

**EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL USO DEL ESNÓRQUEL SOBRE LA FUNCIÓN
RESPIRATORIA Y DIAFRAGMÁTICA EN DEPORTISTAS DE DISCIPLINAS
ACUÁTICAS. REVISIÓN EXPLORATORIA**

JUAN MANUEL LÓPEZ FERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES
CALI – VALLE DEL CAUCA**

2025

**EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL USO DEL ESNÓRQUEL SOBRE LA FUNCIÓN
RESPIRATORIA Y DIAFRAGMÁTICA EN DEPORTISTAS DE DISCIPLINAS
ACUÁTICAS. REVISIÓN EXPLORATORIA**

JUAN MANUEL LÓPEZ FERNÁNDEZ

**Trabajo de Grado para optar por el título de
LICENCIADO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES**

Tutor:

BRAYAN ANDRÉS VALENCIA ARISTIZABAL

Lic. en Educación Física y deportes

MSc Ciencias Biomédicas

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES

CALI – VALLE DEL CAUCA

2025

TABLA DE CONTENIDO

1.RESUMEN

2. ANTECEDENTES

3. INTRODUCCIÓN

4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

6. MARCO TEÓRICO

6.1. NATACIÓN CLÁSICA

6.2. NATACIÓN CON ALETAS

6.3. RUGBY SUBACUÁTICO

6.4. HOCKEY SUBACUÁTICO

6.5. HISTORIA DEL ESNÓRQUEL

6.6. FISIOLOGÍA RESPIRATORIA

6.6.1. VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES

6.6.2. MÚSCULOS ENCARGADOS DE LA RESPIRACIÓN

6.6.3. DIAFRAGMA

6.6.4. MOVILIDAD DIAFRAGMÁTICA

6.6.5. ADAPTACIONES EN LA FISIOLOGÍA RESPIRATORIA DURANTE EL EJERCICIO

6.7. PRUEBAS DE FUNCIÓN PULMONAR Y MÚSCULOS RESPIRATORIOS

6.7.1. ESPIROMETRÍA

6.7.2. ULTRASONOGRAFÍA

6.7.3. PIMAX Y PEMAX

6.8. VO2 MAX

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

8. METODOLOGÍA

8.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

8.2. DISEÑO METODOLÓGICO

8.3. PROCEDIMIENTO

8.4. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

9. RESULTADOS

10. DISCUSIÓN

11. CONCLUSIONES

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RESUMEN

Introducción: El esnórquel es un implemento utilizado en diversas disciplinas acuáticas, sin embargo, modifica los patrones respiratorios y aumenta la resistencia al flujo de aire a través de la prolongación de un espacio muerto respiratorio. A pesar de su frecuente uso en deportes como natación clásica, natación con aletas, rugby y hockey subacuáticos, existe una limitada literatura científica alrededor de sus efectos fisiológicos en la función respiratoria y diafragmática.

Objetivo: Recopilar información sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático, mediante una revisión de la literatura científica. **Metodología:** se realizó una revisión exploratoria de estudios publicados entre los años 2010 y 2025 siguiendo la guía PRISMA-ScR y la metodología del Instituto Joanna Briggs. La búsqueda se realizó en bases de datos como Pubmed, SportDiscus (Ebsco), Springer Nature Link, Web Of Science – WOS, Redalyc, ScienceDirect (Elsevier), Ovid, Scopus (Elsevier), Cochrane Library y el repositorio de literatura gris Google Scholar, donde se seleccionaron estudios en inglés o español que abordaran los efectos respiratorios asociados al uso del esnórquel en deportistas de diferentes disciplinas acuáticas.

Resultados: Los estudios mostraron poblaciones heterogéneas y variables diversas, como ventilación voluntaria máxima, capacidad vital forzada, consumo de oxígeno y presiones respiratorias máximas. La evidencia sugiere que el esnórquel incrementa levemente la resistencia respiratoria sin producir cambios significativos en la función cardiorrespiratoria ni en la fuerza muscular respiratoria. **Conclusiones:** Existe evidencia escasa y dispersa sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria. Por lo tanto, se requieren estudios que incluyan mediciones estandarizadas o variables diversas como la movilidad diafragmática para comprender con mayor precisión su impacto en el rendimiento y la función respiratoria en general.

Palabras clave: esnórquel, función respiratoria, diafragma, deportistas, disciplinas acuáticas.

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con Hadiansyah et al. (2022), la natación sostiene una relación crucial con el sistema cardiorrespiratorio, otorgando a los músculos accesorios de la respiración y el diafragma, un papel fundamental en el desempeño de esta disciplina; lo cual, ha hecho que la función respiratoria en relación con la natación haya sido gran objeto de interés, y por lo mismo, ampliamente estudiada. debido a esto, a lo largo de los años se han incorporado al entrenamiento diversas herramientas y estrategias metodológicas, con el fin de mejorar u optimizar la función respiratoria.

El esnórquel es una herramienta que actualmente tiene diversos usos, sin embargo, Schellart (2021b) sustenta que, en la natación es usado como un instrumento útil para guardar energía al mejorar la posición de la cabeza del nadador, y por consiguiente su técnica, alterando su patrón respiratorio; sin embargo, al modificar este patrón, aparecen ciertas diferencias que permiten inferir la posibilidad de que su uso también puede tener efectos fisiológicos positivos en la función respiratoria.

Sin embargo, la búsqueda preliminar realizada en las bases de datos no arrojó un número significativo de estudios sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel. No obstante, se encontró que, según Schellart (2021a), la ventilación pulmonar sí se ve ligeramente afectada de manera positiva por el uso del esnórquel, aunque, su impacto no es realmente muy significativo.

Por lo tanto, la presente revisión busca recopilar, mapear y sintetizar la literatura científica disponible sobre los efectos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático, con el fin, de proporcionar

un panorama general sobre el conocimiento actual y establecer posibles brechas en la investigación de este tema.

3. INTRODUCCIÓN

La interacción del hombre con el agua ha sido muy estrecha desde el inicio de su evolución, viéndose forzado a arriesgarse a interactuar con ella para explorar, cazar o habitar en lugares diferentes. Esta relación riesgosa al ser un medio diferente se ve obligada a mutar a través del paso del tiempo, viéndose representadas artísticamente en antiguas civilizaciones egipcias, mostrando la aparición de técnicas natatorias básicas y entrenamientos sistemáticos para las clases sociales altas, de un estilo de desplazamiento acuático aún no definido para su época. Entre estas evidencias también aparecen retratadas personas nadando libremente y otras usando vejigas de cuero para facilitar su paso a través del agua (Vasile et al., 2023).

Con el tiempo, estas habilidades se fueron desarrollando y pasaron a tener gran importancia primero como técnica militar, y posteriormente, a ganar relevancia en el ámbito recreativo y competitivo. De esta manera, se encontró qué, alrededor del siglo II D.C. hay datos que señalan la realización anual de competiciones de natación con premiación en la antigua Grecia, marcando así el inicio de lo que hoy en día conocemos como natación clásica (Belloch & Pérez, 2011).

Las primeras competencias oficiales de natación fueron organizadas en Londres, en 1837, donde más adelante, lograron ganar mayor popularidad y se fueron expandiendo hasta Australia, Estados Unidos y Francia, para luego empezar a crear las diferentes organizaciones de natación, y el deporte como hoy en día se conoce (Vasile et al., 2023)

A medida que la interacción del hombre con el medio acuático evolucionaba, aparecieron diversos elementos que ayudaban a fortalecer esta relación y a su vez ampliaban el campo de los deportes acuáticos. Entre estos elementos están las aletas, que, de acuerdo con la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS, s/f-b) realizaron su primera aparición no oficial en una

competición entre los años 1936 y 1937; dicho artefacto, evolucionó hasta el punto de dar origen a una nueva categoría de natación en las costas de Génova, en 1951, donde se realizó la primera competición de natación con aletas, sin esnórquel.

De la misma manera, la creación de estos elementos deportivos dio lugar a la invención de nuevas disciplinas acuáticas, las cuales, al igual que en tiempos anteriores, iniciaron como una idea para el desarrollo de habilidades físicas y de desplazamiento acuático de soldados. No obstante, de la misma manera, paso a ganar relevancia en el ámbito deportivo recreativo, dando lugar a que, en 1955 y en 1965 se llevaran a cabo los primeros torneos de hockey y rugby subacuático, respectivamente. Si bien, las ideas de sus invenciones y algunos partidos experimentales tuvieron lugar algunos años antes, fue en esas fechas cuando ambos deportes comenzaron a consolidarse formalmente y a encaminarse hacia la evolución de lo que hoy conocemos (CMAS, s/f-d, s/f-c, s/f-a).

Por su parte, el origen más primitivo de las aletas se le atribuye a Leonardo da Vinci, aunque en sus bocetos estaban pensadas para usarse inicialmente en las manos. Más tarde, Benjamin Franklin crea las paletas para las manos y experimenta con un diseño en madera para los pies, aunque lo consideró poco eficiente. Eventualmente, en 1933, Louis de Corlieu registró la primera patente de un dispositivo similar a las aletas modernas, al que llamó “propulsores de natación y rescate”, fabricados en metal y goma. Posteriormente, vendió la patente al empresario Owen Churchill, quien mejoró el diseño usando goma vulcanizada y les dio el nombre oficial de “aletas” (Martín et al., 2020).

De manera paralela al desarrollo de las aletas, el esnórquel fue otro de los implementos que contribuyó al fortalecimiento de la relación entre el hombre y el medio acuático. Así pues, vemos como algunos historiadores antiguos, mencionan el uso de cañas huecas que ayudaban a respirar a

través de ellas manteniendo la cabeza sumergida en el agua, aportando un elemento táctico importante en las estrategias militares de aquel entonces. Sin embargo, el primer invento de un tubo respiratorio es atribuido a Leonardo da Vinci, el cual recibió la petición de crear un equipo respiratorio el cual ayudara a los militares que incursionaban a través del agua en la guerra de Turquía (Marx, 1990).

