

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE
Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Curso: 2023-2024

**El Efecto de Diferentes Sistemas de Entrenamiento de Fuerza
en el Rendimiento de los Nadadores Velocistas.**

AUTOR/A: Beñat Agirrebaltzategi Durana

DIRECTOR/A: Javier Orbañanos Palacios

Fecha, 02 de junio de 2024

ÍNDICE

1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
2.	<i>MARCO TEÓRICO</i>	4
2.1.	FACTORES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO EN LA NATACIÓN	4
2.2.	INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA NATACIÓN	6
3.	<i>METODOLOGÍA</i>	10
3.1.	BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	10
3.2.	CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	11
3.3.	CALIDAD DE LOS ESTUDIOS	12
3.4.	CARACTERÍSTICAS DE LOS PARTICIPANTES	13
3.5.	RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA	14
4.	<i>RESULTADOS</i>	15
4.1.	ENTRENAMIENTO DE FUERZA ESPECÍFICO EN EL AGUA	15
4.2.	ENTRENAMIENTO DE FUERZA ESPECÍFICO EN SECO	16
4.3.	ENTRENAMIENTO DE FUERZA NO ESPECÍFICO EN SECO	17
4.3.1.	ENTRENAMIENTO DE CORE	18
4.3.2.	ENTRENAMIENTO DE FUERZA HIPERTÓFICA	18
4.3.3.	ENTRENAMIENTO DE FUERZA MÁXIMA	19
4.3.4.	ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO	20
5.	<i>CONCLUSIONES</i>	22
6.	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	24

1. INTRODUCCIÓN

Los deportes de resistencia son una de las disciplinas deportivas más practicadas actualmente. Entre ellas, se encuentra la natación, que su práctica se encuentra en auge gracias a la popularidad creciente del triatlón. En cuanto a la natación de competición se divide en dos modalidades principales: la natación en piscina y la natación en aguas abiertas. La natación en piscina se realiza en un entorno controlado, donde se nadan distancias que van desde los 50 hasta los 1500 metros, y se compite en diferentes estilos como el libre, espalda, braza y mariposa. La natación en aguas abiertas, por otro lado, se lleva a cabo en entornos naturales como mares, lagos y ríos, y las distancias suelen ser considerablemente mayores, llegando hasta los 10 kilómetros en competiciones oficiales. El análisis del estudio de esta revisión se centrará en la natación de piscina.

La motivación para realizar este trabajo surge de una observación en el club de natación donde trabajo. He notado que el entrenamiento de fuerza que realizan los nadadores es insuficiente e inadecuado, lo cual afecta su rendimiento en las competiciones. A pesar de la importancia de la fuerza muscular en la natación, especialmente en pruebas de velocidad, los programas de entrenamiento actuales no están optimizados para desarrollar adecuadamente esta capacidad. Esta deficiencia me llevó a investigar qué tipo de entrenamiento de fuerza es más efectivo para mejorar el rendimiento de los nadadores, con el objetivo de implementar mejoras en los programas de entrenamiento del club.

El objetivo principal de este trabajo es analizar la literatura científica disponible sobre el entrenamiento de fuerza en nadadores velocistas. Se pretende identificar los tipos de ejercicios, métodos y programas de entrenamiento que han demostrado ser efectivos para mejorar la fuerza y, consecuentemente, el rendimiento en pruebas de 50 y 100 metros estilo libre. Este análisis permitirá desarrollar recomendaciones basadas en evidencia científica para optimizar los entrenamientos de fuerza en nadadores, contribuyendo así a mejorar su desempeño en competiciones.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FACTORES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO EN LA NATACIÓN

La natación es un deporte que se practica necesariamente en el medio acuático y consiste en recorrer una distancia determinada en el menor tiempo posible (Willems et al., 2014).

Las distancias de las pruebas de natación de competición realizadas en piscina son diversas, siendo la más corta la de 50 metros y la más larga la de 1500 metros. Además de la duración, dichas pruebas se materializan en diferentes estilos (mariposa, espalda, braza o crol) e intensidades. Asimismo, las pruebas pueden describirse teniendo en cuenta de qué manera específica contribuyen las fuentes de energía aeróbica y anaeróbica al gasto energético total (Figueiredo et al., 2011).

En lo que al rendimiento de la natación respecta, este depende, por una parte, de la propulsión que el nadador produce -potencia- y, por otra parte, de la resistencia que ejerce el agua (Barbosa et al., 2014). Los factores que determinan dicho rendimiento han sido ampliamente estudiados por la literatura científica, siempre entendido que estos son diferentes dependiendo de la distancia de nado y del tipo de carrera de que se trate (Swanwick & Matthews, 2018).

El presente trabajo se centra en las pruebas de velocidad de la natación, concretamente, en las pruebas de 50 y 100 metros de estilo libre, que son las más rápidas de este deporte. Ciertamente, el objetivo es el análisis de los diferentes tipos de entrenamiento de fuerza y los efectos que tienen en el rendimiento de estas pruebas.

A continuación, este estudio exige el desarrollo explicativo de cada una de las características de ambas pruebas.

En las pruebas de velocidad de la natación, como consecuencia de la alta intensidad del sprint, los deportistas dependen predominantemente del metabolismo anaeróbico (Pinos et al., 2021). Particularmente, en pruebas tales como los 50 y 100 metros estilo libre, destacan la importancia de la fuerza muscular y la potencia del sprint (Stanula et al., 2012).

Los nadadores velocistas requieren de una gran masa muscular con un alto porcentaje de fibras de contracción rápida, tipo IIb (Bellinger et al., 2022). Este tipo de fibras tienen un alto poder glucolítico y producen un gasto energético notablemente más alto que las demás.

Retomando la cuestión metabólica, debe señalarse que el proceso del gasto energético actúa de manera diferenciada en las pruebas de 50 metros y 100 metros libres.

En la prueba de 50 metros estilo libre, cuya duración media es de 22 segundos, las reservas de ATP y PCr se agotan de manera muy rápida, de tal manera que la glucólisis se activa casi de inmediato con el objetivo de mantener el gasto energético para, así, convertirlo en la fuente principal de energía necesaria para la contracción muscular (Capelli et al., 1998). Ahora bien, la corta duración de esta prueba impide que se produzca un alto nivel de acidosis, por lo que el lactato sanguíneo máximo se mantiene típicamente en el rango de 12-14 mmol-L⁻¹ (Ring S. et al., 1996).

Sin embargo, en la prueba de 100 metros estilo libre, de 48 segundos de duración media, se requiere la activación completa y rápida de los procesos de suministro de energía. Tanto el sistema glucolítico junto al sistema de fosfágenos son determinantes para el rendimiento, tal y se observa en la Tabla 1. No es desdeñable, sin embargo, la contribución del metabolismo aeróbico para una especialidad deportiva de tan corta duración. El sistema glucolítico provoca la necesidad de mantener concentraciones elevadas de lactato en los músculos activos. Dicho lactato muscular se acumula rápidamente llegando a valores superiores a 30 mmol-L⁻¹, provocando acidosis -reducción del pH- y disminuyendo la glucólisis, proceso que parece tener lugar mediante la inhibición de la fosfofructoquinasa, que es una enzima fundamental en la vía glucolítica (Rodríguez & Mader, 2011).

