



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Entrenamiento de la musculatura respiratoria para  
prevención en buceadores

breath muscle train prevention on divers

Autor/es

**Marie GALLUS**

Director/es

**JOSE MIGUEL TRICAS MORENO**

Facultad de Ciencias de la Salud

2022/2023

# **INDICE**

## Contenido

INDICE.....	2
ABREVIATURAS.....	3
RESUMEN.....	4
INTRODUCCION.....	5
METODOLOGIA.....	7
Diseño del estudio .....	7
criterios de inclusión.....	7
criterios de exclusión.....	7
Búsqueda Bibliográfica.....	7
<i>TABLA1: BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA</i> .....	7
selección de estudios.....	9
evaluación de la calidad de los estudios.....	11
<i>TABLA3: RESUMEN ESCALA PEDRO</i> .....	11
RESULTADOS.....	12
<i>TABLA4: CARACTERITICAS DE LOS ARTICULOS</i> .....	12
<i>TABLA5: VARIABLES ANALIZADAS</i> .....	13
<i>TABLA6: INTERVENCIONES</i> .....	13
DISCUSION .....	14
PROTOCOLO .....	16
CONCLUSION.....	17
BIBLIOGRAFIA.....	18

## **ABREVIATURAS**

PIM: Presión inspiratoria máxima.

PEM: Presión espiratoria máxima

IMT: trabajo musculatura inspiratoria

RMT: Trabajo musculatura respiratoria

EMT: trabajo musculatura espiratoria

DLCO: Diffusing capacity for lung carbon monoxide (Capacidad de difusión pulmonar del monóxido de carbono)

CVF: Capacidad vital forzada

LA: LACTATO

RPE:(rate of perceived exertion) o Índice de Esfuerzo

FEV1: Forced expiratory volume (Volumen espiratorio forzado)

PO:Presión osmótica

SCUBA:Self-Contained Underwater Breathing Apparatus (Aparato autónomo para respirar bajo el agua en español)

PwB:PowerBreath

## **RESUMEN**

**INTRODUCCIÓN:** El buceo es una actividad con cada vez más participantes, pero esa misma tiene riesgos en la fisiología del cuerpo humano de las cuales las consecuencias pueden ser fatales. Uno de esos factores de riesgos está relacionado al sistema respiratorio en gran parte por fatiga muscular.

**OBJETIVO:** Comprobar la eficacia del entrenamiento de la musculatura respiratoria en la prevención de complicaciones en pacientes que practican buceo.

**MÉTODOS:** Se realizó una revisión de revisiones siguiendo los criterios establecidos en la declaración PRISMA. Se realizó una búsqueda bibliográfica enfocándose en las siguientes bases de datos: PubMed y ScienceDirect

**RESULTADOS:** De los 3106 resultados encontrados 5 cumplieron los criterios de inclusión. Todos evaluando capacidades pulmonares y proponiendo un programa de entrenamiento de la musculatura respiratoria.

**CONCLUSIONES:** La literatura científica analizada expone que el trabajo de la musculatura respiratoria es eficaz para las capacidades pulmonares demostrando mejoría en la fuerza, funcionalidad y resistencia de aquella. Otras ventajas decedentes se pudieron apreciar.

**PALABRAS CLAVE:** "scuba diving", "prevention", "muscle respiratory", "train", "sport" y "breath"

## **INTRODUCCION**

En el buceo profundo se emplea la escafandra autónoma (SCUBA)(1). Es una actividad de ocio conocida en el mundo entero que cada vez tiene mayor popularidad, sobre todo en aguas tropicales. Pero la evidencia científica sobre la prevención de complicaciones respiratorias en individuos que bucean es escasa. (1-6)

Un estudio en Alemania ha registrado 319 accidentes durante la práctica de buceo en el periodo 6 años, de los cuales 37 fueron mortales. Siempre se debe recordar que el buceo puede ser peligroso incluso a baja profundidad(3,7,8).

A la hora de bucear se somete el cuerpo a un estrés fisiológico y/o mental que además puede variar en función de los cambios ambientales imprevistos como las corrientes, las olas y los animales marinos entre otros.(1,5,6,9,10)

Con la práctica del buceo se puede encontrar problemas causados por la presión bajo el agua. (2,5)La presión aumenta de forma lineal con la profundidad, por lo que cada 10 metros de inmersión equivale a un aumento de 10 bares según la ley de Boyle. Este fenómeno reduce el volumen de aire en los pulmones a la mitad.(3)

Estos factores de riesgo facilitan la aparición de baro trauma del oído y de los senos nasales, la necrosis de nitrógeno, también llamada éxtasis de las profundidades y enfermedades coronarias. En efecto, la inmersión aumenta el retorno venoso al corazón, lo que aumenta los riesgos de baro trauma pulmonar y cardiaco(2,3). Debido al aumento de la presión intratorácica y la presión ambiental se puede causar neumotórax, enfisema mediastínico, embolia gaseosa entre otras afectaciones(3-6,9,10). Además, el aire comprimido es muy seco y se humedece durante la respiración con lo cual el buceador pierde líquido en la espiración. La diferencia de volumen absoluto altera las propiedades biológicas de la sangre y promueve el desarrollo de enfermedades por descompresión(1-3,11,12). La enfermedad de descompresión tiene distintas variaciones, pero es la complicación típica de los accidentes de buceo se debe generalmente al nitrógeno que emerge de una solución en la sangre o en los tejidos sólidos durante la fase de ascenso. Si se escapa más gas de la solución del que se debe exhalar se forman burbujas de gas nitrógeno. En pequeñas cantidades suelen ser eliminadas a través de los pulmones sin problemas, pero cuando la cantidad disuelta de nitrógeno excede un valor crítico, las burbujas aumentan y producen consecuencias patológicas. (3,6,10,13)

El buceo es una actividad donde la respiración es forzada pero no llega a ser intensa. Al respirar bajo el agua se necesita más fuerza que al respirar en la superficie (2-5,14-17)