Hoy en día, de acuerdo con la Professional Association Of Diving Instructors (PADI, s/f), el esnórquel es un tubo respiratorio que asiste al nadador mientras su cabeza se encuentra sumergida en el agua. Está compuesto por una boquilla, un acople y un tubo de plástico de diámetro, longitud y forma adecuados, con el fin de que no afecte negativamente su función respiratoria.

Al practicar natación, se debe mantener la cabeza sumergida durante intervalos de tiempo relativamente largos, forzando la retención del aire y, por ende, la contracción y distensión voluntaria de los músculos encargados de la función respiratoria. Esto, sumado a la diferencia de presión que experimenta el cuerpo al estar sumergido en el agua, favorece en gran medida al fortalecimiento y elasticidad de los músculos de la pared torácica (Hadiansyah et al., 2022).

En la función respiratoria participan una gran cantidad de músculos, cada uno encargado de diversas funciones, entre estos, se encuentran los intercostales externos e internos, musculatura accesoria y el diafragma, el músculo más importante en la fase inspiratoria, encargado aproximadamente del 80% del trabajo (Chero et al., 2017).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, los deportes acuáticos se diferencian de otros deportes debido a que priva momentáneamente el suministro de oxígeno al mantener la cabeza sumergida en el agua; esto sumado a la diferencia de presión que se experimenta al estar en un medio diferente, incide directamente en la función respiratoria. Por lo tanto, en este contexto, se busca

recopilar información mediante una revisión de literatura científica, sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática de los nadadores de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático al entrar en juego dos variables distintas: el acceso a la ventilación constante y la fuerza requerida para la expulsión del agua que entra en el tubo respiratorio o esnórquel.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La natación clásica, tanto en contextos de alto rendimiento como recreativos, implica un reto considerable en el control respiratorio. A diferencia de la respiración en condiciones terrestres, en este deporte, el ciclo ventilatorio se ve modificado por el medio acuático. Durante la espiración, los músculos implicados deben vencer la presión hidrostática para expulsar el aire dentro del agua; mientras que, en la inspiración, los músculos inspiratorios deben generar una inhalación rápida y potente para aprovechar los breves intervalos de acceso al aire. Sumado a esto, la presión ejercida por el agua sobre el tórax aumenta la exigencia mecánica del movimiento (Nicoară et al., 2024).

El esnórquel, por su parte, altera los patrones de respiración normales en la natación clásica, ya que, permite el acceso a una ventilación constante, elimina los giros de la cabeza para respirar y evitar la presión hidrostática en la espiración. No obstante, representa un trabajo respiratorio extra, debido a la resistencia en el flujo del aire que se da a través del tubo (Schellart, 2021).

Por otra parte, disciplinas como el hockey y el rugby subacuático presentan dinámicas diferentes de movimiento y por lo tanto de respiración; debido a la incorporación de inmersiones que se deben hacer hacia el fondo de la piscina para desempeñar las funciones correspondientes de su posición, seguidas del retorno a la superficie para suplir las demandas de oxígeno (Meisenheimer et al., 2023).

Adicionalmente, durante los virajes o inmersiones, el tubo respiratorio tiende a llenarse parcial o totalmente de agua, obligando al nadador a realizar una fuerte exhalación de aire, producida por una rápida contracción de los músculos respiratorios, esto, con el fin de vaciar el interior del esnórquel y poder continuar con una ventilación regular.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las diferencias que se presentan en la ventilación a la hora de hacer uso del esnórquel, y de la escasa literatura que aborda el tema en torno a sus efectos en la función respiratoria, surge la pregunta de investigación **¿Cuáles son los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático?**

5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El entrenamiento de la función respiratoria y diafragmática ha cobrado relevancia en la preparación de los nadadores, debido a su impacto en el control respiratorio y el rendimiento en general. De esta manera, el esnórquel ha surgido como una herramienta que, no solo favorece la ejecución de la técnica, sino que se plantea como un posible estímulo para la musculatura encargada de la función respiratoria. No obstante, al realizar una búsqueda en las bases de datos, se identificó que la literatura disponible sobre estas variables es escasa, limitada y se encuentra dispersa, lo que dificulta su abordaje.

De este modo, realizar una revisión exploratoria de la información disponible alrededor de este tema resulta pertinente, ya que, permitirá reunir, organizar y analizar la literatura científica encontrada, con el fin de aportar una visión general sobre la relación de los efectos del uso del esnórquel sobre la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático.

6. MARCO TEÓRICO

Según Tan et al. (2023), la mejora en la potencia y resistencia de los músculos inspiratorios puede potencialmente producir un mayor rendimiento deportivo, debido a que esto retrasa la aparición de la fatiga en la musculatura encargada de la respiración, a través de su aumento en la eficacia de la ventilación y disminución en el consumo de oxígeno por respiración.

6.1. NATACIÓN CLÁSICA

La relación del ser humano con el medio acuático se remonta al origen de la humanidad, motivada inicialmente por la necesidad de obtener alimento, cazar, explorar nuevos territorios y establecer nuevas rutas de transporte. Con el transcurso del tiempo, estas habilidades evolucionaron al mismo tiempo que el ser humano, adquiriendo diversos matices culturales y sociales. De esta manera, la natación emergió como respuesta a diferentes problemáticas y necesidades, tales como rituales religiosos, guerras, practicas competitivas, actividades recreativas y la promoción de la salud mediante la actividad física (Vasile et al., 2023).

Una de las primeras civilizaciones que evidencian la relación del ser humano con el medio acuático fueron aquellas asentadas a orillas del río Nilo. Diversas representaciones artísticas de esa época muestran figuras humanas nadando libremente, así como también otras haciendo uso de vejigas de animales infladas como soporte para flotar. De este modo, estos objetos pueden considerarse uno de los primeros materiales auxiliares destinados a facilitar y mejorar la práctica de la natación (Belloch & Pérez, 2011).

Otra de las razones de gran relevancia en su época, que contribuyó significativamente a la expansión de las habilidades natatorias, fueron los conflictos bélicos. En particular, durante las guerras de la antigua Grecia, donde la habilidad de nadar representaba una ventaja táctica fundamental en un territorio caracterizado por la abundancia de costas e islas. Esta circunstancia

incentivó la implementación de rigurosos entrenamientos acuáticos dentro de la preparación militar (Belloch & Pérez, 2011).

En esta época, también es importante destacar que, si bien no existen registros de la natación como disciplina dentro de los juegos panhelénicos, algunos historiadores documentan que ciertos competidores recurrían a la práctica diaria de la natación como un medio de preparación física. A pesar de esto, se tiene constancia de que, en la provincia de Argólida, en Grecia, se celebraba anualmente un certamen musical y competencias de natación con premiaciones. Este hecho, aunque no se tenga muy bien detallado, podría considerarse como el origen de la natación clásica competitiva (Belloch & Pérez, 2011).

Posteriormente, desde el renacimiento, comenzaron a publicarse libros dedicados a la natación, cada uno con aportes significativos para la época. El primero de ellos apareció en 1538 bajo el título “dialogo sobre el arte de nadar”, este contenía la primera secuencia metódica para la enseñanza del estilo pecho, acompañada del uso de materiales didácticos como salvavidas de corcho y vejigas de vaca infladas. No obstante, su propósito principal era la prevención de ahogamientos más que al perfeccionamiento técnico. Mas adelante, en 1696, se publicó “el arte de nadar”, el cual describía con detalle la técnica más usada por aquel entonces, el estilo pecho con la cabeza fuera del agua y la patada con las puntas de los pies hacia adentro. Este aspecto cobraría gran relevancia después, cuando en el siglo 19 la técnica de la patada cambió hacia una ejecución más eficiente, con las puntas de los pies apuntando hacia afuera, marcando así el inicio de los primeros debates en torno a la técnica de los estilos de natación (Vasile et al., 2023).

De acuerdo con Vasile et al. (2023), en la segunda mitad del siglo XIX, la natación evolucionó a un deporte profesional debido a diversos factores, tales como la evolución industrial, construcción de piscinas modernas, equipo hidrodinámico, estudios sobre biomecánica en la brazada, aumento

de popularidad y su base de fanáticos. Gracias a esto, comenzaron a organizarse las primeras competiciones de natación; en Inglaterra en 1837, hogar de la natación moderna, después en 1869, se organizó a nivel nacional. Mas tarde, en 1877 tuvo lugar el primer campeonato de los estados unidos y en 1889 se celebró el primer campeonato europeo. Tras estos avances, comenzaron a organizarse las principales asociaciones que regularon este deporte: en 1896 la asociación amateur de natación, en 1908 la federación internacional de natación (FINA), la cual se reorganizo en 2022 y cambió su nombre a World Aquatics.

6.2. NATACIÓN CON ALETAS

De acuerdo con Šoštarić (2015), en 1980, la adopción generalizada de la mono aleta contribuyó exponencialmente al perfeccionamiento de la técnica de nado a través de nuevas técnicas de entrenamiento, lo que marcó el comienzo de una creciente diferencia entre los tiempos de nadadores de natación clásica y natación con aletas, llegando hoy en día a representar un 33% más de velocidad frente a los nadadores de natación clásica en la prueba de 50m.

La invención de las aletas se remonta al siglo XVI con Leonardo da Vinci, quien diseñó un modelo inicial pensado para las manos. Esto inspiró con el tiempo, a diversas personas a crear implementos que aumentaran la propulsión en el medio acuático, lo que derivó en la evolución hacia las aletas modernas que conocemos en la actualidad. Más adelante, en el siglo XVIII, Benjamín Franklin desarrolló en un principio paletas de madera y posteriormente aletas de madera, aunque, él mismo manifestó a través de una carta, no sentirse satisfecho con los resultados obtenidos de estas últimas (Martín et al., 2020).

En el año 1910, se dio un suceso significativo para el desarrollo de lo que actualmente se conoce como natación con aletas, pues el francés Louis De Corlieu, observo en Tahití a un grupo de pescadores que utilizaban hojas de palma tejida en los pies con el fin de mejorar su propulsión al

nadar en el estilo de pecho. Inspirado por esta experiencia, De Corlieu inicio una serie de experimentos orientados a crear un nuevo sistema de propulsión, sin embargo, determinó que no era eficiente debido al movimiento discontinuo del estilo pecho, por lo que concluyó que su aplicación debía realizarse en un estilo de natación que permitiera un movimiento continuo, como el crol (CMAS, s/f-b).