Tabla 1: Contribución energética de las pruebas de velocidad (Rodríguez & Mader, 2011).

Distancia	Tiempo (min:s)	Fosfágeno (%)	Glucolítico (%)	Aeróbico (%)
50 m	0:22.0	38	58	4
100 m	0:48.0	20	39	41

En cuanto a la técnica de los estilos en natación y en este caso, concretamente, a la técnica del estilo de crol en la natación sprint de competición, esta es, también, un factor que limitante del rendimiento, puesto que su papel es determinante en la concreción del gasto energético. Debemos, por tanto, tener en cuenta la relación entre la cinemática segmentaria de un nadador y la cinemática de su centro de masa, así como los aspectos del gasto y del coste energéticos (Barbosa et al., 2010). Así, una técnica eficiente de nado vinculada, por una parte, a la longitud y la frecuencia de la brazada, y por otra, a la coordinación pueden incidir en la cantidad de energía que se necesita para mantener la velocidad y para propulsarse en el agua (Capelli et al., 1998).

Además de la técnica de nado, en el rendimiento de las pruebas de 50 y 100 metros estilo libre no se debe olvidar la influencia de la técnica de las salidas y los virajes (Weimar et al., 2019), ya que, ambos representan un alto porcentaje de la prueba en sí, por desarrollarse esta en un muy corto tiempo de nado.

Por ello, todo lo expuesto hasta ahora tiene influencia en la eficiencia de nado, esto es, cuanto peor sea la técnica, mayor será el gasto energético consumido para obtener un mismo resultado, más aún en velocidades máximas (West et al., 2011).

Por otra parte, atendiendo a las capacidades coordinativas de nadadores crolistas en otros estilos de natación, Morouço et al. (2011) concluyeron que, efectivamente, en un nadador especialista en la prueba más corta de estilo libre puede obtener resultados considerables en las pruebas de 50 metros del resto de estilos, siempre y cuando los valores de fuerza de ese nadador sean altos.

Tal y como he mencionado anteriormente, no se trata solo de fuerza, puesto que es preciso que la técnica de nado sea eficiente en aras de unos buenos resultados. En este sentido, Morais et al. (2021) destacaron que una correcta técnica de nado y una antropometría del nadador concreta para cada estilo están íntimamente vinculadas a un mejor rendimiento. Esto sugiere que un nadador que destaca en la prueba de 200 metros estilo libre puede haber desarrollado habilidades técnicas específicas y características corporales que podrían beneficiar el rendimiento en pruebas de estilo libre más cortas, como las pruebas de 50 y 100 metros.

Finalmente, es preciso mencionar que en el caso de los nadadores de élite existe una correlación significativa entre los tiempos de natación de las pruebas de 100 y 200 metros estilo libre, lo que puede sugerir que los tiempos de natación se ven afectados en gran medida por la técnica de nado crol (Meckel et al., 2012). Por lo tanto, basándonos en la síntesis de las referencias, podemos concluir que existe mayor relación entre los resultados de las pruebas del mismo estilo que entre las pruebas de la misma distancia y de diferente estilo; esto es, la conexión entre los resultados intraestilo es superior a la conexión entre los resultados de pruebas intradistancia.

2.2. INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA NATACIÓN

La fuerza, desde el punto de vista de la mecánica, es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo (Badillo & Serna, 2002). Desde la perspectiva de la actividad física y el deporte, podemos definir la fuerza como la capacidad de un músculo o grupo muscular para vencer o soportar una resistencia bajo unas condiciones específicas.

En el caso de la natación, el deportista emplea la tensión muscular para transferir energía cinética al agua, lo que deriva en la aceleración de una masa específica de este líquido, generando así una fuerza propulsiva (Caputo et al., 2006). Esta fuerza propulsiva es un factor determinante del rendimiento en el estilo crol (Toussaint et al., 2002) y, en general, mejorar el rendimiento a través del desarrollo de fuerza específica es indispensable en este deporte.

De hecho, la literatura científica ha demostrado que el entrenamiento de fuerza tiene un impacto positivo en el rendimiento de la natación de velocidad (Keiner et al., 2019; Yu Kwok et al., 2021). Se ha evidenciado, además, la relación entre la fuerza muscular y la velocidad de nado, ya que, cuanto mayor es la fuerza muscular, mayor es dicha velocidad.

Y es más, la citada relación se acrecienta cuando hablamos del tren superior (Pérez-Olea et al., 2018), debido a que los nadadores producen la mayoría de la potencia propulsiva mediante su brazada (Sharp et al., 1982). En efecto, varios estudios han indicado una correlación significativa entre la fuerza muscular de las extremidades superiores y la velocidad de nado en distancias cortas (Hawley & Williams, 1991; Toussaint & Vervoorn, 1990) y, por tanto, queda evidenciado que dichas extremidades superiores contribuyen en mayor medida a la generación de fuerza propulsiva, siendo menor en las inferiores (Girolid et al., 2012).

Así mismo, una vez constatada la importancia de la fuerza máxima, no se puede obviar la influencia de la especificidad del patrón de movimiento y de la velocidad de contracción en el entrenamiento de la fuerza, los cuales resultan cruciales para mejorar el rendimiento de la aceleración del sprint (Young, 2006). Además, la fuerza de agarre se ha identificado como un factor clave en el rendimiento de la natación sprint, lo que subraya la importancia de la fuerza y la potencia de los músculos del brazo para nadar más rápido (Geladas et al., 2005).

Otro elemento que condiciona el rendimiento del deportista es la forma en la que manifestamos la fuerza durante el nado, y es que, en función de la tensión generada por el músculo, el tiempo que tarde en aplicarse la fuerza, el tipo de contracción producida, además de otros factores, producirán una manifestación diferente de la fuerza (González-Badillo & Gorostiaga, 2002). Lo cierto es que en este deporte se presta una especial atención al desarrollo de la fuerza dinámica máxima y a la fuerza explosiva, teniendo en cuenta que ambas determinan la magnitud de la fuerza de tracción que el nadador ejerce al nadar. En relación con estos dos últimos elementos –la fuerza dinámica y la fuerza explosiva–, es preciso mencionar, también, que la velocidad de salida y la velocidad del nado en las pruebas cortas tienen una gran relevancia en la optimización del rendimiento.