Entre los problemas que pueden ocurrir se encuentran la fatiga respiratoria, una mayor demanda biológica de oxígeno por el organismo(2,4), la hipotermia debido a la baja temperatura del agua, la frecuencia cardíaca, la hiperventilación y el bajo estado físico del buceador Son variables que hay que tener en cuenta a la hora de bucear.(3-5,18,19)

Durante el buceo la demanda de oxígeno incrementa respecto a la superficie, debido al esfuerzo físico que, al no ser muy intenso pero sí prolongado, (entre treinta minutos y una hora), aumenta la pérdida calórica.(2,5)

En el buceo profundo incluso llevando un equipamiento adecuado, la pérdida calórica es entre un 7% y un 21% superior a la pérdida calórica superficial, por lo que incrementa la pérdida de calor corporal.(20)

La hipótesis del trabajo es que el entrenamiento de la musculatura respiratoria permite reducir el trabajo de los mecanismos del ciclo respiratorio y aumentar la capacidad, la fuerza, la resistencia y la eficiencia respiratoria, disminuyendo las complicaciones en patología pulmonar. (2)

**OBJETIVO:** El objetivo principal es comprobar la eficacia del entrenamiento de la musculatura respiratoria en la prevención de complicaciones en pacientes que practican buceo.(1,2)

El objetivo secundario es comparar los diferentes protocolos de entrenamiento respiratorio con el fin de elaborar un protocolo universal.

Para ello se empleó la estrategia de búsqueda Patient, Intervention, Comparison, Outcome, Studios (PICOS):

-Población de adultos sanos sin patología previa.

-Intervención: programas de entrenamiento sobre la musculatura respiratoria -Comparación: con otras metodologías de tratamiento o grupo control

-Variable independiente: la capacidad respiratoria, fuerza, resistencia y la eficiencia respiratoria.

-Tipo de estudio: revisiones sistemáticas y metaanálisis.

# **METODOLOGIA**

## **Diseño del estudio**

Se trata de una revisión de revisiones y metaanálisis.

Para poder realizar esta revisión se realizó una búsqueda en la literatura científica disponible siguiendo las directrices de la declaración PRISMA "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses"(21)

## **criterios de inclusión**

Se ha realizado una búsqueda exhaustiva buscando el perfil de pacientes sanos, adultos mayores de 18 años y menores de 65 años, deportistas o no. Artículos con tratamiento de la musculatura respiratoria, tanto entrenamiento inspiratorio, espiratorio o ambos a la vez.

## **criterios de exclusión**

Se excluyeron todos los artículos que no eran de adultos, artículos sobre niños, personas mayores de 65 e incluso animales.

## **Búsqueda Bibliográfica**

<b>BASE DE DATOS</b>	<b>FILTROS</b>	<b>PALABRAS CLAVES</b>
Pubmed	METANALISIS/REVISION SISTEMÁTICA Q1-Q3 2018 PUBLICADOS ULTIMOS 5 AÑOS	(muscle inspiratory) AND (train) (muscle expiratory) AND (train) (muscle expiratory) AND (sport) (muscle respiratory) AND (train) (muscle respiratory) AND (sport) (breath) AND (train) (breath) AND (scuba) (breath) AND (diving)
science direct		
cochrane		
sportdiscuss		
enfispo		
WOS		
Scopus		
pedro		
dialned		

TABLA1: BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA

Se realizó una búsqueda Bibliográfica en las siguientes bases de datos "Pubmed", "science direct", "cochrane", "sportdiscus", "enfispo", "WOS", "Scopus", "pedro", "dialned".

Se encontró la gran mayoría de los artículos que cumplían los criterios de inclusión y la fórmula PICO elegida para esa revisión en "Pubmed", "science direct", "cochrane" y "sportdiscus". La gran mayoría de los artículos elegidos se encontraban en varias bases de datos simultáneamente con que 4 de los 5 artículos se encontraron en "Pubmed" y 1 en "science direct".

El tema principal De esa búsqueda era encontrar tratamientos, protocolos o técnicas y existentes para la prevención de los factores de riesgos en buceo, más concretamente pulmonares(1,2). Pero durante la búsqueda resultó que no existe suficiente evidencia científica relacionada al tema sobre el pacientes sanos y fisioterapia(1-5). Al buscar con las palabras claves "scuba diving" AND "prevention" con único filtro 2018 en adelante se encontró artículos sobre medicina del buceo desarrollando las principales consideraciones y los factores de riesgo existentes a la práctica de ese deporte/ocio cardiológicas, enfermedad de descompresión, los efectos del nitrógeno y artículos en pacientes cursando con otras patologías, pero ninguno sobre programas de prevención.(1-3,5)

Siendo una actividad que implica tal riesgo que implica la muerte o consecuencias graves con mayor probabilidad que otras actividades se consideró necesario emprender un trabajo de investigación con propuesta de protocolo.(3)

Por eso se recopiló información de análisis y metaanálisis de protocolos y existentes en entrenamiento de la musculatura respiratoria con el objetivo de analizar la literatura existente y adaptarla al campo del buceo tanto de ocio como profesional.(4)

## **selección de estudios**

Para la selección de los estudios a la hora de las búsquedas de los artículos analizados por su tratamiento de la musculatura respiratoria se puso como filtros que sean estudios solamente de metaanálisis y/o revisión sistemática, del año 2018 en adelante y publicados en los últimos 5 años. Con los resultados encontrados se eligió únicamente artículos de los cuartiles 1 a 3 de factor de impacto (Q1-Q3) con las palabras claves: "muscle inspiratory", "train", "muscle expiratory", "sport", "muscle respiratory", "breath", "scuba" y "diving". Con la estrategia de combinación (muscle inspiratory) AND (train) , (muscle expiratory) AND (train) , (muscle expiratory) AND (sport), (muscle respiratory) AND (train), (muscle respiratory) AND (sport), (breath) AND (train), (breath) AND (scuba), (breath) AND (diving).