En 1933, inicio una rápida evolución en el diseño de las aletas, cuando Louis De Corlieu patentó un modelo de goma con refuerzo metálico, el cual hacia 1936 comenzó a emplearse de manera no oficial en competencias en parís, y en 1937 dio lugar a la primera versión de la mono aleta, que no eran más que dos aletas de Corlieu unidas en la mitad. En 1939, Owen Churchill compró la patente, rediseñó el implemento en goma vulcanizada y lo denomino como hoy se le conoce “swimfins”, mientras que, en 1944, debido al pésimo desempeño de las aletas de Churchill en la guerra, surgieron las “voit duckfeet fins”, orientadas al uso militar o de buzos. Posteriormente, en 1950, Luigi Ferraro introdujo un modelo similar a las duckfeet pero destinadas para el uso civil, lo que llevó, a que, en 1951, organizara en Génova sus primeras competencias de natación con aletas, realizada en aguas abiertas y dividida en cuatro etapas (CMAS, s/f-b).

La natación con aletas inicio oficialmente su etapa competitiva en 1958 con los primeros campeonatos nacionales realizados en la unión soviética y un año después con la creación de la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS), que en 1960 organizó las primeras competencias internacionales en Palermo. La aparición de aletas y mono aletas en fibra de vidrio en 1970, representó un avance importante al demostrar las diferencias de velocidad respecto a la natación clásica, más tarde, en 1976 se celebró en Hannover el primer campeonato mundial (Šoštarić, 2015).

Finalmente, en 1986 la disciplina fue reconocida por el Comité Olímpico Internacional, aunque en

la actualidad no ha sido incorporada a los juegos olímpicos, cuenta con una gran participación en otros eventos, como los Juegos Mundiales, Juego Mediterráneos y Juegos Asiáticos (Šoštarić, 2015).

6.3. RUGBY SUBACUÁTICO

El rugby subacuático es una disciplina deportiva regulada por la CMAS desde la década de 1980, organismo encargado de la organización y supervisión de los torneos internacionales, donde de acuerdo con Lutter et al. (2023), cuenta con setenta y nueve clubes registrados y posee su federación internacional más grande en Alemania. Asimismo, tiene una estructura competitiva conformada por una primera y segunda liga nacional, además de ligas organizadas por estados y distritos, en las que cabe destacar, que la mayoría de los equipos son mixtos, integrados por hombres y mujeres, no obstante, también existen ligas de primer nivel exclusivamente femeninas.

Alemania es reconocida como la cuna del rugby subacuático, deporte que surgió aproximadamente en la década de 1960 y que, con el paso del tiempo, se ha expandido hasta alcanzar la realización de campeonatos nacionales en más de treinta países. En la actualidad, los campeonatos mundiales se celebran cada cuatro años, el campeonato europeo cada dos años y la copa de campeones de liga de manera anual (Meyer et al., 2021).

El objetivo principal de este deporte consiste en anotar el balón en la canasta del equipo contrario, la cual se encuentra ubicada al final de la zona de juego de cada equipo y fijada al fondo de la piscina. Cada equipo está conformado por un total de quince jugadores, distribuidos en seis jugadores titulares, seis suplentes y tres de reserva (Lutter et al., 2023).

La duración de los partidos es de treinta minutos, divididos en dos periodos de quince minutos cada uno, en donde los jugadores deben hacer uso de un equipo especial, compuesto por un traje

de natación, gorro con protección para los oídos, máscara de buceo, esnórquel y aletas. Es importante destacar que ninguno de estos elementos puede ser objeto de ataque por parte del equipo contrario, pues será penalizado (Meyer et al., 2021).

Otras características relevantes del rugby subacuático se relacionan con la composición del balón y las dimensiones del campo de juego. De este modo, el balón está relleno de agua salada, lo que le permite mantenerse sumergido durante todo el encuentro, propiedad esencial para el desarrollo del deporte, ya que debe permanecer constantemente bajo el agua. Por su parte, las dimensiones del campo de juego varían entre los doce a veintidós metros de largo, ocho a doce metros de ancho, y una profundidad entre tres y medio a cinco metros. La combinación de estas características compone un deporte de contacto físico intenso, que exige a los jugadores un alto nivel de fuerza, resistencia, velocidad, coordinación y apnea para afrontar las demandas que se presenten en el campo de juego (Lutter et al., 2023).

6.4. HOCKEY SUBACUÁTICO

De acuerdo con la CMAS (s/f-c), el hockey subacuático se originó en 1954 en el reino unido por Alan Blake bajo el nombre de “Octopush”, este surgió como una actividad recreativa por parte de los buzos del Southsea Sub-Aqua Club, los cuales extendieron su práctica hasta que, en 1955 se realizó el primer torneo oficial entre los clubes Southsea, Bournemouth y Brighton, hecho que marcó el inicio formal del deporte. Su práctica se esparció rápidamente hacia Sudáfrica, Canadá, Australia y Filipinas durante las décadas siguientes, adaptándose y consolidándose como una disciplina seria, que evolucionó junto con su equipamiento, sus técnicas y sus reglas, pasando de ser un juego local, a un deporte internacional.

Actualmente, el hockey subacuático es un deporte reconocido por el comité olímpico internacional y regulado por la CMAS. Practicado en más de cuarenta países alrededor del mundo, con equipos conformados por seis jugadores titulares y cuatro suplentes, quienes pueden realizar sustituciones de manera libre en cualquier momento del encuentro. Por su parte, el equipamiento de los jugadores incluye aletas, esnórquel, careta, un guante protector y un palo corto utilizado para impulsar un disco cubierto de plástico por el fondo de una piscina plana, cuya profundidad está entre los dos y cuatro metros, con el objetivo de anotar en la portería del equipo contrario. Este deporte se caracteriza por limitar el contacto físico entre los participantes, ya que, no está permitido empujar tanto de manera suave o brusca, así como también obstaculizar el desplazamiento de los jugadores del equipo rival (Meisenheimer et al., 2023).

6.5. HISTORIA DEL ESNÓRQUEL

La primera referencia a un artefacto similar a lo que hoy conocemos como esnórquel se le atribuye al historiador Heródoto, quien relata como un destacado buceador griego llamado Cyllias, junto a su hija Cyane, logran escapar de Jerjes recorriendo nueve millas completamente bajo el agua. Aunque Heródoto expresó sus dudas acerca de la veracidad de aquel acontecimiento, otros historiadores posteriores a él sugirieron que dicho logro pudo haber sido alcanzado mediante el uso de cañas huecas que permitían obtener oxígeno desde la superficie (Marx, 1990).

De manera similar, (Aristóteles, 350a. C.) menciona en su obra *Partibus Animalium* la existencia de buzos equipados con instrumentos para respirar, los cuales les permitían obtener aire de la superficie y, así permanecer sumergidos en el mar durante largos periodos de tiempo. Esto demuestra que, aunque de manera rudimentaria, el uso de artefactos semejantes al esnórquel se remonta a la antigüedad, convirtiéndose en un elemento más que contribuyó al fortalecimiento de la relación entre el ser humano y el medio acuático.

Más adelante, este artefacto dio lugar a una propuesta más innovadora con los aportes de Leonardo Da Vinci, quien, motivado por la petición de los venecianos, diseñó un dispositivo respiratorio que facilitara a los buceadores realizar ataques estratégicos en la guerra contra Turquía. Da Vinci diseñó un esnórquel notablemente avanzado para su época, el cual, consistía en un casco de cuero conectado a un tubo que emergía a la superficie gracias al soporte de una campana de corcho. Aunque el invento nunca llegó a ser puesto en uso, sirvió de inspiración para futuros desarrollos en el diseño de equipos de buceo (Marx, 1990).

A lo largo del siglo XX surgieron diversas patentes que se aproximaban al diseño del esnórquel moderno, entre ellas destaca la presentada por Girden Barney (1929), denominada Swimming Device (US Patent N. °1845263), que consistía en un tubo de media pulgada de diámetro y dieciocho pulgadas de longitud, con una curvatura final en forma de “U” destinada a impedir que las olas entraran directamente a las vías respiratorias. Si bien no se encontraron registros que hablen sobre su eficiencia, resulta relevante destacar el aporte que representó para la evolución de este dispositivo al ser una de las primeras patentes registradas en estados unidos.

Eventualmente, apareció una versión más moderna de Wilen Charles & Kramarenko Alexandre (1940), denominada Breathing Apparatus For Swimmers (US Patent N. ° 2317236), con un diseño pensado en especial para nadadores subacuáticos y cazadores de peces con arpón, debido a que incorporaba el uso de gafas, tapones nasales y una válvula especial que impedía la entrada de agua en el tubo respirador, ofreciendo así una experiencia más eficiente y cómoda, al permitir la observación continua del fondo marino a la vez que se suple la necesidad de oxígeno, todo esto sin necesidad de sacar la cabeza del agua. De esta manera, la evolución del esnórquel ayudó a que se consolidara como una herramienta esencial, tanto para la exploración subacuática como para el entrenamiento de diversos deportes y actividades natatorias que hoy en día se realizan, mejorando

no solo la comodidad, la seguridad y la eficiencia, sino también, marcando un acontecimiento importante en la relación entre el ser humano y el medio acuático.

6.6. FISIOLÓGÍA RESPIRATORIA

La respiración es un proceso del organismo que permite transferir oxígeno desde la atmósfera hacia las células, así como también eliminar el dióxido de carbono producido por las mismas. Por su parte, la fisiología respiratoria comprende la ventilación pulmonar, el intercambio gaseoso en pulmones y tejidos, el transporte de gases en la sangre, el consumo de oxígeno, la producción de dióxido de carbono, y la regulación del equilibrio ácido-base. Asimismo, el sistema respiratorio interviene en funciones adicionales como el habla, el canto, el uso de instrumentos de viento, la tos, el estornudo y la estabilización del cuerpo (Schäffer, 2011).