El primero de dichos elementos, la fuerza dinámica máxima, es la expresión máxima de fuerza cuando la resistencia solo se puede desplazar una vez o cuando el desplazamiento transcurre a muy baja velocidad en una fase del movimiento (González-Badillo & Gorostiaga, 2002). La mejora de la citada fuerza está relacionada con el aumento de la longitud del ciclo de brazada y de la velocidad, por lo que es evidente que su perfeccionamiento es indispensable para un adecuado rendimiento (Trinidad Morales & Lorenzo Calvo, 2012). A su vez, las ganancias de fuerza máxima influyen en la aparición de la fatiga, debido a que ante un mismo nivel de contracción submáxima, menor será la intensidad relativa, esto es, el porcentaje de fuerza generada en relación con la máxima capacidad para ejercerla (Blanksby et al., 1986). Esto se traduce en que un nadador con mayor fuerza dinámica máxima necesitará menos esfuerzo para aplicar una determinada fuerza, lo que conlleva menos fatiga y la posibilidad de mantener mayores valores de fuerza y potencia durante un tiempo mayor.

Y si atendemos al vínculo entre la velocidad y la fuerza, estas se manifiestan de manera inversa, esto es, cuanta mayor fuerza sea ejercida en un gesto deportivo menor será la velocidad (González-Badillo & Gorostiaga, 2002). Por lo tanto, se puede afirmar que cuanta más fuerza posea un nadador hay una mayor probabilidad de que este sea capaz de mover más rápido una misma masa o, en otros términos, que sea capaz de mover más rápido su cuerpo en el agua.

Esta relación entre la fuerza y la velocidad se denomina potencia, la cual entendida en el ámbito de la natación se refiere a la capacidad de generar fuerza y velocidad para superar la resistencia del agua e impulsar al nadador hacia delante. Además, en lo relativo al rendimiento en sprint, la potencia desempeña un papel crucial en la consecución de altas velocidades y rápidas aceleraciones durante las carreras de corta distancia, tales como las pruebas de sprint (Hawley & Williams, 1991). En este sentido, los estudios han demostrado una fuerte correlación entre la generación de potencia y el rendimiento en natación de sprint (Gatta et al., 2017; P. G. Morouço et al., 2014). Como consecuencia, la manera de reducir el tiempo empleado para recorrer la distancia de la prueba consiste en aumentar la cantidad de potencia generada por el deportista durante dicha prueba (Pelot & Darmiento, 2012).

A la vista de lo expuesto anteriormente y centrándonos en el objetivo del entrenamiento de los nadadores, este deberá tender a ser lo más potente posible con el fin de obtener los mayores niveles de fuerza y poder mantenerlos durante la duración de la prueba (Pelot & Darmiento, 2012). Y atendiendo a las pruebas que nos ocupan, 50 y 100 metros de nado crol, si partimos de la evidencia de que la fase propulsiva de la brazada en el nado de crol dura 400 milisegundos (Kolmogorov, y Lyapin, 1999; citados por Dopsaj, Matkovic, y Zdravkovic, 2000), cuanta mayor

sea la fuerza que el nadador pueda producir en un factor clave en la velocidad de nado y, por ende, en el rendimiento en la natación en general. Hasta el punto de que Dominguez-Castells et al. (2013) realizan las siguientes conclusiones: por una parte, es posible predecir el rendimiento de un nadador en una prueba de velocidad de nado al estilo crol midiendo la potencia generada por el mismo; por otra parte, la máxima potencia que se genera en el nado está vinculado de manera lineal con la máxima velocidad conseguida en el nado, y ello, independientemente de la fatiga que presente el nadador o, incluso, de su nivel técnico (Seifert, Toussaint, Alberty, Schnitzler y Chollet, 2010 y Toussaint, Carol, Kranenborg y Truijens; citados por Dominguez-Castells, Izquierdo y Arellano, 2013). Estos datos son visibles, también, en los nadadores de élite, quienes producen mayores picos de potencia que los de menor nivel (Barbosa et al., 2014).

En atención a la mejora de los aspectos de la fuerza previamente mencionados, numerosos estudios defienden que el tipo de entrenamiento vinculado a la fuerza conlleva unos resultados positivos en el rendimiento de muchos deportes (Balsalobre-Fernández et al., 2016; Sander et al., 2013; Styles et al., 2016). De ahí que los resultados positivos en otros deportes han motivado que estos tipos de programas de entrenamiento también se hayan implementado en los entrenamientos de los nadadores (Crowley et al., 2017; P. G. Morouço et al., 2012). Los entrenadores y preparadores físicos utilizan diferentes métodos de entrenamiento, tanto en seco como dentro del agua. Así, actualmente los programas de entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico han adquirido bastante popularidad, ya que aplican variedad de métodos, entre otros, el entrenamiento de fuerza con pesas, el entrenamiento pliométrico con diferentes movimientos o el nado resistido.

Ahora bien, la mayoría de dichos estudios se centran en un solo método de entrenamiento, obviando la combinación de todos ellos en la búsqueda de la mejora en el nado sprint. Por ello, el propósito del presente estudio es realizar una revisión sistemática a fin de resumir y cuantificar los efectos de los entrenamientos longitudinales en el rendimiento de la natación del nado de crol.

3. METODOLOGÍA

3.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

Para la búsqueda de información se llevó a cabo una revisión sistemática cuya duración fue de 4 días -desde el 2 de enero hasta el 5 de enero de 2023-. Se utilizaron las bases de datos de “PubMed”, “Scopus” y “Research Rabbit”. Las dos primeras son bases de datos convencionales, pero Research Rabbit es una aplicación que utiliza la inteligencia artificial para la búsqueda de artículos.

En todas las bases de datos las principales palabras clave fueron “dry-land strength training” y “resistance training” junto al operador Booleano OR y “swimming performance” con el operador Booleano AND, resultando la búsqueda de la siguiente manera: (“dry-land strength training” OR “resistance training” AND “swimming performance”). La figura 1 muestra el proceso completo de búsqueda mediante un diagrama de flujo PRISMA.