Pero para complementar esa revisión y justificar la información dada y expuesta a lo largo de ese trabajo se realizó otras búsquedas con las palabras claves: "scuba diving", "prevention", "recreational", "consideration", "physiotherapy", "diving", "diving medicine". Con la estrategia de combinación (scuba diving recreational), (scuba diving) AND (consideration), (physiotherapy) AND (diving scuba), (diving medicine), (scuba) AND (prevention), (diving medicine) AND (scuba) AND (prevention).

La estrategia de búsqueda ha permitido encontrar un total de 3106 artículos Repartidos entre las bases de datos utilizadas, "Pubmed", "science direct", "cochrane", "sportdiscus", "enfispo", "WOS", "Scopus", "pedro", "dialned".

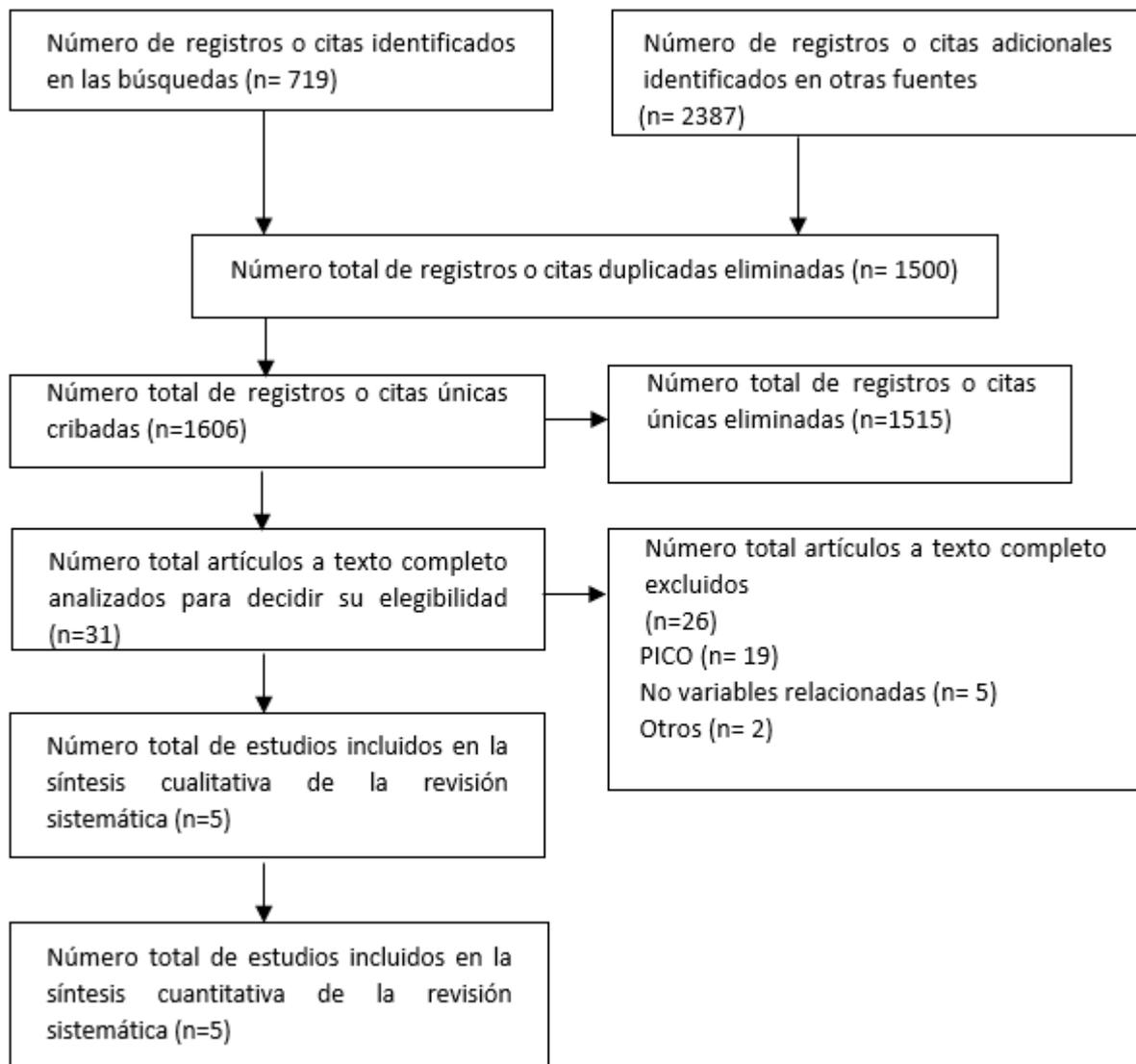


TABLA2: DIAGRAMA DE FLUJO

Si encontró la gran mayoría de los artículos duplicados y se eligió al final enfocar sobre dos bases de datos principales "Pubmed" y "science direct" dentro de los cuales se ha ido descartando a través de los títulos y abstracto que no entraban en los criterios de inclusión 1515 artículos más. Se ha reducido la búsqueda a unos 31 artículos que se han leído completamente para decidir su elegibilidad dentro de ellos se excluyeron 26. Unos 19 por no respetar los criterios de inclusión, sobre todo el estado de salud de los pacientes, 5 por no tener relevancia las variables relacionadas a la hipótesis y el objetivo de esta revisión y 2 por otros motivos.

## evaluación de la calidad de los estudios

Al elegir solamente estudios para analizar de formato metaanálisis y revisiones sistemáticas se ha comprobado en cada uno que los artículos estudiados en esas metaanálisis y revisiones la escala Pedro, que seguían las directrices establecidas en la declaración PRISMA. (21–26)

<b>NOTACION Pedro</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Cirino, Carolina et al</b>				3	20		8
<b>Karsten, Marlus</b>	1	2	6	9	5	2	
<b>Diego Fernández -Lázaro ET AL</b>	1	2	5	2		1	
<b>Fernández -Lázaro, Diego et al</b>	prueba Q de Cochran y el estadístico I <sup>2</sup> -> muy buenas/buenas 12-14						
<b>Lorca-Santiago, Juan et</b>			2	3	2	2	1

TABLA3: RESUMEN ESCALA PEDRO

P1:¿El marco muestral era adecuado para abordar la población objetivo?