Por su parte, el sistema respiratorio puede ser dividido en superior e inferior, en donde el sistema respiratorio superior está compuesto por la cavidad oral, la cavidad nasal, faringe y laringe. Mientras que, el sistema respiratorio inferior se compone por la tráquea, los bronquios principales derecho e izquierdo y todos los pulmones. Sin embargo, sus mayores estructuras son los pulmones, la pleura, la tráquea, los bronquios, bronquiolos y alveolos (Peate, 2018).

La mecánica ventilatoria se divide en dos fases, inhalación y exhalación, reguladas por tres fases neuronales: inspiración, post inspiración y espiración. Durante la inspiración, la actividad neuronal aumenta para superar las fuerzas de retroceso de los pulmones y la pared torácica, mientras los músculos abductores de la laringe se activan para permitir su apertura. En la post inspiración, el movimiento respiratorio se detiene, pero el volumen pulmonar se mantiene debido a una actividad neuronal inspiratoria continua, lo que permite una relajación controlada de los músculos inspiratorios, permitiendo funciones como la vocalización, el habla, el canto, etc. Finalmente, en

la espiración, se libera la energía almacenada en las fuerzas de retroceso del aparato respiratorio, elevando la presión intrapulmonar y permitiendo la expulsión del aire (Schäffer, 2011).

Durante la ventilación, el aire fresco es transportado hacia los alveolos, donde se mezcla con el gas que ya se encuentra presente en el lugar, este fenómeno da lugar a la difusión; un proceso pasivo mediante el cual se intercambia el oxígeno del aire inspirado por el dióxido de carbono proveniente de la sangre, este intercambio gaseoso se fundamenta en la ley de Fick, que establece que la cantidad de gas transferido es proporcional al área de la superficie del pulmón y a la diferencia de presión parcial existente entre ambos lados de la membrana, e inversamente proporcional a su grosor (Dominelli & Sheel, 2024).

Los quimiorreceptores periféricos cumplen un rol importante durante la regulación de la respiración en condiciones de hipoxia, hipercapnia y acidosis, ubicados en los cuerpos carotídeo y aórtico. Estos receptores se encargan de la homeostasis, al contribuir en la estabilización de las presiones parciales de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre, así como la del pH arterial. La detección de cualquiera de estas alteraciones aumenta la frecuencia de activación de dichos receptores, estimulando una respuesta ventilatoria compensatoria en el cuerpo (Schäffer, 2011).

Adicionalmente, los quimiorreceptores centrales cumplen aproximadamente con dos tercios de la respuesta ventilatoria al aumento del dióxido de carbono, cumpliendo además con funciones como la detección de cambios de pH en el líquido cefalorraquídeo y el control mayoritario de la ventilación en condiciones normales, no obstante, Forster & Smith (2010) plantean el funcionamiento de los sistemas como una interacción funcional y estrecha.

Por su parte, (Dominelli & Sheel, 2024), menciona que dichos quimiorreceptores periféricos se encuentran idealmente ubicados para detectar los cambios en la sangre arterial, debido a su cercanía a los capilares pulmonares y su relativo alto flujo sanguíneo.

6.6.1. VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES

De acuerdo con Lutfi (2017), los volúmenes pulmonares se clasifican en dinámicos y estáticos, los cuales se determinan a partir de diferentes grados de inspiración y espiración. Los volúmenes dinámicos dependen de la velocidad del flujo del aire, mientras que los estáticos se subdividen en cuatro volúmenes y cuatro capacidades estándar: volumen corriente, volumen de reserva inspiratorio, volumen de reserva espiratorio, volumen residual, capacidad inspiratoria, capacidad vital, capacidad residual funcional y capacidad pulmonar total.

El volumen corriente corresponde a la cantidad de aire movilizado en una inspiración o espiración en condiciones normales. El volumen de reserva inspiratorio se define como el máximo volumen inspirado a partir del volumen corriente, mientras que el volumen de reserva espiratorio hace referencia al máximo volumen espirado a partir del volumen corriente, y la capacidad inspiratoria corresponde a la capacidad total de gas inspirado después de una espiración corriente, lo que incluye tanto el volumen corriente como el volumen de reserva inspiratorio (Sirene Alfonso & David Lombana, 2022).

El volumen residual se define como la cantidad de aire restante en los pulmones tras una espiración máxima. La capacidad vital corresponde al volumen de aire que puede ser inspirado o espirado entre una inspiración y una espiración máximas. Por su parte, la capacidad funcional residual se refiere al volumen de aire que queda en los pulmones al final de una espiración normal, lo que abarca el volumen de reserva espiratorio y el volumen residual. Finalmente, la capacidad pulmonar

total se entiende como el volumen total de aire en los pulmones tras una inspiración máxima (Neder et al., 1999).

6.6.2. MÚSCULOS ENCARGADOS DE LA RESPIRACIÓN

Los músculos que intervienen en la respiración son diversos, no obstante, el principal responsable de la fase inspiratoria es el diafragma, acompañado por los intercostales externos y el esternocleidomastoideo. Mientras que, los músculos principales de la espiración son los intercostales internos y los músculos abdominales. Adicionalmente, los músculos de las vías aéreas superiores se encargan de asegurar que la vía se encuentre despejada y con poca resistencia al flujo del aire, garantizando de esta manera un flujo ventilatorio eficiente (Dominelli & Sheel, 2024).

No obstante, Peate (2018), plantea que, en condiciones normales, la espiración es un proceso pasivo, dado que se produce a partir de las fuerzas de retroceso generadas en el diafragma y los músculos intercostales externos durante su relajación, ya que, estas estructuras buscan volver a su forma inicial, ocasionando de este modo la expulsión del aire. De esta manera, el autor afirma que los músculos accesorios son aquellos que no son generalmente usados en una respiración normal, por ejemplo: el recto abdominal y los músculos intercostales internos expulsan el aire más allá de una espiración normal. Así también como el esternocleidomastoideo, los músculos escalenos y el pectoral son usados para producir una fuerte y profunda inspiración.

Sin embargo, este mecanismo no funciona así todo el tiempo, ya que, con el aumento progresivo en la intensidad del ejercicio, los músculos accesorios de la respiración comienzan a participar activamente del proceso ventilatorio. Llegando al punto de ser altamente usados en cada respiración cuando el esfuerzo físico está cerca de su nivel máximo (Dominelli & Sheel, 2024).

En síntesis, los músculos involucrados en la respiración se dividen en principales y accesorios. Para la inspiración, los músculos principales son el diafragma y los intercostales externos, mientras que dentro de los accesorios participan los escalenos, el esternocleidomastoideo, el trapecio, el platisma y ciertos músculos laríngeos. Por otra parte, en la espiración intervienen principalmente los intercostales internos y el recto abdominal, siendo sus músculos accesorios los triangulares del esternón. Sin embargo, hay otros músculos accesorios que no juegan un papel tan fundamental, ya que actúan en situaciones muy específicas, estos son: el pectoral mayor, pectoral menor, el subclavio, el dorsal ancho, el serrato anterior, el serrato posterior superior, el serrato posterior inferior, el cuadrado lumbar y el sacro espinal (Koulouris & Dimitroulis, 2001).

6.6.3. DIAFRAGMA

El diafragma es una membrana músculo tendinosa en forma de cúpula o domo que separa la cavidad torácica de la abdominal, está compuesto por tres grupos musculares principales: esternal, costal y lumbar. Así como también un gran tendón central compuesto por tres secciones: izquierda, derecha y central. Este, se encuentra además innervado únicamente por los nervios frénicos izquierdo y derecho, los cuales le proveen la función sensorial y motora (Maish, 2010).

Si bien la función principal del diafragma es la respiración, mediante sus movimientos de contracción y relajación, este músculo también cumple funciones adicionales no relacionadas con la ventilación. Entre ellas se encuentran la separación de las cavidades torácica y abdominal, contribución a la expulsión del vomito, heces y orina a través del incremento de la presión intraabdominal, así como la prevención del reflujo gástrico, al ejercer presión sobre el esfínter esofágico inferior (Maish, 2010).

Su función es tan importante, que, incluso en la ausencia de participación de otros músculos respiratorios, es capaz de mantener la ventilación alveolar tanto en condiciones de reposo como en condiciones de ejercicio suave (Dominelli & Sheel, 2024).

Por su parte, Koulouris & Dimitroulis (2001) indica que la forma del diafragma en estado de reposo corresponde a un cilindro elíptico cubierto por una cúpula, en donde, la sección cilíndrica se ubica frente a la porción interna de la parte inferior de la caja torácica, la cual se denomina zona de aposición del diafragma a la caja torácica. Esta zona de aposición cumple un papel fundamental en la función diafragmática, ya que, al ser el área donde el músculo se une directamente con la pared torácica, esta permite una transmisión más eficiente de la fuerza de contracción a la caja torácica durante la inhalación.

De esta manera, durante la inhalación, el descenso del diafragma debido a su contracción produce una expansión de la cavidad pleural, así como también un desplazamiento de las vísceras abdominales, lo que conlleva a un movimiento hacia afuera de la pared abdominal ventral. En consecuencia, la presión intrapleural baja y si las vías aéreas se encuentran abiertas, se aumenta tanto el volumen pulmonar como la presión abdominal (De Troyer & Boriek, 2011).

6.6.4. MOVILIDAD DIAFRAGMÁTICA

La movilidad del diafragma se da a través de dos movimientos, la contracción y la relajación. De esta manera, cuando el diafragma se contrae, produce la expansión de la cavidad torácica desplazando los órganos abdominales hacia abajo, lo cual reduce la presión intratorácica y permite que entre el aire rápidamente a los pulmones. Por lo tanto, cuando se relaja, produce un retroceso que busca volver el músculo a su forma original, permitiendo que el aire se expulse de forma pasiva desde los pulmones. Además, aunque su movimiento es generalmente dirigido por control

neuronal involuntario desde el sistema nervioso central, este puede ser manejado de manera voluntaria (Maish, 2010).

