 2000;117(4) © 2000 American College of Chest Physicians
20. Gonzalez – Montesinos col (2012), Efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre el rendimiento. Sevilla. España.
21. Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A., & Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(7), 1233-1237.
22. Joshua H, Andrew M, Edwards et al (2014), Inspiratory muscle training improves exercise tolerance in recreational soccer players. Institute of sports and exercise science, James Cook, Australia.
23. Kinding AE et al (2012), Inspiratory muscle training improves 100 and 200m swimming performance. *Eur Physiology*.

24. Lee M, Rommer M et al (2015), Exercise induced respiratory muscle fatigue: implications for performance, Journal Sports Sci, United Kingdom.
25. Lucia, A., Hoyos, J., Pardo, J., & Chicharro, J. L. (2001). Effects of endurance training on the breathing pattern of professional cyclists. Japanese Journal of Physiology, 51, 133-141.
26. Morgan, D. W., Kohrt, W. M., Bates, B. J., & Skinner, J. S. (2007). Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance 130 of moderately trained cyclists. International Journal of Sports Medicine, 8, 88- 93.
27. Nicks R, Morgan W (2016), the influence of respiratory muscle training upon intermittent excersice performance. Excercise Science program, Columbus state, Georgia, USA.
28. Orozco L, Navarro M et al (2014), Entrenamiento de los músculos respiratorios, Grupo de investigación en lesión, Barcelona, España.
29. Robert E. Dales, MD; Katherine L. Vandemheen, BSc; Jennifer Clinch, MSc; Shawn D. Aaron, MD. Spirometry in the Primary Care Setting. Influence on Clinical Diagnosis and Management of Airflow Obstruction. MEDLINE 11/15/2005; CHEST. 2005;128(4):2443-2447. 2005 American College of Chest Physicians
30. Romer, L. M., McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2012). Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. International Journal of Sports Medicine, 23, 353-360.
31. Rommer LM, McConell Ak (2012), Inspiratory muscle trainig upon time trial performance in trained cyclist. J Sports Sci Exerc. England.

32. Saltin, B., & Astrand, P. O. (2007). Maximum oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology*, 23(3), 353-358.
33. Sheel, A. W., Derchak, P. A., Morgan, B. J., Pegelow, D. F., Jacques, J. A., & Dempsey, J. A. (2011). Fatigueing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *Journal of Physiology*, 537(1), 277-289.
34. Sommers VK, Mark A et al (2012), Contrasting effects of hipoxia and hypercapnea on ventilation and sympathetic activity in humans. *Journal Aplly Physiology*. London.
35. Verges, S., Notter, D., & Spengler, C. (2016). Influence of diaphragm and rib cage muscle fatigue in healthy humans. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 154(3), 431-442.
36. Voliantis S, McConell A et al (2015), Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports*.
37. Wetter, T. J., Harms, C. A., Nelson, W. B., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (2009). Influence of respiratory muscle work on VO₂ and leg blood flow during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 87(2), 643-651.
38. Williams, J. S., Wongsathikun, J., Boon, S. M., & Acevedo, E. O. (2012). Inspiratory muscle training fails to improve cadence capacity in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1194-1198.
39. Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1999). *Physiology of Sport and Exercise* (2 ed.). Auckland: Human Kinetics.

40. Witt, J. D., Guenette, J. A., Rupert, J. L., McKenzie, D. C., & Sheel, A. W. (2012). Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory metabolreflex. *Journal of Physiology*,
41. Wyelegala, J. A., Pendergrast, D. R., Gosselin, L. E., Warkander, D. E., & Lundgren, C. E. G. (2013). Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *European Journal of Applied Physiology*.