P2:¿Se tomaron las muestras de los participantes en el estudio de forma adecuada?

P3:¿Fue adecuado el tamaño de la muestra?

P4:¿Se describieron detalladamente los sujetos del estudio y el entorno?

P5:¿Se realizó el análisis de los datos con una cobertura suficiente de la muestra identificada?

P6:¿Se utilizaron métodos válidos para la identificación de la afección?

P7:¿Se midió la condición de forma estándar y fiable para todos los participantes?

P8:¿Se realizó un análisis estadístico apropiado?

P9:¿La tasa de respuesta fue adecuada y, en caso contrario, se gestionó adecuadamente la baja tasa de respuesta?

Puntuación de calidad = puntuación total (SÍ = 1). Pobre (P): puntuaciones ≤ 3; regular (F): puntuaciones de 4 a 5; bueno (G): puntuaciones de 6 a 8; y excelente (E): notas de 9 a 10.

# RESULTADOS

## características de los artículos

titulo	Effects of Inspiratory Muscle Warm-Up on Physical Exercise: A Systematic Review	the effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis	Effects on Respiratory Pressures, Spirometry Biomarkers, and Sports Performance after Inspiratory Muscle Training in a Physically Active Population by Powerbreath®: Systematic Review and Meta-Analysis	Inspiratory Muscle Training Program Using the PowerBreath®: Does It Have Ergogenic Potential for Respiratory and/or Athletic Performance? A Systematic Review with Meta-Analysis	Inspiratory Muscle Training in Intermittent Sports Modalities: A Systematic Review
autores	Cirino, Carolina et al	Karsten, Marius	Diego Fernández-Lázaro ET AL	Fernández-Lázaro, Diego et al	Lorca-Santiago, Juan et al
tipo de estudios	revisión sistemática	revisión sistemática/metaanálisis	revisión sistemática/metaanálisis	revisión sistemática/metaanálisis	revisión sistemática
estudios incluidos	31	17	11 y 9	6	10
tipo estudios incluidos	Ensayo clínico aleatorizado	ensayos clínico (no obligatorio randomizados)	Ensayo clínico aleatorizado PwB // otra técnica	Ensayo clínico aleatorizado placebo// PwB	Ensayo clínico aleatorizado IMT//placebo
calidad estudios incluidos	PEDro (altas/muy altas) y Cochrane Risk of Bias Tool	PEDro scale (alta/moderada) Briefly y Cochrane Risk of Bias Tool	pedro (buena/regular)/ test Q de Cochran/ estadística I2	prueba Q de Cochran y el estadístico I2-> muy buenas/buenas 12-14	PEDRO
año	2023	2018	2022	2021	2020
factor de impacto	Q1	Q3	Q1	Q2	Q2
metodología	inspiratorios//placebo	protocolos de ejercicios respiratorios	powerbreathe//IMT	powerbreath//placebo	placebo//imt
músculos trabajados	inspiratorios	inspiratorios	inspiratorios	musculatura respiratoria+capacidades funcionales	inspiratorios y espiratorios
técnicas aplicadas	calentamiento respiratoria musculatura	PwB/ inspiraciones dinámicas	powerbreathe	varios tipos de powerbreathe, PwB heavy, K1, K3, K5 (el más fácil) / placebo	PwB/ Breather Plus IMT
idiomas	inglés	no restricción	inglés+español	inglés+alemán+francés+italiano+portugés+español	inglés
base de datos usadas	PubMed, Embase, MedLine, Scopus, SPORTDiscus and GoogleScholar	PubMed, EMBASE, SCOPUS, LILACS, PEDro, Web of Science, and Cochrane Library y otros en papeles	Medline, Web of Science et Cochrane	Web of Science, Scopus, Medline/PubMed, Scielo y Cochrane Library Plus	Journal Citation Reports
resultados	aumento PIM, y el rendimiento deportivo	aumento PIM, y el rendimiento deportivo no cambios en efectos cardiopulmonares	aumento PIM, la capacidad vital forzada (FVC) y el rendimiento deportivo	aumento PIM, VO2MAX disminución concentración de lactato	disminución del reflejo metabólico, disnea y sensación de cansancio

TABLA4: CARACTERISTICAS DE LOS ARTICULOS

En ese estudio se realiza una revisión de revisiones de 5 artículos, dentro de los cuales 3 son meta-análisis y 2 son revisiones sistemáticas. publicadas entre el 2018 y el 2023 para la más reciente.

El número de estudios incluidos dentro de esas análisis y metaanálisis varía entre 6(27) y 31 (28). Teniendo 1 que disocia el número de estudios incluidos para la revisión sistemática y el número de estudios incluidos para el metaanálisis(29) y 1 que disoció e incluyó el número de artículos para la evaluación cualitativa y un número de artículos para la evaluación cuantitativa distinto(30)

4 de 5 Son ensayos clínicos aleatorizados(27-29,31), 1 es un ensayo clínico pero no se pudo considerar randomizado(30). 2 artículos están en el factor de impacto Q1 (28,29), 2 están en el factor de impacto Q2 (27,31) y 1 de Q3 por sus sesgos a la randomización (30)

3 revisiones hacen estudios clínicos con el grupo control que tiene placebo (27,28,31) otros con grupo control que tiene otra técnica (29,30).

En todos los trabajos que están usando técnica usan el aparato Powerbreath y técnicas inspiratorias unas 30 repeticiones (la frecuencia al día es variable según los estudios) entre el 40% y el 50% del PIM.