Por su parte, De Troyer & Boriek (2011) mencionan que, cuando las fibras musculares del diafragma se activan, desarrollan tensión y acortamiento, resultando en la disminución de la longitud axial del diafragma y en el descenso de su cúpula. Sin embargo, el tendón central es una estructura rígida y prácticamente inextensible, por lo que la cúpula del diafragma mantiene su forma durante el descenso.

De acuerdo con Leal et al. (2017), es fundamental evaluar la movilidad del diafragma con el propósito de entender y diagnosticar posibles alteraciones en este musculo, el cual puede verse comprometido por disfunciones en el sistema nervioso periférico o central, así como por enfermedades de origen musculares, torácico o abdominal que puedan generar una reducción de la movilidad o a una parálisis.

Algunos ejemplos de lo anterior son distrofias musculares, daños en el nervio frénico, pacientes que recibieron ventilación mecánica prolongada, pacientes con daño en la medula espinal superior, pacientes con cirugía cardíaca, torácica o abdominal, pacientes con secuelas de poliomielitis, desnutrición y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Grams et al., 2014).

En consecuencia, Leal et al. (2017) señalan que existen diferentes métodos de imagen para evaluar la movilidad diafragmática, tales como: la fluoroscopia, el ultrasonido, la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la radiografía del tórax.

La fluoroscopia ha sido considerada como el Gold Standard y el método más confiable para la medición del movimiento del diafragma durante la respiración espontánea, sin embargo, Grams et al. (2014) resaltan que, a pesar de esto, la fluoroscopia presenta limitaciones importantes, como

que aporta una sola vista del diafragma, cálculos para la corrección y la exposición del paciente a radiación ionizante.

6.6.5. ADAPTACIONES EN LA FISIOLÓGÍA RESPIRATORIA DURANTE EL EJERCICIO

El ejercicio depende de una compleja integración de diversos procesos fisiológicos que involucran al corazón, los pulmones y el musculo esquelético. Asimismo, el transporte de oxígeno y la producción de energía requieren de la integración entre los procesos ventilatorios, circulatorios y metabólicos (McKenzie, 2012).

El inicio de las adaptaciones fisiológicas se da inclusive antes de comenzar la actividad física, ya que solo el hecho de generar patrones de ejercicio en el cerebro es suficiente para incrementar la ventilación. Esto se debe a que la señal enviada por esa área de movimiento va acompañada de una activación paralela a las áreas respiratorias en el cerebro, por lo que la ventilación aumenta sin necesidad de una respuesta de los sensores periféricos (Dominelli & Sheel, 2024).

Posteriormente, a medida que la intensidad del ejercicio aumenta progresivamente, se genera un incremento de forma lineal en el consumo de oxígeno, con el fin de suplir el aumento en la demanda de los músculos activos, de este modo, este proceso continúa produciéndose en el cuerpo hasta que el límite del consumo máximo de oxígeno es alcanzado (Brown & Frontera, 2012).

A manera más detallada, la producción metabólica del dióxido de carbono durante el ejercicio se incrementa en relación con la contracción del musculo esquelético y las vías energéticas implicadas. En respuesta, la ventilación alveolar también aumenta de manera proporcional para mantener la tensión arterial del dióxido de carbono en niveles cercanos al reposo. Sin embargo, cuando la intensidad del ejercicio continúa creciendo, la ventilación aumenta

desproporcionadamente respecto a la demanda metabólica, y a ese punto se le denomina umbral ventilatorio (Dominelli & Sheel, 2024).

Una vez sobrepasados los umbrales ventilatorios y alcanzado el límite del consumo máximo de oxígeno, los deportistas, tienen la capacidad de continuar con la actividad durante un corto periodo de tiempo debido a la contribución de energía de los procesos de los sistemas anaeróbicos, principalmente de la glucólisis, la cual, se encarga de degradar la glucosa para producir la energía suficiente para prolongar la actividad (Brown & Frontera, 2012).

Por otra parte, tal como lo indica McKenzie (2012), cualquier cambio en la resistencia de las vías respiratorias incrementa el trabajo respiratorio, lo cual puede afectar el rendimiento deportivo; debido a esto, durante el ejercicio, ocurren una serie de adaptaciones en las cuales el cuerpo busca mantener la resistencia de las vías respiratorias en niveles normales, así como también, el reclutamiento sistemático de los músculos espiratorios durante el progreso del ejercicio para causar una reducción del volumen pulmonar al final de la espiración.

En respuesta a todos estos cambios, McKenzie (2012) indica que, a pesar de que el flujo respiratorio aumenta, la resistencia en las vías respiratorias se mantiene, lo cual permite un aumento en el volumen corriente, con un cambio mínimo en el trabajo elástico de los músculos respiratorios; dichas adaptaciones producen un incremento de la ventilación alveolar para cubrir las demandas metabólicas, en un esfuerzo por mantener las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en valores normales. En síntesis, estos cambios dentro del sistema respiratorio optimizan la habilidad de transportar oxígeno a los músculos a la vez que minimizan el trabajo respiratorio para mantener dichas funciones.

La importancia de la resistencia en las vías respiratorias puede observarse más claramente en las diferencias anatómicas existentes entre hombres y mujeres, ya que, de acuerdo con Utlu (2021), la evidencia científica reciente indica que los hombres poseen vías aéreas de mayor amplitud en comparación con las mujeres, esta diferencia de tamaño se refleja en una menor capacidad aeróbica frente a los hombres, ya que representa un aumento de la resistencia al flujo aéreo, incrementando de esta manera el trabajo respiratorio y por consiguiente favoreciendo la aparición de la fatiga.

6.7. PRUEBAS DE FUNCIÓN PULMONAR Y MÚSCULOS RESPIRATORIOS

6.7.1. ESPIROMETRÍA

Según Benítez et al. (2016), la espirometría es una prueba de la función respiratoria, que se encarga de evaluar las propiedades mecánicas de la respiración, a partir de la medición de la cantidad máxima de aire que puede ser exhalada a partir de un momento de máxima inspiración. El volumen de aire es medido en función del tiempo, y los principales parámetros fisiológicos que buscan ser obtenidos a través de esta son: capacidad vital forzada, el volumen espiratorio forzado en el primer segundo y el cociente entre estos dos.

El espirómetro fue construido por primera vez en 1844 por Jhon Hutchinson, quien introdujo los conceptos de capacidad vital, volumen corriente, volumen de reserva inspiratoria, volumen de reserva espiratoria y volumen residual. Posteriormente, en 1947, Tiffeneau describió el volumen espiratorio forzado en un segundo. Nueve años más tarde, la Sociedad Británica del Tórax, destacó la importancia de la relación entre el volumen espiratorio forzado en un segundo y la capacidad vital forzada. Estos avances constituyeron un momento fundamental para la eventual estandarización de la técnica espirométrica como hoy en día la conocemos (Rivero, 2019).

Los espirómetros se dividen en dos tipos, de volumen y de flujo. Tal como lo indica Rivero (2019), los de volumen “registran la cantidad de aire que se desplaza a través de la vía aérea en una inhalación o exhalación en un tiempo determinado, obteniendo el volumen directamente y el flujo por diferenciación, lo que permite el registro de la curva de volumen/tiempo al instante.” Estos a su vez, de acuerdo con su mecanismo se dividen en húmedo y secos. Por otra parte, los espirómetros de flujo son los más utilizados actualmente, estos “pueden ser bidireccionales, es decir, registrar flujo espiratorio e inspiratorio. Miden directamente la velocidad del flujo ventilatorio y por integración el volumen a través de un sensor mediante digitalización.”

6.7.2. ULTRASONOGRAFÍA DIAFRAGMÁTICA

La ultrasonografía diafragmática es un método que se vale del posicionamiento de un transductor en lugares específicos del tórax para medir la movilidad del diafragma. En las últimas décadas, este procedimiento ha sido reconocido como una herramienta precisa para determinar disfunciones en el diafragma, además de que demostró ser un método rápido, práctico y fácil de realizar en hospitales, clínicas y protocolos de investigación. No obstante, la ultrasonografía presenta ciertas limitaciones, como la dificultad de visualizar directamente el diafragma y diversas dificultades metodológicas asociadas al posicionamiento del transductor, las cuales pueden afectar la precisión en la medición de la movilidad diafragmática (Grams et al., 2014).

A pesar de ser una medición indirecta de la movilidad del diafragma, Grams et al. (2014) destacan que este método puede ser utilizado para hacer un seguimiento a corto y largo plazo de los pacientes que participan de un tratamiento clínico o fisioterapéutico, ya que su procedimiento no somete el cuerpo a la radiación.

6.7.3. PIMAX Y PEMAX

Los términos PIMAX y PEMAX, hacen referencia a las presiones inspiratorias y espiratorias máximas respectivamente, las cuales son utilizadas habitualmente para medir la fuerza de los músculos respiratorios a través de procedimientos estándar de medición. Sin embargo Souto-Miranda et al. (2021), están de acuerdo con que aún no hay un consenso general sobre qué valores usar como límite para identificar una debilidad muscular.

la presión inspiratoria máxima se encarga de evaluar principalmente la fuerza diafragmática, a través de una medición en la cual el paciente debe generar una presión inspiratoria máxima a partir del volumen residual, es decir, después de haber realizado una espiración máxima. Asimismo, la presión espiratoria máxima se encarga de evaluar la fuerza de los músculos intercostales y abdominales, generando una presión espiratoria máxima a partir de la capacidad pulmonar total, es decir después de haber realizado una inspiración máxima. Esta medición se debe realizar contra un equipo ocluido (Mora et al., 2014).

Por su parte, de acuerdo con Souto-Miranda et al. (2021), los valores absolutos para la presión inspiratoria máxima que están usando actualmente para identificar debilidades musculares son, por debajo de $-60\text{cmH}_2\text{O}$ en hombres y por debajo de $-40\text{cmH}_2\text{O}$ en mujeres. Sin embargo, estos valores están influenciados por otras características como la edad y la estatura. Por lo tanto, el autor afirma que una manera más adecuada para calcular la fuerza de los músculos respiratorios es a través de ecuaciones predictivas de PIMAX y PEMAX.