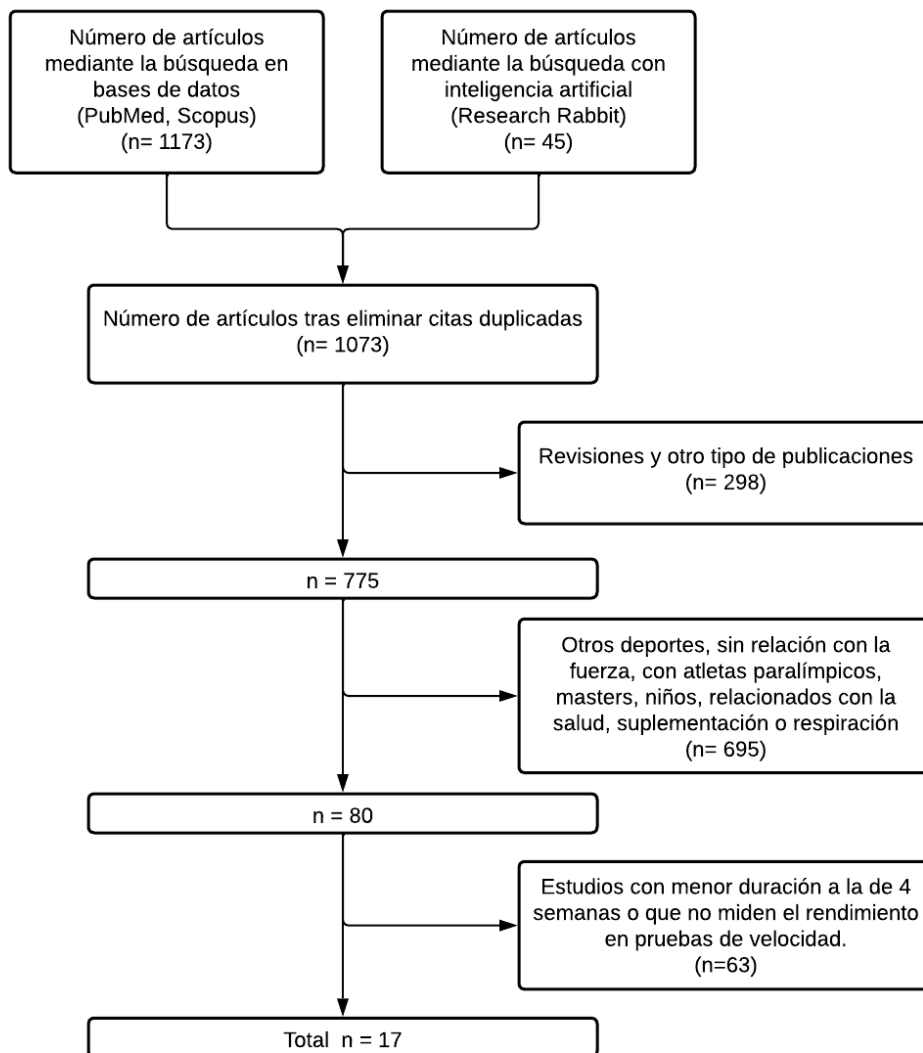


Figura 1: Diagrama de Flujo PRISMA.

3.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

En esta revisión sólo se incluyeron artículos escritos en inglés. Además, únicamente se tuvieron en cuenta los estudios de intervención, por lo que se eliminaron todas las revisiones, meta-análisis e informes de caso.

Se realizó un cribado exhaustivo de los títulos y, posteriormente, se descartaron los siguientes artículos: en primer lugar, aquellos que no tuvieran nada que ver con el entrenamiento de fuerza; en segundo lugar, los escritos sobre otros deportes relacionados con la natación, pero no estrictamente relativos a la natación (por ejemplo, waterpolo, triatlón, natación en aguas abiertas y submarinismo); y finalmente, los concernientes a deportistas lesionados o parapléjicos y a másteres, además de los estudios llevados a cabo con animales.

Así mismo, fueron excluidos por quedar fuera del objetivo de esta revisión los estudios que aplicaban suplementos o cualquier intervención tal como la estimulación eléctrica; los estudios centrados en la recuperación, en la salud, en el COVID-19; los estudios en torno al entrenamiento respiratorio y los estudios relacionados con la comparación de sexos o edades.

Igualmente, y para obtener un conjunto de sujetos relativamente coherente, también se eliminaron los estudios concluidos con niños pequeños y no nadadores.

Por tanto, esta revisión se centrará en nadadores de competición mayores de 13 años y con un nivel competitivo de, al menos, un nivel regional, tanto hombres como mujeres. Se fijó como sujeto de estudio la edad de 13 años, porque se trata de la edad a la que se empieza a hacer entrenamiento de fuerza con relación a la natación.

Finalmente, en el cribado de los abstract se retiraron los estudios en los que el entrenamiento de fuerza no suponía una duración mayor a la de 4 semanas y los estudios en los que no se combinaban el entrenamiento de fuerza con el entrenamiento convencional de natación. Y para terminar, se decidió descartar los estudios que contenían entrenamiento de sprint asistido y los relacionados con pruebas de fondo o nadadores fondistas, para centrar la revisión en pruebas de velocidad (50 y 100 metros).

3.3. CALIDAD DE LOS ESTUDIOS

Para el análisis de calidad de los estudios seleccionados, se utilizó la escala “Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale”. Dicha escala consta de 11 ítems que abordan diferentes aspectos de la metodología del estudio, clasificándose cada ítem como presente (cumple con los criterios) o ausente (no cumple con los criterios). Los ítems evaluados son los siguientes (University of Sydney, 1999):

1. Los criterios de elección son especificados.
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos.
3. La asignación de los grupos fue encubierta.
4. Los grupos tuvieron una línea de base similar en el indicador de pronóstico más importante.
5. Hubo cegamiento para todos los grupos.
6. Hubo cegamiento para todos los evaluadores respecto al grupo que estaban evaluando.
7. Hubo cegamiento de todos los asesores que midieron al menos un resultado clave.
8. Las mediciones de, al menos, un resultado clave fueron obtenidas en más del 85 % de los sujetos inicialmente ubicados en los grupos.
9. Todos los sujetos medidos en los resultados recibieron el tratamiento o condición de control tal como se les asignó o, si no fuese este el caso, los datos de, al menos, uno de los resultados clave fueron analizados con intención de tratar.
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron reportados en, al menos, un resultado clave.
11. El estudio estadístico provee puntos y mediciones de variabilidad para, al menos, un resultado clave.

Los resultados de la calidad de los estudios se muestran en la tabla 2. Los datos de la escala de PEDro muestran una media de $6,65 \pm 0,49$ puntos.

Tabla 2: Calidad de los estudios.

n.	ESTUDIO	ESCALA DE PEDro											TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.	(Amara et al., 2021)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
2.	(Aspenes et al., 2009)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
3.	(Bertoletti Junior et al., 2016)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
4.	(Gourgoulis et al., 2019)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
5.	(Karpiński et al., 2020)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
6.	(Khiyami et al., 2022)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	6
7.	(Lopes et al., 2021)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
8.	(Naczek et al., 2017)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
9.	(Odrážka et al., 2020)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	6
10.	(Potdevin et al., 2011)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
11.	(Ravé et al., 2018)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
12.	(Sadowski et al., 2012)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
13.	(Sadowski et al., 2020)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
14.	(Silva et al., 2022)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
15.	(Tanaka et al., 1993)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
16.	(Valkoumas et al., 2023)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
17.	(Weston et al., 2015)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PARTICIPANTES

Los sujetos de los estudios escogidos en esta revisión sistemática eran sujetos entrenados que han sido clasificados en base a los criterios de caracterización de McKay et al. (2022). En total, XX sujetos participaron en los estudios analizados, cuyas características se resumen en la tabla 3:

Tabla 3: Características de los participantes.