En 4 artículos se pudo observar una aumentación de la capacidad PIM (28–31), en 3 el rendimiento deportivo (28–30). Otras variables son medidas en aumento significativo como la capacidad vital forzada FVC (29), la VO2MAX (31). También se observa una reducción del reflejo metabólico, disnea y sensación de cansancio (27)

### **tabla variables analizadas**

<b>Cirino, Carolina et al</b>	PIM/DISNEA/RENDIMIENTO/SINDE X
<b>Karsten, Marlus</b>	PIM/ PEM/ Capacidad vital/ DLCO
<b>Diego Fernández-Lázaro ET AL</b>	PIM/ CVF/ rendimiento deportivo
<b>Fernández-Lázaro, Diego et al</b>	PIM/ VO2MAX/RPE/ FEV1
<b>Lorca-Santiago, Juan et</b>	PIM/PO/RPE/ lactacto

TABLA5: VARIABLES ANALIZADAS

En todos los artículos se ha medido gracias a varias técnicas de mediciones el PIM.

### **tabla intervenciones**

<b>Cirino, Carolina et al</b>	2x30 INSP DINAMICAS 40%PIM
<b>Karsten, Marlus</b>	30 INSP DINAMICAS 50-60% PIM
<b>Diego Fernández-Lázaro ET AL</b>	2x30 INSP DINAMICAS+ PwB
<b>Fernández-Lázaro, Diego et al</b>	PwB Plus Heavy/ PwB K1/ PwBK3/ PwBK5/IMT/EMT
<b>Lorca-Santiago, Juan et al</b>	PwB 30 INSPI DINAMICAS 2*DIA

TABLA6: INTERVENCIONES

## **DISCUSION**

En esta revisión de la literatura se pudo observar los efectos del entrenamiento de la musculatura respiratoria sobre todo la inspiratoria a través de dispositivos como el powerbreath, aunque existen varios modelos: PwB Plus Heavy, PwB K1, PwBK3 y PwBK5 no es un posible riesgo de sesgo en el análisis.

Usados en las distintas técnicas no influye de manera significativa el resultado pasar de un modelo de dispositivo a otro. Aun así, se recomienda el uso del PwB 5 ya que es el más fácil de usar para la investigación porque fue el único que facilitó el monitoreo en tiempo real y proporcionó software para descargar grabaciones fáciles de analizar (31).

Se observó que permite aumentar de manera significativa valores fundamentales de la función respiratoria como la PIM presión inspiratoria máxima, la  $VO_{2max}$ , la FVC y disminuir factores limitantes a la práctica deportiva como son las concentraciones en lactato, la disnea, la sensación de esfuerzo y el reflejo metabólico de manera significativa.

Casi todos analizan el antes y el después de la presión inspiratoria máxima PIM la función pulmonar y la capacidad deportiva que es la única variable que no mejora realmente gracias al trabajo realizado, pero indirectamente, al reducir la sensación de fatiga muscular con la escala de RPE, y disnea (con la RPE) el paciente tiene mayor capacidad aeróbica. Ya que son pacientes en buen estado de salud deberían tener ya la vascularización y la distribución de flujos sanguíneo en buen estado el reflejo del sistema simpático. Puede por lo tanto tener una influencia positiva gracias a los programas de entrenamiento. En algunos estudios que analizaron los deportes acuáticos intermitentes pudieron destacar que la resistencia utiliza el metabolismo oxidativo y necesita un mayor aporte en oxígeno se podría preguntar si en el buceo al llevar la respiración a través del nitrógeno puede tener unas consecuencias distintas a los nadadores que no llevan complemento de nitrógeno.(4,5,18,19)

Se puede observar en otros estudios que los atletas realizan un mayor número de ciclos respiratorios a lo largo de los test de capacidad(5), lo que aplicado al buceo que necesita una reducción del ciclo respiratorio podría ser contradictorio (14,31). Se debería poder seguir investigando sobre ese tema específicamente.

A nivel de protocolo hay un consenso en el tipo de técnicas, pero no en la frecuencia ni la intensidad de trabajo. La gran mayoría de los ensayos usan técnicas inspiratorias dinámicas 30 Entre el 40y el 50% del PIM.

Lo que trabaja sobre todo la musculatura inspiratoria principal diafragma etc.. Y en el buceo ya que es una actividad que se puede caracterizar como de resistencia por su larga duración y su intensidad más o menos estable (sin tener en cuenta las variables externas al propio buceador, las olas, las corrientes, la temperatura del agua etc.).

Sería conveniente comprobar con técnicas de fisioterapia inspiratoria lentas como la EDIC. Se justifica por el hecho de que un músculo cuando está solicitado de forma intensa y/ o prolongada puede aparecer una fatiga muscular, en el buceo no es una actividad que requiere mucha intensidad pero sí que necesita un control del ciclo respiratorio y una respiración forzada prolongada durante treinta minutos a una hora de forma seguida, sería por lo tanto aconsejable analizar el efecto que pueden hacer técnicas de fisioterapia potenciadoras de la musculatura accesoría con inspiraciones lentas al contrario de los protocolos existentes con inspiraciones dinámicas que estimulan toda la musculatura inspiratoria pero enfocan sobre todo en los músculos principales y no tanto en los músculos accesorios, se podría comparar los resultados entre esas dos formas de trabajo para encontrar la más adecuada al buceo(1,2,4,5).

En los protocolos se puede observar que usan todos para medir el antes y la después espirometría tanto portátil como fijo algunos usan también tensiómetro bucal ciclo ergómetro (analyzer de gases) y/o analizado riegas. Se han propuesto protocolos Lineales o crónicos que duran entre 4 y 12 semanas y proponen sesión de entrenamiento de una a dos veces al día con una frecuencia entre 2 y 7 días a la semana sin aparato potenciador (30). De manera un poquito más intensa a través de un dispositivo que aumenta la resistencia del flujo de aire e incrementa la fuerza necesaria para realizar la tarea, el PwB (29,31). Otra opción ha sido en forma de calentamiento justo antes de un entrenamiento (28). Y otros lo han dividido en dos partes distintas un entrenamiento agudo más intenso y un entrenamiento de mantenimiento Y luego una combinación.(27)