6.8. VO2 MAX

El VO2 Max es el máximo consumo de oxígeno que una persona puede alcanzar durante un ejercicio de máxima intensidad, y su valor no cambia a pesar del aumento de la carga de trabajo a

lo largo del tiempo. Este ha sido catalogado por la Organización Mundial de la Salud como el mejor indicador de fitness cardio respiratorio y se expresa en litros/minuto en su valor absoluto, o en mililitros/kg/min como VO2 Max relativo. Este indicador puede ser evaluado usando test máximos o sub máximos, así como por métodos directos o indirectos. Las pruebas más usadas son en caminata, corriendo, sobre una bicicleta o en un step (Kour Buttar et al., 2019).

De acuerdo con McKenzie (2012), el VO2 Max constituye no solo un indicador esencial del fitness cardio respiratorio, sino también una importante contribución al rendimiento de resistencia. El factor que más incide en este indicador es el transporte de oxígeno hacia el músculo que se encuentra trabajando. En ese sentido, si el contenido de oxígeno en la sangre arterial aumenta, el oxígeno adicional provocará cambios en el VO2 Max y por lo tanto en el rendimiento de resistencia.

Actualmente, el VO2 Max se reconoce como el Gold Standard para valorar la capacidad de rendimiento físico, pues ha sido ampliamente utilizado en la investigación clínica y, es empleado en la evaluación tanto de atletas de élite como en el estudio de poblaciones con condiciones patológicas severas. De este modo, personas con un bajo nivel de VO2 Max se asocian con una mayor mortalidad prematura y desarrollo de enfermedades crónicas, mientras que, personas con un alto nivel de VO2 Max se relacionan con un menor riesgo de padecer enfermedades coronarias, enfermedades crónicas y con menor mortalidad en general (Kour Buttar et al., 2019).

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

Recopilar información sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los estudios científicos que evalúen los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático.
- Mapear la información disponible a través de las bases de datos científicas seleccionadas sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático.
- Sintetizar la información encontrada en las diferentes bases de datos científicas sobre, los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático.

8. METODOLOGÍA

8.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo cualitativo, con un enfoque exploratorio, dado que busca identificar y sintetizar la evidencia científica existente sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático.

8.2. DISEÑO METODOLÓGICO

Se utilizó un diseño metodológico de revisión exploratoria con el fin de mapear y sintetizar la literatura científica disponible (Peters et al., 2022) sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático. Además, se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA-ScR y la metodología del Instituto Joanna Briggs (JBI)

8.3. PROCEDIMIENTO

Esta investigación realizó una revisión de la literatura, donde se seleccionaron diversos artículos almacenados en las bases de datos, a los cuales se accedió desde los recursos digitales de la Universidad del Valle, tales como: Pubmed, SportDiscus (Ebsco), Springer Nature Link, Web Of Science – WOS, Redalyc, ScienceDirect (Elsevier), Ovid, Scopus (Elsevier), Cochrane Library, repositorio de literatura gris Google Scholar.

La búsqueda se realizó utilizando las palabras clave: swimmer, finswimmer, underwater hockey, underwater rugby, finswimming, swimming, snorkel, breathing tube, diving snorkel, vital capacity, forced expiratory volume, maximal voluntary ventilation, forced expiratory volume in

the first second, maximal respiratory pressures, oxygen consumption, maximum oxygen consumption, VO2 max, diaphragm, diaphragmatic mobility, thorax, thoracic expansion, chest expansion, respiration, work of breathing.

Además, se usaron diferentes combinaciones de palabras clave y operadores booleanos AND, OR.

Los pasos seguidos para llevar a cabo la investigación fueron los siguientes:

- I. Búsqueda de información en las bases de datos.
- II. Lectura de título y resumen de los artículos encontrados para revisar si cumplía con los criterios de inclusión (Ver tabla 1).
- III. Lectura completa de los artículos que cumplieran con los criterios de inclusión.
- IV. Los estudios encontrados se clasificaron en una tabla de registro de Excel que contiene los siguientes ítems: Título del artículo, autor, año de publicación, tipo de artículo, palabras claves en el resumen, participantes del estudio, periodo de estudio, objetivos del estudio, resultados y variables evaluadas.
- V. Se revisaron los artículos incluidos en la tabla de Excel para determinar su relación frente a la pregunta de investigación.

Tabla 1. *Criterios de inclusión y exclusión.*

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
❖ Idiomas: español o inglés.	❖ Fecha de publicación. Artículos publicados antes del año 2010
❖ Fecha de publicación. Artículos publicados entre el año 2010 y 2025.	❖ Revisiones sistemáticas y metaanálisis

❖ Artículos de investigación realizados en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático.	❖ Artículos que no abarquen los efectos del uso del esnórquel en la función respiratoria o diafragmática
---	--

Fuente. Elaboración propia.

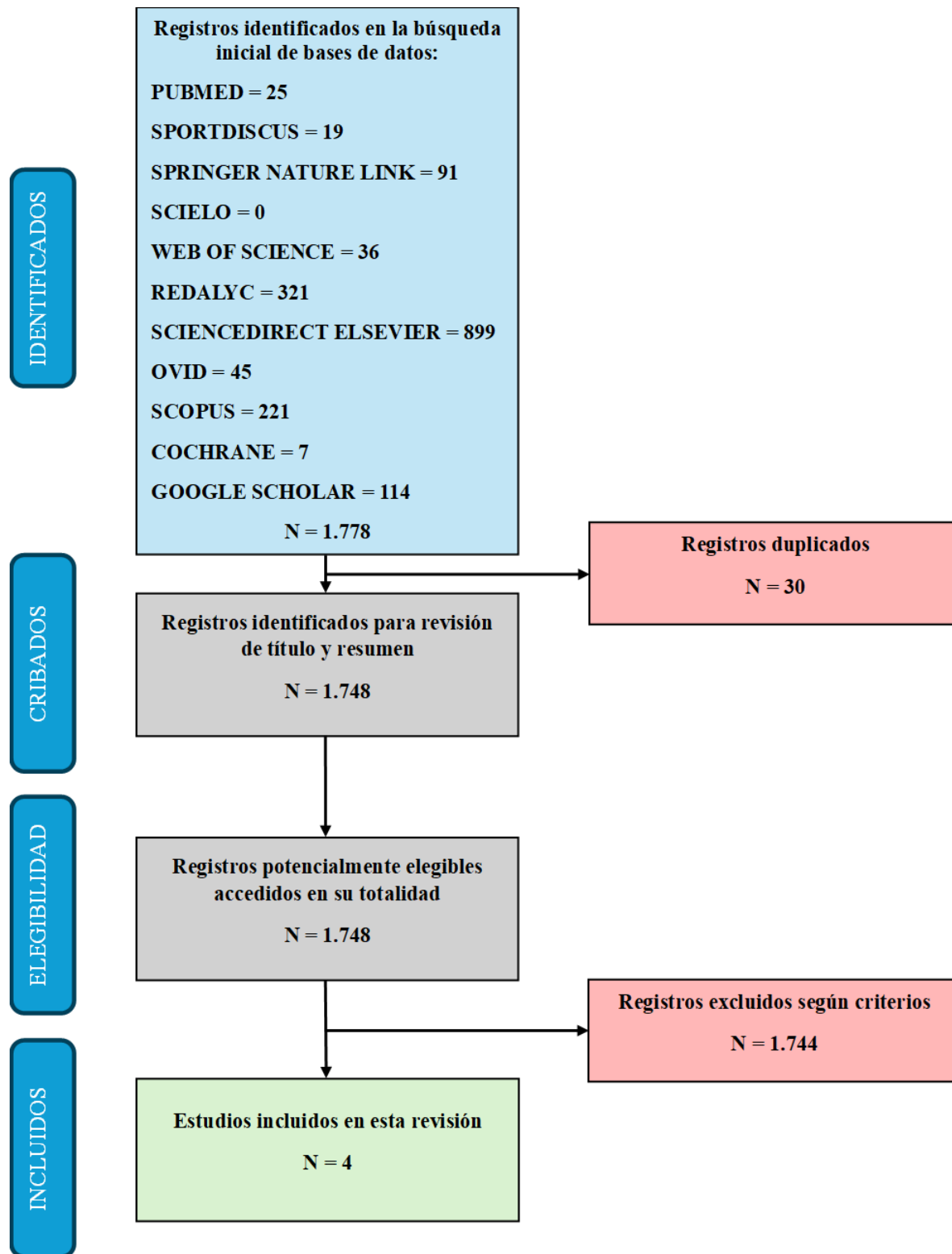
8.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

A continuación, se sintetizaron los resultados y se presentó una visión general de la evidencia actual acerca de los efectos fisiológicos del uso del esnórquel sobre la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas rugby y hockey subacuático.

9. RESULTADOS

La búsqueda en las bases de datos arrojó un total de 1778 resultados, de los cuales se descartaron inmediatamente 30 artículos duplicados entre las diferentes bases de datos, lo que dejó un total de 1748 registros identificados para la revisión de título y resumen. Tras la revisión de los registros potencialmente elegibles accedidos en su totalidad, se seleccionaron finalmente cuatro artículos que cumplieran con todos los criterios de inclusión para su lectura completa. Figura 1.

Figura 1. Diagrama de flujo, modelo adaptado de Tricco et al. (2018)



Fuente. Elaboración propia.

Posteriormente se evaluó su relación respecto a la pregunta de investigación. En la tabla 2, se registraron las características generales de los artículos analizados en su totalidad.

Tabla 2. *Información general de estudios recolectados*

TÍTULO	AUTOR	AÑO	TIPO	DURACIÓN DE INTERVENCIÓN DEL ESTUDIO
Exercise-induced laryngeal obstruction in a competitive swimmer associated with the use of a snorkel	Ohtani et al	2025	Informe de caso	Se tomaron datos espirométricos en laboratorio con una separación de 1 año entre ellos. así como también una laringoscopia continua durante el ejercicio
Breathing through a diving snorkel; theory and experiment of air flow resistance and cost of breathing	Schellart, N	2021	Artículo de investigación	ventilación voluntaria máxima en 12 segundos con y sin esnórquel
Effects of Swimming with Added Respiratory Dead Space on Cardiorespiratory Fitness and Lipid Metabolism	Szczepan et al	2020	Artículo de investigación	50 min crol al 60% dos veces a la semana, durante 6 semanas consecutivas
Influence of a six-week swimming training with added respiratory dead space on respiratory muscle strength and pulmonary function in recreational swimmers	Szczepan et al	2020	Artículo de investigación	50 min crol al 60% dos veces a la semana, durante 6 semanas consecutivas

Fuente. Elaboración propia.