ESTUDIO	PARTICIPANTES (H/M)	EDAD (años)	NIVEL
(Amara et al., 2021)	22 (22/0)	16,3 ± 1	Entrenado
(Aspenes et al., 2009)	20 (8/12)	16,7 ± 1,6	Entrenado
(Bertoletti Junior et al., 2016)	21 (21/0)	15,7 ± 0,2	Altamente Entrenado
(Gourgoulis et al., 2019)	12 (0/12)	13,08	Entrenado
(Karpiński et al., 2020)	16 (16/0)	20,0 ± 1,9	Élite
(Khiyami et al., 2022)	18 (18/0)	13,1	Entrenado
(Lopes et al., 2021)	20 (14/6)	20,67 ± 2	Entrenado
(Nacz et al., 2017)	14 (10/4)	15,8 ± 0,4	Entrenado
(Odráška et al., 2020)	14 (14/0)	24 ± 4,8	Altamente Entrenado
(Potdevin et al., 2011)	23 (13/10)	14 ± 1	Entrenado
(Ravé et al., 2018)	16 (16/0)	16,22 ± 2,63	Entrenado
(Sadowski et al., 2012)	26 (26/0)	14,1 ± 0,5	Entrenado
(Sadowski et al., 2020)	26 (26/0)	14,3 ± 4,5	Altamente Entrenado
(Silva et al., 2022)	16 (9/7)	16,19 ± 2,97	Altamente Entrenado
(Tanaka et al., 1993)	24 (24/0)	19,3 ± 0,45	Élite
(Valkoumas et al., 2023)	14 (0/14)	12,93 ± 0,9	Entrenado
(Weston et al., 2015)	20 (10/10)	16,05 ± 1,55	Entrenado

3.5. RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA

Tras la finalización de esta revisión se llevó a cabo el estudio con 17 artículos que cumplen los criterios anteriormente citados. En estos artículos se han llevado a cabo diferentes métodos de entrenamientos de fuerza que para poder compararlos los clasificaremos según su especificidad. Los sistemas de entrenamiento menos específicos son los entrenamientos de fuerza en seco (entrenamiento de hipertrofia, el entrenamiento de CORE y el entrenamiento de fuerza máxima), seguido por el entrenamiento de fuerza en seco similar al gesto de la natación y el más específico es el nado resistido en el agua.

De los 17 artículos identificados, 5 han estudiado el entrenamiento de fuerza específico de resistencia en el agua con gomas de resistencia o paracaídas. Cuatro estudios investigaron el entrenamiento de fuerza específico en seco con movimientos similares a la brazada de natación, y 7 estudios se centraron en el entrenamiento no específico en seco. Finalmente, Junior et al. en 2016 tenían un grupo de control y dos grupos de investigación, uno de los cuales realizaba un entrenamiento de resistencia en el agua y el otro un entrenamiento de fuerza no específico en seco.

4. RESULTADOS

Los resultados se han estructurado en base al método de entrenamiento que se han utilizado en los estudios. La clasificación, en base a la especificidad del entrenamiento, ha sido la siguiente: entrenamiento de fuerza específico en el agua, entrenamiento de fuerza específico en seco y entrenamiento de fuerza no específico en seco.

4.1. ENTRENAMIENTO DE FUERZA ESPECÍFICO EN EL AGUA

En los cinco estudios en los que se realizó una intervención específica de fuerza en el agua se informaron efectos positivos sobre el rendimiento en diferentes distancias de nado tras la intervención de entrenamiento. Las intervenciones con nado resistido con paracaídas o nado resistido con goma han mostrado mejoras significativas en los tiempos registrados en las pruebas de 25 metros (Amara et al., 2021; Bertoleti Junior et al., 2016). En cambio, en la prueba de 50 metros de nado de crol las mejoras significativas se obtuvieron en dos de los tres estudios en los que se midió esta variable (Amara et al., 2021; Gourgoulis et al., 2019), así como en la medición del tiempo de 100 metros crol (Gourgoulis et al., 2019).

En cuanto a las mediciones de los aspectos cinemáticos, los resultados de los estudios no indicaron cambios significativos respecto a la longitud de brazada (Amara et al., 2021; Gourgoulis et al., 2019; Valkoumas et al., 2023), pero Amara et al. (2021) obtuvieron un aumento del 13.51 ± 4.22 % en la frecuencia de brazada, pese a que Gourgoulis et al. (2019) y Valkoumas et al. (2023) no registraron cambios significativos.

Respecto a la velocidad de nado, Amara et al. (2021) mostraron un aumento del 9.36 ± 2.55 % y Gourgoulis et al. (2019) un $2,18 \pm 0,9$ % de la velocidad media durante el sprint.

Por otro lado, Odrážka et al. en 2020 utilizaron un sistema de nado con el máximo esfuerzo con carga isocinética añadida, utilizando la velocidad de nado en la que los nadadores alcanzaron en la prueba inicial para calcular esa carga. Al igual que en el nado resistido con paracaídas y resistencia con goma este método aumenta la fuerza ejercida en cada brazada mejorando, asimismo, su rendimiento en las pruebas de velocidad. La ventaja de este tipo de entrenamiento ante el nado resistido clásico, el uso del paracaídas, la banda elástica o el cubo de agua, es que el dinamómetro isocinético de natación permite establecer directamente la velocidad de nado en la que alcanza cada nadador la potencia máxima. Tras la realización de un periodo de entrenamiento los deportistas obtuvieron una mejora 3,07 % en su tiempo de 25 metros nado de crol. Todos estos resultados mencionados pueden observarse en la Tabla 4.

Tabla 4: Entrenamiento de Fuerza Específico en Seco.

	25m	50m	100m	FB	LB	V
(Amara et al., 2021)	*	*	-	*	0	*
(Bertoletti Junior et al., 2016)	*	0	-	-	-	-
(Gourgoulis et al., 2019)	-	*	*	0	0	*
(Odráška et al., 2020)	*	-	-	-	-	-
(Valkoumas et al., 2023)	-	-	-	0	0	0

25m: Tiempo en 25 metros crol; 50m: Tiempo en 50 metros crol; 100m: Tiempo en 100 metros crol; FB: Frecuencia de Brazada; LB: Longitud de Brazada; V: velocidad de nado; (): se encontraron efectos positivos; (0): no se encontraron efectos positivos; (-): no se midió este indicador.*

4.2. ENTRENAMIENTO DE FUERZA ESPECÍFICO EN SECO

En este apartado podemos diferenciar dos tipos de intervención: los que utilizan ejercicios en un ergómetro isocinético y los que hacen uso de una polea normal. Todos los estudios informaron de un aumento de fuerza en los test máximos que realizaron fuera del agua (Aspenes et al., 2009; Naczk et al., 2017; Sadowski et al., 2012, 2020).