En la actualidad las personas que quieren ir a bucear suelen como mucho dirigirse hacia el médico de cabecera, no suelen ir hacia médicos especialistas. Existen médicos especialistas en registros de medicina en buceo, se debería de hacer análisis completos antes y después de su primer buceo y cada cinco años de comprobación al menos que haya una enfermedad relevante en ese caso sería cada año(3). Gracias a esos protocolos ya existentes y que son eficaces como se ha demostrado en esa revisión podríamos proponer un protocolo mezclando las mejores cosas de cada uno de los protocolos expuestos en esas distintas revisiones analizadas anteriormente para poder potenciar, reforzar, y mejorar la funcionalidad de la musculatura respiratoria de los pacientes sanos y más concretamente de los practicantes de buceo. Evitando así la degradación de sus funciones pulmonares, aunque en los estudios no aparecen sintomatología, sí que aparece pérdida de la función.(4) instaurar una costumbre y una memoria muscular a los profesionales del buceo, facilitar literatura científica para que los instructores puedan difundir no solamente avisos sobre los posibles riesgos del buceo sino soluciones simples y accesibles a todos para poder minimizar los riesgos. (4,32)

## **PROTOCOLO**

Según la literatura científica analizada previamente se propone un protocolo hipotético para buceadores y sería proponer una propuesta de preparación intensiva de 4 semanas incluyendo una fase de calentamiento, una fase de entrenamiento de la musculatura profunda accesoria insistiendo en la resistencia, una fase de entrenamiento de la musculatura principal para fortalecer y una fase final de mantenimiento.

La fase de calentamiento sería aplicable a cada sesión de entrenamiento y antes de cada inmersión. Consiste en 2 series de 30 inspiraciones al 40% de la potencia inspiratoria máxima con una pausa de 60 segundos entre cada serie. Se tendría que hacer justo antes de cada esfuerzo respiratorio o cada inmersión. La fase de entrenamiento de la musculatura profunda accesoria consistiría en 2 series de 30 inspiración lentas y prolongadas Sin dispositivo al 20-30% del PIM máximo. Se tendría que realizar Una media de tres sesiones a la semana. La fase de fortalecimiento de la musculatura principal se realizaría a través del dispositivo PwB con 30 inspiraciones dinámicas 50-60% PIM máximo cada dos días. Y la fase De mantenimiento sería 3 Sesiones a la semana 1 serie de 30 inspiraciones letas y prolongadas al 30-40% PIM seguida de 1 serie de 30 inspiraciones dinámicas al 50-60% del PIM.

## **CONCLUSION**

En esta revisión De cinco metaanálisis o revisiones sistemáticas se pudo destacar que el trabajo de la musculatura respiratoria con o sin aparato de potencia tiene un cambio significativo en funciones del sistema respiratorio aumentando la capacidad vital forzada FVC (29) la capacidad inspiratoria PIM, e indirectamente el rendimiento deportivo(28–31). También se pudo observar una disminución de factores de ralentización como la concentración en lactato (31), el VO<sub>2</sub>max, reflejo metabólico y sensación de cansancio(27).

Con esas variables podemos esperar a que el protocolo hipotético propuesto pueda ser eficaz y prevenir posibles complicaciones.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Madden D, Thom SR, Dujic Z. Exercise before and after SCUBA diving and the role of cellular microparticles in decompression stress. *Med Hypotheses*. 2016 Jan 1;86:80–4.
2. Hess H, Hostler D. Respiratory muscle training effects on performance in hypo- and hyperbaria. Vol. 89, *Aerospace Medicine and Human Performance*. Aerospace Medical Association; 2018. p. 996–1001.
3. Eichhorn L, Leyk D. Diving medicine in clinical practice. *Dtsch Arztebl Int*. 2015 Feb 27;112(9):147–58.
4. Ozgok-Kangal K, Canarlan-Demir K, Zaman T, Simsek K. The changes in pulmonary functions in occupational divers: Smoking, diving experience, occupational group effects. *Int Marit Health*. 2020 Sep 28;71(3):201–6.
5. Möller F, Hoffmann U, Dalecki M, Dräger T, Doppelmayr M, Steinberg F. Physical Exercise Intensity During Submersion Selectively Affects Executive Functions. *Hum Factors*. 2021 Mar 1;63(2):227–39.
6. Toh PY, Parys S, Watanabe Y. Traumatic diaphragmatic rupture: Delayed presentation following a SCUBA dive. *BMJ Case Rep*. 2020 Sep 8;13(9).
7. Ihama Y, Miyazaki T, Fuke C, Mukai T, Ohno Y, Sato Y. Scuba-diving related deaths in Okinawa, Japan, from 1982 to 2007. *Leg Med*. 2008 May;10(3):119–24.
8. Edmonds C, Caruso J. Recent modifications to the investigation of diving related deaths. Vol. 10, *Forensic Science, Medicine, and Pathology*. 2014. p. 83–90.
9. Casadesús JM, Aguirre F, Carrera A, Boadas-Vaello P, Serrando MT, Reina F. Diving-related fatalities: multidisciplinary, experience-based investigation. *Forensic Sci Med Pathol*. 2019 Jun 14;15(2):224–32.
10. Karakaya H, Aksu S, Egi SM, Aydin S, Uslu A. Effects of Hyperbaric Nitrogen Narcosis on Cognitive Performance in Recreational air SCUBA Divers: An Auditory Event-related Brain Potentials Study. *Ann Work Expo Health*. 2021 Jun 1;65(5):505–15.
11. Han KH, Hyun GS, Jee YS, Park JM. Effect of water amount intake before scuba diving on the risk of decompression sickness. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jul 2;18(14).
12. Lynch JH, Bove AA. Diving medicine: A review of current evidence. *Journal of the American Board of Family Medicine*. 2009 Jul;22(4):399–407.
13. Held HE, Pendergast DR. The effects of respiratory muscle training on respiratory mechanics and energy cost. *Respir Physiol Neurobiol*. 2014 Aug 15;200:7–17.
14. Boutellier U, Biichel R, Kundert A, Spengler C. The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. Vol. 65, *European Applied Journal of Physiology and Occupational Physmlogy*. 1992.
15. Ray AD, Pendergast DR, Lundgren CEG. Respiratory muscle training reduces the work of breathing at depth. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Mar;108(4):811–20.
16. Lindholm P, Wylegala J, Pendergast DR, Lundgren CEG. Resistive respiratory muscle training improves and maintains endurance swimming performance in divers. *Undersea and Hyperbaric Medicine [Internet]*. 2007 May [cited 2023 Jun 8];34(3):169–80. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/clipboards/>
17. Hung TY, Wu WL, Kuo HC, Liu SF, Chang CL, Chang HC, et al. Effect of abdominal weight training with and without cough machine assistance on lung function in the patients with prolonged mechanical ventilation: a randomized trial. *Crit Care*. 2022 Dec 1;26(1).
18. Brebeck AK, Deussen A, Schmitz-Peiffer H, Range U, Balestra C, Cleveland S, et al. Effects of oxygen-enriched air on cognitive performance during SCUBA-diving—an open-water study. *Research in Sports Medicine*. 2017 Jul 3;25(3):345–56.
19. Balestra C, Lafere P, Germonpre P. Persistence of critical flicker fusion frequency impairment after a 33 mfw SCUBA dive: Evidence of prolonged nitrogen narcosis. *Eur J Appl Physiol*. 2012 Dec;112(12):4063–8.
20. FEDERACION ESPAÑOLA DE ACTIVIDADES SUBACUATICAS SANTALO. LIBRO DEL INSTRUCTOR. 1st ed. FEDERACION ESPAÑOLA DE ACTIVIDADES SUBACUATICAS SANTALO, CARLOS ARMENTA DEU, QUIQUE SANCHEZ, ESCUELA NACIONAL DE BUCEO DEPORTIVO, CRESSI-SUB ESPAÑA, SEAC SUB, et al., editors. Vol. 1. BARCELONA: GRAFIQUES PACIFIC SA; 2003. 31–51 p.