Tras la lectura completa de los artículos se pudo determinar que: dos artículos del mismo autor investigaban los efectos de nadar con un aumento del espacio muerto respiratorio muy superior al

de un esnórquel (Szczepan, Michalik, et al., 2020) (Szczepan, Danek, et al., 2020), uno es un informe de caso que investiga la susceptibilidad de una nadadora joven de desarrollar una obstrucción laríngea inducida por ejercicio a través del esnórquel (Ohtani et al., 2025). Finalmente, un artículo cumplía con todos los criterios de inclusión, y además tenía relación con la pregunta de investigación, ya que, buscaba medir de manera indirecta el efecto del esnórquel en la resistencia del flujo aéreo y el costo energético respiratorio (Schellart, 2021a). A continuación, se presentan la tabla 3, donde se muestra la información detallada de la población y la tabla 4, donde se registra la información detallada de los objetivos, las variables medidas y resultados de los estudios.

Tabla 3. *Información sobre la población*

TITULO	POBLACIÓN	EDAD	ALTURA (cm)	PESO (kg)
Exercise-induced laryngeal obstruction in a competitive swimmer associated with the use of a snorkel	Nadadora competitiva n = 1	13	160.4	55
Breathing through a diving snorkel; theory and experiment of air flow resistance and cost of breathing	Nadadores con experiencia en buceo con esnórquel (13 hombres, 6 mujeres) n = 19	29 - 61	170 – 188	22.3 – 27.7 IMC
Effects of Swimming with Added Respiratory Dead Space on Cardiorespiratory Fitness and Lipid Metabolism	Estudiantes de educación física, n = 22	20 – 28	164 – 182	56.8 – 83.1
Influence of a six-week swimming training with added respiratory dead space on respiratory muscle strength and pulmonary function	Personas saludables físicamente activas (11 hombres, 11	20 – 28	164 – 182	56.8 – 83.1

in recreational swimmers	mujeres)			
	N = 22			

Fuente. Elaboración propia. cm: centímetros kg: kilogramos IMC: índice de masa corporal.

Tabla 4. *Objetivos, variables y resultados de los estudios recolectado*

TITULO	OBJETIVO	VARIABLES	RESULTADOS
Exercise-Induced Laryngeal Obstruction (EILO) in a competitive swimmer associated with the use of a snorkel	Examinar el caso de una nadadora que desarrolló obstrucción laríngea inducida por el ejercicio asociada al uso del esnórquel	Capacidad vital forzada, capacidad inspiratoria, observación laríngea y cuestionario de disfunción de cuerdas vocales	El esnórquel con alta resistencia inspiratoria, aumento la presión y la velocidad del flujo aéreo laríngeo, favoreciendo su obstrucción. Sin embargo, el caso sugiere que los jóvenes atletas y en especial las nadadoras adolescentes, pueden ser susceptibles al EILO cuando usan esnórqueles de alta resistencia con una frecuencia y duración excesiva.
Breathing through a diving snorkel; theory and experiment of air flow resistance and cost of breathing	Medir y modelar indirectamente el efecto del esnórquel en la resistencia del flujo aéreo y el costo respiratorio	Ventilación voluntaria máxima en 12 segundos, resistencia al flujo respiratorio con y sin esnórquel, costo mecánico total de la respiración y percepción de resistencia	Leve aumento de la resistencia respiratoria, por lo que no incrementa de manera significativa el costo mecánico de la respiración y no genera hipercapnia
Effects of Swimming with Added Respiratory Dead Space (ARDS) on	Investigar los efectos circulatorios, respiratorios y metabólicos de la	consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono, ventilación por	No mejoró la condición cardiorrespiratoria ni el metabolismo de

Cardiorespiratory Fitness and Lipid Metabolism	hipercapnia inducida por un espacio respiratorio muerto a través de un tubo de 1000ml durante la práctica de natación moderada	minuto, cociente de intercambio respiratorio, frecuencia cardíaca, índice de masa corporal, masa grasa, masa magra y concentración de glucógeno	lípidos en nadadores recreativos
Influence of a six-week swimming training with Added Respiratory Dead Space (ARDS) on respiratory muscle strength and pulmonary function in recreational swimmers	Investigar los efectos de un programa de entrenamiento de seis semanas con la intervención de un espacio respiratorio muerto a través de un tubo de 1000ml, en la fuerza muscular respiratoria y la función pulmonar en nadadores recreativos	PI _{max} , PE _{max} , capacidad vital forzada, volumen espiratorio forzado en el primer segundo, flujo espiratorio máximo, flujo inspiratorio máximo, VO ₂ Max, ventilación por minuto, frecuencia respiratoria, volumen corriente, duración total del ciclo inspiratorio, duración total del ciclo espiratorio, duración total del ciclo respiratorio y ritmo cardíaco	No cambió significativamente la fuerza de los músculos respiratorios o los parámetros espirométricos evaluados. Únicamente se evidenció un aumento en el volumen corriente máximo de 5.5% en los nadadores que usaron el ARDS.

Fuente. Elaboración propia. ml = Mililitros, PI_{max} = Presión inspiratoria máxima, PE_{max} = Presión espiratoria máxima, VO₂ Max = Consumo máximo de oxígeno

10. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión exploratoria fue identificar, mapear y sintetizar la literatura disponible sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel sobre la función respiratoria y diafragmática en deportistas de natación clásica, con aletas, rugby y hockey subacuático. La evidencia encontrada resulto escasa y dispersa, con estudios que abarcan poblaciones heterogéneas, desde personas saludables físicamente activas (Szczepan, Danek, et al., 2020) y estudiantes de educación física (Szczepan, Michalik, et al., 2020) hasta nadadores con experiencia en buceo con esnórquel (Schellart, 2021a) y una deportista de nivel competitivo (Ohtani et al., 2025). A pesar de los filtros aplicados, este panorama sugiere que el campo de investigación continúa centrado principalmente en la literatura general de los deportes acuáticos, con una representación limitada de las disciplinas subacuáticas.

Algunas de las variables medidas entre los cuatro estudios incluidos fueron, la ventilación voluntaria máxima, la capacidad vital forzada, el consumo de oxígeno, cociente de intercambio respiratorio, VO₂ Máximo, presiones respiratorias máximas, volumen corriente y ventilación por minuto (Ohtani et al., 2025)(Szczepan, Danek, et al., 2020)(Szczepan, Michalik, et al., 2020)(Schellart, 2021a). No obstante, estas variables no fueron consistentes entre los estudios, es decir que no se encontró que predominara alguna para la evaluación de los efectos del esnórquel sobre la función respiratoria. Por lo tanto, existe una ausencia notable de estudios que evalúen estas y otras variables potencialmente relevantes para la valoración de las funciones respiratorias, como la movilidad diafragmática, la cual resulta fundamental para comprender posibles alteraciones o efectos en el principal musculo respiratorio (Leal et al., 2017).

De forma general, también se identificó un vacío en la literatura científica alrededor de los efectos del uso del esnórquel, lo que confirma que se trata de un campo poco explorado, en donde si bien es comúnmente empleado en distintas disciplinas subacuáticas (Meyer et al., 2021)(Meisenheimer et al., 2023) y, también para mejorar la posición del cuerpo al nadar (Schellart, 2021b); este está ligado a la percepción de un sustancial aumento de la resistencia respiratoria (Schellart, 2021a), lo cual, sumado a la falta de información sobre sus efectos en la función respiratoria y métodos estandarizados para su evaluación, limitan la capacidad de establecer recomendaciones precisas sobre el volumen o intensidad óptimos para su uso.

Este estudio contó con una amplia búsqueda en diferentes bases de datos, así como también la inclusión de múltiples disciplinas acuáticas y variables fisiológicas, lo que permitió un mapeo amplio del estado actual del conocimiento. No obstante, se presentaron algunas limitaciones en esta revisión exploratoria, entre ellas el número de idiomas incluidos en la búsqueda y la falta de homogeneidad en los mecanismos de búsqueda entre las diferentes bases de datos, factores que pudieron influir en la cantidad de estudios encontrados, la calidad de los filtros aplicados y la efectividad del lenguaje controlado empleado.

11. CONCLUSIONES

Esta revisión exploratoria provee un panorama general de la literatura disponible sobre los efectos fisiológicos del uso del esnórquel en la función respiratoria de deportistas de diferentes disciplinas acuáticas, identificando los vacíos y necesidades en la investigación actual del campo.

En términos generales, la evidencia hallada en esta revisión sugiere que, durante entrenamientos moderados, el uso del esnórquel puede generar un leve aumento en la resistencia respiratoria, sin embargo, no es suficiente para producir cambios significativos en el costo mecánico de la respiración, en la condición cardiorrespiratoria, ni en la fuerza de los músculos respiratorios. Adicionalmente, la literatura encontrada continúa siendo dispersa y limitada, con poblaciones heterogéneas y una escasa representación en deportes subacuáticos, además de mediciones espirométricas poco consistentes entre estudios, lo que manifiesta una carencia de métodos estandarizados para su evaluación y de evidencia sobre sus efectos en la fisiología respiratoria, lo que conlleva a una limitación para establecer recomendaciones precisas sobre el volumen o intensidad apropiados para su uso.

Entre las limitaciones de esta revisión se encuentran la selección de idiomas y la falta de homogeneidad en los mecanismos de búsqueda debido a las propias limitaciones de las diferentes interfases de las bases de datos consultadas. Para futuras investigaciones se recomienda ampliar el alcance temático, aumentando los factores de intervención que, al igual que el esnórquel, aumenten el espacio muerto respiratorio. Esto podría aportar de manera indirecta a una mejor comprensión y a una estandarización de los efectos fisiológicos y la evaluación del uso de este tipo de implemento deportivo.