Para los estudios que utilizaron una polea normal en sus entrenamientos Aspenes et al. (2009) utilizaron un entrenamiento de fuerza que se diseñó para imitar la brazada de mariposa comenzando aproximadamente a 170º de extensión del hombro con las manos paralelas en una barra y tirando de la barra hacia abajo hasta 10º de extensión del hombro mediante flexión bilateral del hombro en un solo movimiento. En cambio, Naczk et al. (2017) utilizaron un sistema de poleas parecido colocando a los nadadores tumbados sobre un banco para simular la posición en el agua. Ambos estudios observaron mejoras en el rendimiento en el agua, pero Aspenes et al. (2009) encontraron un pequeño aumento del rendimiento en la prueba de 400 metros, mientras que Naczk et al. (2017) obtuvieron una gran mejora del rendimiento en las pruebas de 50 y 100 metros.

Sadowski et al. (2012) utilizaron un ergómetro “hidroisocinético” que simula la fase subacuática del brazo durante la brazada de crol. Para su uso los nadadores deben tumbarse en decúbito prono sobre un banco, simulando la posición corporal mantenida durante el nado. Los resultados de la investigación mostraron una ligera mejora en el rendimiento del sprint en las personas que usaron el ergómetro. Sin embargo, este tipo de entrenamiento no influyó en la frecuencia y distancia de brazada.

No obstante, cuando se comparó el entrenamiento con este mismo ergómetro (como sistema de entrenamiento específico) con el entrenamiento de fuerza tradicional (Sadowski et al., 2020) se concluyó que ambos programas de entrenamiento de fuerza mejoraron la potencia y la fuerza de los nadadores, mejorando su rendimiento en el agua. Además, el grupo experimental obtuvo un aumento de la longitud de brazada respecto al grupo de control, lo que aumentó la diferencia en la frecuencia de brazada, descendiendo los valores del grupo que entreno con el ergómetro. La tabla 5 recoge los resultados obtenidos en las mencionadas variables en los distintos estudios.

Tabla 5: Entrenamiento de Fuerza Específico en Seco

	25m	50m	100m	400m	FB	LB	F
(Aspenes et al., 2009)	-	0	0	*	0	0	*
(Naczka et al., 2017)	-	*	*	-	-	-	*
(Sadowski et al., 2012)	*	-	-	-	0	0	*
(Sadowski et al., 2020)	-	-	-	-	*	*	*

25m: Tiempo en 25 metros crol; 50m: Tiempo en 50 metros crol; 100m: Tiempo en 100 metros crol; 400m: Tiempo en 400 metros crol; FB: Frecuencia de Brazada; LB: Longitud de Brazada; F: fuerza (N); (): se encontraron efectos positivos; (0): no encontraron efectos positivos; (-): no se midió ese indicador.*

4.3. ENTRENAMIENTO DE FUERZA NO ESPECÍFICO EN SECO

En cuanto al entrenamiento no específico de fuerza realizado fuera del agua (en “seco”), hubo una gran variación en el tipo de entrenamiento realizado por los deportistas, los efectos medidos y los resultados comunicados de las distintas intervenciones. En este grupo se incluyeron los ejercicios que no simulaban el patrón de movimiento específico del nado de crol y que se orientaban hacia la realización de ejercicios de core, ejercicios de hipertrofia muscular, ejercicios de fuerza máxima o entrenamiento pliométrico.

El estudio de Tanaka et al. (1993) fue el único de este subgrupo de intervenciones de entrenamiento que no obtuvo de efectos positivos tras la intervención de entrenamiento. Bertoletti Junior et al. (2016) reportaron una mejora significativa en un sprint de 25 metros, pero no en el rendimiento en la prueba de 50 metros crol. Varios estudios informaron de mejoras en el rendimiento de nado de crol de 50 metros, mientras que Lopes et al. (2021) informaron de ganancias en el rendimiento tanto en 50 metros como en 100 metros libres. Potdevin et al. (2011) informaron de mejoras en las velocidades de 50 metros y 400 metros libres.

4.3.1. ENTRENAMIENTO DE CORE

Esta forma de entrenamiento se centra en el aumento de la fuerza de los músculos del tronco, ya que un núcleo más fuerte es beneficioso para superar la naturaleza inestable y dinámica del agua y es necesario para producir y transferir fuerza entre el tronco y las extremidades superiores e inferiores (Willardson, 2007). Los tres estudios obtuvieron mejoras significativas en el rendimiento de nado de crol de 50 metros (Karpiński et al., 2020; Khiyami et al., 2022; Weston et al., 2015). De hecho, Karpiński et al. (2020) mostraron una mejora del 1,9 % en el tiempo total de los 50 metros, pero destacaban la mejora de un 28,6 % en el tiempo de los 5 primeros metros después de haber hecho el viraje.

Respecto a las variables cinemáticas dos estudios fueron los que encontraron aumento en la longitud de brazada, destacando el aumento del 2,7 % que obtuvieron Khiyami et al. (2022). Aun así éste fue el único estudio que obtuvo mejoras significativas en la frecuencia de brazada, obteniendo un resultado de la reducción de la frecuencia en un 4,8 % en el grupo que realizó el periodo de entrenamiento de Core.

Por otro lado, Weston et al. (2015) además de hallar una mejora de los tiempos de natación en 50 metros libres, encontraron una mayor eficiencia de brazada en el nado de crol y la capacidad de poder aumentar las contracciones voluntarias de la musculatura del core.

4.3.2. ENTRENAMIENTO DE FUERZA HIPERTÓFICA

El entrenamiento de hipertrofia es un método de entrenamiento para aumentar la masa muscular, incrementando así la fuerza muscular. Se considera entrenamiento de hipertrofia a los entrenamientos cuyas cargas son de entre 60-80 % de 1RM y 6-15 repeticiones durante 3-5 series. Los ejercicios utilizados en los estudios para este sistema de entrenamiento fueron el press de banca, lanzamiento de balón medicinal, la sentadilla, el press militar, los fondos en paralelas, las dominadas, y las elevaciones laterales de brazos.

Bertoletti Junior et al. (2016) Lopes et al. (2021) utilizaron un programa de entrenamiento para todo el cuerpo, mientras que Tanaka et al. utilizaron programas diseñados para aumentar la fuerza en la parte superior del cuerpo. Los principales resultados de los estudios indicaron un mayor rendimiento en las pruebas de 25 metros libres (Bertoletti Junior et al., 2016), y en las distancias de 50 y 100 metros libres (Lopes et al., 2021). Además, encontraron diferencias significativas entre el grupo que llevaba a cabo el entrenamiento de fuerza con el grupo que no

realizó ese entrenamiento en las mediciones de fuerza máxima (Lopes et al., 2021; Ravé et al., 2018; Sadowski et al., 2020; Tanaka & Swensen, 1998).