21. PRISMA\_Spanish.
22. Escala PEDro-Español.
23. Higgins JPT, Green S (Sally E, Cochrane Collaboration. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Wiley-Blackwell; 2008. 649 p.
24. Van Tulder M, Furlan A, Bombardier C, Furlan S, Bouter L. Updated Method Guidelines for Systematic Reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group [Internet]. Vol. 28, SPINE. Available from: [www.cochrane.iwh.on.ca](http://www.cochrane.iwh.on.ca)
25. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *The BMJ*. 2019;366.
26. Arias MM, Molina M. Lectura crítica en pequeñas dosis Aspectos metodológicos del metaanálisis (1) [Internet]. Available from: [www.cienciasinseso.com](http://www.cienciasinseso.com)
27. Lorca-Santiago J, Jiménez SL, Pareja-Galeano H, Lorenzo A. Inspiratory muscle training in intermittent sports modalities: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jun 1;17(12):1–17.
28. Cirino C, Marostegan AB, Hartz CS, Moreno MA, Gobatto CA, Manchado-Gobatto FB. Effects of Inspiratory Muscle Warm-Up on Physical Exercise: A Systematic Review. Vol. 12, *Biology*. MDPI; 2023.
29. Fernández-Lázaro D, Corchete LA, García JF, Jerves Donoso D, Lantarón-Caeiro E, Cobreros Mielgo R, et al. Effects on Respiratory Pressures, Spirometry Biomarkers, and Sports Performance after Inspiratory Muscle Training in a Physically Active Population by Powerbreath®: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology (Basel)* [Internet]. 2022 Dec 29 [cited 2023 Jun 4];12(1). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36671748>
30. Karsten M, Ribeiro GS, Esquivel MS, Matte DL. The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. Vol. 34, *Physical Therapy in Sport*. Churchill Livingstone; 2018. p. 92–104.
31. Fernández-Lázaro D, Gallego-Gallego D, Corchete LA, Fernández Zoppino D, González-Bernal JJ, García Gómez B, et al. Inspiratory muscle training program using the powerbreath®: Does it have ergogenic potential for respiratory and/or athletic performance? a systematic review with meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jul 1;18(13).
32. PADI OPEN WATER DIVER.



## Anexo I

# AUTORIZACIÓN DE LA PROPUESTA DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Los abajo firmantes, en su calidad de Directores, **exponen:** Que revisado la propuesta de Trabajo Fin de Grado con los siguientes datos:

**Titulación:** *Grado en Fisioterapia.*

**Título:** **FISIOTERAPIA**

**Estudiante:** **GALLUS Marie**

**Director/a:** **JOSE MIGUEL TRICAS MORENO**

<Director/a del trabajo>

<Director/a 2 (cuando exista)>

Consideran la propuesta **APTA** y autorizan al estudiante arriba citado para su realización.

En Zaragoza, a 8 de junio de 2023

Fdo.:

EL DIRECTOR

Fdo.:

EL DIRECTOR



**Anexo II**

**Universidad de Zaragoza  
Facultad de Ciencias de la Salud**

***Grado en Fisioterapia***

Curso Académico 2022\_ / 20 23\_

TRABAJO FIN DE GRADO

Entrenamiento de la musculatura respiratoria para  
prevención en buceadores

breath muscle train prevention on divers

**Autor/a:** GALLUS Marie



**Anexo IVa**

**Universidad de Zaragoza  
Facultad de Ciencias de la Salud**

***Grado en Fisioterapia***

**AUTORIZACIÓN PARA LA SOLICITUD DE DEFENSA  
DEL TRABAJO FIN DE GRADO**

Los abajo firmantes, en su calidad de Directores, **exponen:**  
Que revisado el Trabajo Fin de Grado con los siguientes datos:

**Titulación:** *Grado en Fisioterapia.*

**Título:** FISIOTERAPIA

**Estudiante:** GALLUS Marie

**Director/a:** JOSE MIGUEL TRICAS MORENO  
<Director/a del trabajo>  
<Director/a 2 (cuando exista)>

Consideran el trabajo **APTO** y autorizan al estudiante arriba citado  
para su defensa.