Finalmente, los resultados reflejan la necesidad de fortalecer la literatura científica sobre el uso del esnórquel para comprender de manera más precisa sus efectos, y guiar de manera controlada su aplicación en entrenamientos deportivos y su evaluación.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aristóteles. (350a. C.). *Partibus Animalium*.
- Belloch, S., & Pérez, P. (2011). HISTORIA DE LA NATACIÓN I: DESDE LA PREHISTORIA HASTA LA EDAD MEDIA. *Citius*, 4(2), 51–83. <http://www.asociaciondia.org/prensa/ver-nota.aspx?id=27>
- Benítez, R., Torre-Bouscoulet, L., Villca-Alá, N., Francisco Del-Río-Hidalgo, R., Pérez-Padilla, R., Carlos Vázquez-García, J., Silva-Cerón, M., Cid-Juárez, S., & Gochicoa-Rangel, L. (2016). Espirometría: recomendaciones y procedimiento. En *Revisión Neumol Cir Torax* (Vol. 75, Número 2). www.medigraphic.org.mx
- Brown, A., & Frontera, W. (2012). Principles of exercise physiology: Responses to acute exercise and long-term adaptations to training. *PM and R*, 4(11), 797–804. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.10.007>
- Chero, S., Diaz, R., Sanchez, M., Diaz, Y., Tito, L., & Cieza, L. (2017). *Valoración de la fuerza muscular respiratoria en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y en personas saludables*.
- CMAS. (s/f-a). *About Underwater Hockey*. Recuperado el 11 de enero de 2026, de <https://archives.cmas.org/hockey/about-hockey>
- CMAS. (s/f-b). *Finswimming History*. Recuperado el 25 de agosto de 2025, de <https://www.cmas.org/finswimming/fun-facts.html>
- CMAS. (s/f-c). *Fun Facts Underwater Hockey*. Recuperado el 22 de octubre de 2025, de <https://www.cmas.org/hockey/fun-facts.html>
- CMAS. (s/f-d). *Fun Facts Underwater Rugby*. Recuperado el 22 de octubre de 2025, de <https://www.cmas.org/rugby/fun-facts.html>
- De Troyer, A., & Boriek, A. M. (2011). Mechanics of the respiratory muscles. *Comprehensive Physiology*, 1(3), 1273–1300. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100009>
- Dominelli, P. B., & Sheel, A. W. (2024). The pulmonary physiology of exercise. *Advances in Physiology Education*, 48(2), 238–251. <https://doi.org/10.1152/advan.00067.2023>
- Forster, H., & Smith, C. (2010). Contributions of central and peripheral chemoreceptors to the ventilatory response to CO₂/h⁺. En *Journal of Applied Physiology* (Vol. 108, Número 4, pp. 989–994). <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01059.2009>
- Girden Barney. (1929). *Swimming Device* (Patent 1845263).
- Grams, S. T., von Saltiel, R., Mayer, A. F., Schivinski, C. I. S., Luiz, L. F., Nóbrega, I. S., Jacomino, M. E. M. L. P., & Paulin, E. (2014). Assessment of the reproducibility of the indirect ultrasound method of measuring diaphragm mobility. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(1), 18–25. <https://doi.org/10.1111/cpf.12058>
- Hadiansyah, M. C., Hartono, A. S., Kholifah, S., Prakoso, B. W., Ardiansyah, F. N., & Billiandri, B. (2022). *The Benefits of Swimming on the Lungs Vital Capacity*. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/smcj/indexSMCJ1>
- Koulouris, N. G., & Dimitroulis, I. (2001). *Structure and function of the respiratory muscles*.
- Kour Buttar, K., Saboo, N., & Kacker, S. (2019). *A review: Maximal oxygen uptake (VO₂ max) and its estimation methods*. <https://www.researchgate.net/publication/344122808>
- Leal, B. E., Gonçalves, M. A., Lisboa, L. G., Linné, L. M. S., de Souza Tavares, M. G., Yamaguti, W. P., & Paulin, E. (2017). Validity and reliability of fluoroscopy for digital radiography: A new way to evaluate diaphragmatic mobility. *BMC Pulmonary Medicine*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12890-017-0402-x>

- Lutfi, M. F. (2017). The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements. En *Multidisciplinary Respiratory Medicine* (Vol. 12, Número 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s40248-017-0084-5>
- Lutter, C., Gräber, S., Jones, G., Groß, J., Tadda, L., & Tischer, T. (2023). Epidemiology of Acute and Overuse Injuries in Underwater Rugby. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(8). <https://doi.org/10.1177/23259671231181582>
- Maish, M. S. (2010). The diaphragm. En *Surgical Clinics of North America* (Vol. 90, Número 5, pp. 955–968). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2010.07.005>
- Martín, J., Bobo, P., & Recio, M. del M. (2020). *Diseño de un complemento deportivo versátil destinado al entrenamiento de natación en piscinas*.
- Marx, R. (1990). *The history of underwater exploration* (First edition). Dover publications.
- McKenzie, D. C. (2012). Respiratory physiology: Adaptations to high-level exercise. En *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 46, Número 6, pp. 381–384). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090824>
- Meisenheimer, L., Meisenheimer, J., & Meisenheimer, J. A. (2023). Measured Submersion Times in Underwater Hockey Are Inconsistent With Its Classification as an Extreme Apneic Sport. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.41816>
- Meyer, H. L., Minnemann, F., Polan, C., Burggraf, M., Dudda, M., & Kauter, M. D. (2021). Injuries in underwater rugby: A retrospective cross-sectional epidemiological study. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 51(3), 282–287. <https://doi.org/10.28920/dhm51.3.282-287>
- Mora, J., Gochicoa-Rangel, L., Guerrero-Zúñiga, S., Cid-Juárez, S., Silva-Cerón, M., Salas-Escamilla, I., & Torre-Bouscoulet, L. (2014). Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. En *Revisión Neumol Cir Torax* (Vol. 73, Número 4). www.medigraphic.org.mx
- Neder, J. A., Andreoni, S., Castelo-Filho, A., & Nery, L. E. (1999). Reference values for lung function test. En *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* (Vol. 32, Número 6).
- Nicoară, R., Nuț, R. A., & Monea, D. (2024). Development of respiratory function through swimming and apnea exercises in the pool. *Health, Sports & Rehabilitation Medicine*, 25(3), 132–137. <https://doi.org/10.26659/pm3.2024.25.3.132>
- Ohtani, M., Kono, M., Tamagawa, S., Miyamoto, M., Kouda, K., & Hotomi, M. (2025). Exercise-induced laryngeal obstruction in a competitive swimmer associated with the use of a snorkel. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2025.04.001>
- PADI. (s/f). *Tubo respirador (snorkel)*. Recuperado el 13 de abril de 2025, de <https://www.padi.com/es/equipo/tubo>
- Peate, I. (2018). CLINICAL I Human body Anatomy and physiology, 10. The respiratory system. En *British Journal of Healthcare Assistants* (Vol. 12, Número 4).
- Peters, M. D. J., Godfrey, C., McInerney, P., Khalil, H., Larsen, P., Marnie, C., Pollock, D., Tricco, A. C., & Munn, Z. (2022). Best practice guidance and reporting items for the development of scoping review protocols. *JBIM Evidence Synthesis*, 20(4), 953–968. <https://doi.org/10.11124/JBIES-21-00242>
- Rivero, D. (2019). Spirometry: Basic concepts. *Revista Alergia Mexico*, 66(1), 76–84. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i1.536>
- Schäffer, T. (2011). Respiratory physiology in sleep and wakefulness. En *Handbook of*

- Clinical Neurology* (Vol. 98, Número C). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52006-7.00024-1>
- Schellart, N. A. M. (2021a). *BREATHING THROUGH A DIVING SNORKEL; THEORY AND EXPERIMENT OF AIR FLOW RESISTANCE AND COST OF BREATHING* (Vol. 48, Número 1).
- Schellart, N. A. M. (2021b). *Swim performance with and without snorkel and the underlying energetic differences* (Vol. 48).
- Sirene Alfonso, K. M., & David Lombana, J. O. (2022). *LABORATORIO TÉCNICA ESPIROGRÁFICA*.
- Šoštarić, V. (2015). *Plivanje perajama (natación con aletas)*. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:662602>
- Souto-Miranda, S., Jácome, C., Alves, A., Machado, A., Paixão, C., Oliveira, A., & Marques, A. (2021). Predictive equations of maximum respiratory mouth pressures: A systematic review. En *Pulmonology* (Vol. 27, Número 3, pp. 219–239). Elsevier Espana S.L.U. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.03.003>
- Szczepan, S., Danek, N., Michalik, K., Wróblewska, Z., & Zatoń, K. (2020). Influence of a six-week swimming training with added respiratory dead space on respiratory muscle strength and pulmonary function in recreational swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165743>
- Szczepan, S., Michalik, K., Borkowski, J., & Zatoń, K. (2020). Effects of Swimming with Added Respiratory Dead Space on Cardiorespiratory Fitness and Lipid Metabolism. En *Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 19). <http://www.jssm.org>
- Tan, M., Liang, Y., Lv, W., Ren, H., & Cai, Q. (2023). The effects of inspiratory muscle training on swimming performance: A study on the cohort of swimming specialization students. *Physiology and Behavior*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114347>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K., Colquhoun, H., Levac, D., & et al. (2018). *PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation*. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Utlu, D. (2021). *Functional Exercise Anatomy and Physiology for Physiotherapists*.
- Vasile, L., Balan, V., Gheorghe, N., Matei, C., Mujea, A. M., Ticala, L., Radulescu, A., Branet, C., & Onoiu, C. (2023). A ludic history of swimming – a systematic review. *Discobolul – Physical Education, Sport and Kinetotherapy Journal*, 189–207. <https://doi.org/10.35189/dpeskj.2023.62.2.7>
- Wilén Charles, & Kramarenko Alexandre. (1940). *Breathing Apparatus For Swimmers* (Patent 2317236).