Por otro lado, Ravé et al., (2018) compararon 2 tipos de carga en los entrenamientos de hipertrofia, en los que realizaban diferentes ejercicios en el Power-Rack. Mientras que un grupo realizaba 6 series con un 70 % de carga respecto al 1RM (conocida como protocolo de carga estándar), el otro grupo hacía un protocolo de carga piramidal en el que realizaban una serie al 50 %, una al 60 %, dos series al 70 %, una serie al 60 % y terminaban con una serie al 50 % de su 1RM. En este estudio no obtuvieron ninguna diferencia entre los tipos de protocolo de carga utilizados para los mismos ejercicios, ya que ambos grupos obtuvieron una ganancia de fuerza significativa y no se vieron diferencias en sus resultados en las mediciones en las pruebas de 50 metros nado de crol.

En cambio, según Sadowski et al. (2020) en la comparación del entrenamiento de hipertrofia tradicional con el entrenamiento con el entrenamiento isocinético fuera del agua, existe mayor transferencia de fuerza en el entrenamiento de hipertrofia tradicional que con el método isocinético, obteniendo mejores resultados en los test de 50 metros libres después de doce semanas de entrenamiento.

4.3.3. ENTRENAMIENTO DE FUERZA MÁXIMA

En el entrenamiento de fuerza máxima es el entrenamiento en el que se usan cargas mayores al 80% de 1RM con 1-6 repeticiones durante 3-5 series, cuyo el objetivo es aumentar la fuerza. La natación depende de la potencia y la fuerza muscular (Tanaka & Swensen, 1998). En los resultados de la búsqueda sólo se obtuvo una investigación que llevaba a cabo un entrenamiento de fuerza máxima.

Lopes et al. (2021) mostraron mejoras en los 50 y 100 metros crol, con diferentes ajustes biomecánicos en la frecuencia de brazada y la longitud de brazada en los 100 metros, pero solo encontraron cambios significativos en la frecuencia de brazada en los 50 metros crol, en comparación con los que sólo realizaron entrenamiento de natación en el agua. Además, se sugirió que el entrenamiento de fuerza máxima en seco mejoraba el rendimiento de fuerza en seco de los nadadores, particularmente en el ejercicio de press de banca.

4.3.4. ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

El entrenamiento pliométrico es una forma de entrenar para mejorar la fuerza explosiva. La mejora de la fuerza tiene su origen en la optimización del ciclo de estiramiento-acortamiento, que se produce cuando el músculo activo pasa de una acción muscular excéntrica rápida (desaceleración) a una acción muscular concéntrica rápida (aceleración), mejorando así la función muscular, la coordinación y la dirección de la fuerza resultante (Rebutini et al., 2016).

Los resultados en la tabla 6 indican que el entrenamiento pliométrico tiene beneficios en el rendimiento del nado a crol en 25 metros (Lopes et al., 2021; Potdevin et al., 2011; Silva et al., 2022), y en la distancia de 50 metros (Lopes et al., 2021; Potdevin et al., 2011). En cambio, Lopes et al. (2021) fueron los únicos que obtuvieron mejoras significativas en la distancia de 100 metros, pero su protocolo de entrenamiento no realizaba el entrenamiento pliométrico de manera aislada.

Finalmente, hay que destacar que los resultados también indicaron que el entrenamiento pliométrico podría ser relevante para mejorar el rendimiento en natación de los nadadores adolescentes al mejorar el rendimiento en las fases de salida y viraje (Potdevin et al., 2011).

La Tabla 6 recoge los resultados sobre las diferentes variables analizadas a través de los distintos métodos de entrenamiento fuera del agua.

Tabla 6: Entrenamiento de Fuerza No Específico en Seco

CORE	50m		FB	LB		
(Karpiński et al., 2020)	*		0			*
(Khiyami et al., 2022)	*		*			*
(Weston et al., 2015)	*		-			-
HIPERTROFIA	25m	50m	100m	FB	LB	F
(Bertoletti Junior et al., 2016)	*	0	-	-	-	-
(Lopes et al., 2021)	*	*	*	0	0	*
(Ravé et al., 2018)	-	0	-	-	-	*
(Sadowski et al. 2020)	-	-	-	*	*	*
(Tanaka et al. 1998)	-	-	-	0	0	*
F. MÁXIMA	25m	50m	100m	FB	LB	F
(Lopes et al., 2021)	*	*	*	0	0	*
PLIOMÉTRICO	25m	50m	100m	400m	CMJ	V

(Lopes et al., 2021)	*	*	*	-	-	-
(Potdevin et al., 2011)	*	*	-	*	*	*
(Silva et al., 2022)	*	-	-	-	*	*

25m: Tiempo en 25 metros crol; 50m: Tiempo en 50 metros crol; 100m: Tiempo en 100 metros crol; 400m: Tiempo en 400 metros crol; FB: Frecuencia de Brazada; LB: Longitud de Brazada; F: fuerza (N); V: velocidad (m/s); CMJ: Counter Movement Jump; (): se encontraron efectos positivos; (0): no se encontraron efectos positivos; (-): no se midió ese indicador.*

5. CONCLUSIONES

El principal hallazgo de la revisión bibliográfica realizada fue que los tres grupos principales de métodos de entrenamiento tenían intervenciones que conducían a ganancias significativas en el rendimiento de la natación de nado de crol.

Los resultados indican que el entrenamiento de fuerza específico en seco, el entrenamiento de hipertrofia y el entrenamiento de fuerza máxima son los sistemas de entrenamiento con mayor incidencia en el aumento del rendimiento en la natación, especialmente en las pruebas de velocidad.

En lo que respecta a los entrenamientos de fuerza dentro del agua, el nado resistido con goma y paracaídas han sido los métodos más utilizados, y pese a que su uso haya mejorado el rendimiento en las pruebas más cortas de natación, ha obtenido resultados similares al entrenamiento de fuerza tradicional (Bertoletti Junior et al., 2016). Es por eso, que podemos decir, que pese a su especificidad no es necesariamente más beneficioso que el entrenamiento de fuerza tradicional.

En segundo lugar, los sistemas de entrenamiento específicos en seco no han demostrado mejoras significativas en las pruebas de velocidad, ya que se han llegado a encontrar mayores mejoras en test de 400 metros (Aspenes et al., 2009). A pesar de ello, es un sistema de entrenamiento que aumenta la fuerza de los deportistas, y aumenta la longitud de brazada.

En cuanto a el entrenamiento de fuerza no específico en seco, o entrenamiento de fuerza tradicional, el entrenamiento de fuerza hipertrófica ha demostrado ser un método eficaz para aumentar el rendimiento de los nadadores. La duración de las pruebas de natación hace que las series con más repeticiones sean más parecidas en duración que las pruebas. De igual manera, el entrenamiento de fuerza máxima ha demostrado mejoras significativas en el rendimiento de las pruebas de 25, 50 y 100 metros libres. En este caso, ha faltado mayor evidencia científica para poder contrastar los resultados del estudio de Lopes et al. (2021), ya que ha sido el único estudio que ha realizado series de fuerza máxima en los artículos seleccionados por este estudio.