Asimismo, autorizan su publicación en el repositorio institucional de la  
Universidad de Zaragoza    Sí     No

En Zaragoza, a 8\_\_ de JUNIO\_\_ de 2023\_\_

Fdo.:

EL DIRECTOR

Fdo.:

21

EL DIRECTOR



**Anexo VI**

**DECLARACIÓN DE CUMPLIR LOS REQUISITOS  
ESTABLECIDOS EN LA CONVOCATORIA**

**D/D<sup>a</sup>** \_\_\_\_\_ **GALLUS Marie** \_\_\_\_\_

con Documento Nacional de Identidad número \_\_Y7005228V\_\_\_\_\_

DECLARA:

Que reúne los requisitos exigidos en la convocatoria

- Extraordinaria de mayo
- Ordinaria de junio
- Ordinaria de septiembre
- Extraordinaria de diciembre

para la defensa del Trabajo Fin de Grado.

En Zaragoza, a \_12\_ de \_\_JUNIO\_\_ de 2023\_

Fdo.: \_\_\_\_\_

EL ESTUDIANTE



DATOS ESTUDIANTE

Nombre y Apellidos GALLUS Marie  
NIA 823598 DNI/NIF Y7005228V Grado/Máster Fisioterapia   
Correo electrónico 823598@unizar.es

DATOS DIRECTOR/A

Nombre y Apellidos JOSE MIGUEL TRICAS MORENO

Nº. TUTORIA PRESENCIAL	FECHA	FIRMA DIRECTOR	FIRMA ESTUDIANTE
1	8/11/22		
2	17/10/23		
3	23/03/23		
4	28/06/23		

CONSULTAS MAIL	FECHA	OBSERVACIONES



Los abajo firmantes, en calidad de director/a y codirector/a, exponen:

Que revisada la memoria de Trabajo Fin de Grado/Máster con los siguientes datos:

Titulación: Fisioterapia



Título: entrenamiento de la musculatura respiratoria para prevención en buceadores  
breath muscle train prevention on divers

Estudiante: GALLUS Marie

Director/a: JOSE MIGUEL TRICAS MORENO

Codirector/a:

Consideran que es APTA y autorizan al estudiante para su defensa.

En Zaragoza a fecha de 08/06/2023

Director/a (Firma)

Codirector/a (Firma)



Facultad de  
Ciencias de la Salud  
Universidad Zaragoza

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD, AUTORÍA Y  
DE CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS

### DATOS ESTUDIANTE

Nombre y Apellidos GALLUS Marie

NIA 823598 DNI/NIF Y7005228V Grado/Máster Fisioterapia

Correo electrónico 823598@unizar.es

Declaro que asumo la originalidad y autoría del Trabajo Fin de Grado/Máster, presentado para su defensa ante tribunal, entendido en el sentido de no haber utilizado fuentes sin citarlas debidamente.

Declaro que reúne los requisitos exigidos en la convocatoria Junio/Julio

Se advierte que, en caso contrario, se obtendrá una calificación numérica de cero, sin perjuicio de las responsabilidades disciplinarias o legales en las que se pudieran incurrir.

Esto queda regulado en la normativa que rige los Trabajos Fin de Grado/Máster en la UZ. Reglamento de Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster (modificado por Acuerdo del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza de 16 de marzo de 2018).

En Zaragoza a 12/06/2023

## Consulta de expediente

<b>Apellidos y nombre</b>	Gallus , Marie Magali Emmanuelle	<b>DNI</b>	Y7005228V
<b>NIA</b>	823598		
<b>Centro</b>	Facultad de Ciencias de la Salud	<b>Rama</b>	Ciencias de la Salud
<b>Tipo de estudio</b>	Grado	<b>Estudios</b>	108 - Fisioterapia
<b>Plan estudios</b>	605 - Graduado en Fisioterapia	<b>Especialidad</b>	0 - Sin especialidad
<b>Estado expediente</b>	Abierto		



Las notas entre paréntesis no son definitivas hasta el cierre de actas

Año académ.	Código	Descripción	Cr.	Gr.	Convocatoria	Calificación C.N.	Cvl.	Tipo Asig.	Cic.	Cur.	Mod.	Rama Conocimiento	Observaciones
2022/23-0	25629	Trabajo fin de Grado	6.0	99			N	Trabajo fin de Grado	X	4			
2022/23-0	25647	Afecciones médico-quirúrgicas	9.0	11	Junio	( )	N	Formación básica	X	2		Otras ramas	
2022/23-0	25662	Fisioterapia en dermatología, uroginecología y obstetricia.	6.0	11	Enero	Aprobado	6.0	N	Obligatoria	X	4		
2022/23-0	25663	Fisioterapia en ortopedia, pediatría y geriatría	6.0	11	Enero	Aprobado	6.1	N	Obligatoria	X	4		
2022/23-0	25664	Legislación y gestión en Fisioterapia	6.0	11	Junio	Notable	7.5	N	Obligatoria	X	4		
2022/23-0	25665	Practicum II	24.0	11	Junio		N	Prácticas externas	X	4			
2022/23-0	25666	Ejercicio físico y salud	6.0	11	Junio	Aprobado	6.3	N	Optativa	X	4		
			<b>Créditos</b>	<b>Superados</b>	<b>Matriculados y No superados</b>		<b>Créditos mínimos</b>						
			Formación básica	0,0	9,0		64,0						
			Obligatoria	18,0	0,0		122,0						
			Optativa	6,0	0,0		6,0						
			Trabajo fin de Grado	0,0	6,0		6,0						
			Prácticas externas	0,0	24,0		42,0						
			Actividades Académicas Complementarias	0,0	0,0		-						
			Sin determinar	0,0	0,0		-						
			Total	24,0	39,0		240,0						
			Total créditos matriculados		144.0								

**Documento informativo sin validez académica oficial**

**Fecha de impresión 12 de junio de 2023**