Por otro lado, aunque los entrenamientos aislados de Core y los entrenamientos de pliometría no hayan sido los sistemas con mayores mejoras en el rendimiento de la natación, hay que destacar de realizar entrenamientos pliométricos y entrenamientos específicos de Core con adolescentes, que se ha demostrado ganancias de fuerza mayores y mejora en su eficiencia de nado gracias a estos sistemas de entrenamiento.

Por lo tanto, pese a que los resultados no mostraron diferencias entre las mejoras obtenidas gracias al entrenamiento de fuerza dentro y fuera del agua, no significa que podamos sustituir el entrenamiento específico de natación por el entrenamiento en seco. Ya que, debido al principio de especificidad, el entrenamiento de fuerza en el agua proporciona a los deportistas una mayor sensibilidad técnica, lo que permite mejorar las sensaciones en el agua.

Es por eso que sugiero a los entrenadores la inclusión de diversos métodos de entrenamiento de fuerza en sus planificaciones. Aunque el entrenamiento de fuerza en seco no implica sustituir el entrenamiento de resistencia en el agua, ambos pueden ser complementarios y positivos. Es beneficioso para la planificación general realizar entrenamientos de fuerza tanto dentro como fuera del agua, maximizando así los resultados y el rendimiento de los nadadores.

Es evidente que cualquiera de los diferentes métodos de entrenamiento de fuerza produjo mayores ganancias en el rendimiento de natación en comparación con los grupos de control, ya que, los grupos de control sólo realizaban entrenamiento de resistencia en el agua, y no realizaban entrenamiento de fuerza.

Sin embargo, se necesitan más investigaciones con ensayos controlados aleatorios de alta calidad e intervenciones de entrenamiento más largas, con documentación completa de todos los planes de entrenamiento, utilizando nadadores senior de élite para interpretar con precisión los resultados de las distintas formas de entrenamiento de fuerza y proporcionar directrices claras para el entrenamiento de resistencia en nadadores.

En concreto he notado falta de evidencia en entrenamiento de fuerza en seco intercalado con sprints en el agua. De hecho, Cometti (2007) realizó una propuesta de entrenamiento en la que se intercalaba el entrenamiento de fuerza con el entrenamiento de resistencia en el agua, lo que es posible que obtenga buenos resultados tanto en la mejora de fuerza de los nadadores como en la capacidad aláctica de los mismos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Amara, S., Barbosa, T. M., Negra, Y., Hammami, R., Khalifa, R., & Chortane, S. G. (2021). The effect of concurrent resistance training on upper body strength, sprint swimming performance and kinematics in competitive adolescent swimmers. A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph181910261>
- Aspenes, S., Kjendlie, P.-L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. In *Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 8). <http://www.jssm.org>
- Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza* (Vol. 308).
- Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., & Grivas, G. V. (2016). Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2361–2367. www.nsga.com
- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 13, Issue 2, pp. 262–269). <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.01.003>
- Barbosa, T. M., Morais, J. E., Ma', M., Marques, M. C., Costa, M. J., & Marinho, D. A. (2014). *THE POWER OUTPUT AND SPRINTING PERFORMANCE OF YOUNG SWIMMERS*. www.nsga.com
- Bellinger, P., Lievens, E., Kennedy, B., Rice, H., Derave, W., & Minahan, C. (2022). The Muscle Typology of Elite and World-Class Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(8), 1179–1186. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0048>
- Bertoletti Junior, E., Aidar, F. J., Fabricio De Souza, R., Gama De Matos, D., Camara, M. B., Aline, A., Gomes, B., Moreira, O. C., Guilherme, B., Cabral, A. T., & Domingos Garrido, N. (2016). Swimming Performance Evaluation in Athletes Submitted to Different Types of Strength Training. *Journal of Exercise Physiology Online*, 19(6), 1–9.

- Blanksby, B. A., Bloomfield, J., Ponchard, M., & Ackland, T. R. (1986). The relationship between anatomical characteristics and swimming performance in state age-group championship competitors. *Journal of Swimming Research*, 2(2), 30–36.
- Capelli, C., Pendergast, D. R., & Termin, B. (1998). *Energetics of swimming at maximal speeds in humans*.
- Caputo, F., Fernandes Mendes De Oliveira, M., Denadai, S., & Greco, C. C. (2006). Intrinsic factors of the locomotion energy cost during swimming *. In *Rev Bras Med Esporte* (Vol. 12).
- Crowley, E., Harrison, A. J., & Lyons, M. (2017). The Impact of Resistance Training on Swimming Performance: A Systematic Review. In *Sports Medicine* (Vol. 47, Issue 11, pp. 2285–2307). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0730-2>
- Dominguez-Castells, R., Izquierdo, M., & Arellano, R. (2013). An updated protocol to assess arm swimming power in front crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 34(4), 324–329. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1323721>
- Dopsaj, M., Matković, I., & Zdravković, I. (2000). The Relationship Between 50m-freestyle Results and Characteristics of Tethered Forces in Male Sprint Swimmers: A New Approach to Tethered Swimming Test. *Facta Universitatis-Series: Physical Education and Sport*, 1(7), 15–22.
- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). An energy balance of the 200 m front crawl race. *European Journal of Applied Physiology*, 111(5), 767–777. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1696-z>
- Gatta, G., Cortesi, M., Swaine, I., & Zamparo, P. (2017). Mechanical Power, Thrust Power and Propelling Efficiency: Relationships with Elite Sprint Swimming Performance. *Journal of Sport Sciences*, 36(5), 506–512.
- Geladas, N. D., Nassis, G. P., & Pavlicevic, S. (2005). Somatic and Physical Traits Affecting Sprint Swimming Performance in Young Swimmers. *Int J Sports Med*, 26. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817862> Published817862'817862'Published
- Girold, B., Jalab, C., Bernard, O., Carette, P., Kemoun, G., & Dugué, B. (2012). Dry-land Strength Training vs. Electrical Stimulation in Sprint Swimming Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 497–505. www.nscj-jscr.org

- González-Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento* (3rd ed., Vol. 302). INDE.
- Gourgoulis, V., Valkoumas, I., Boli, A., Aggeloussis, N., & Antoniou, P. (2019). Effect of an 11-Week In-Water Training Program with Increased Resistance on the Swimming Performance and the Basic Kinematic Characteristics of the Front Crawl Stroke. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(1), 95–103. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001879>
- Hawley, J. A., & Williams, M. M. (1991). Relationship Between Upper Body Anaerobic Power and Freestyle Swimming Performance. *International Journal of Sports Medicine*, *12*(01), 1–5.
- Karpiński, J., Rejdych, W., Brzozowska, D., Gołaś, A., Sadowski, W., Swinarew, A. S., Stachura, A., Gupta, S., & Stanula, A. (2020). The effects of a 6-week core exercises on swimming performance of national level swimmers. *PLoS ONE*, *15*(8 August). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394>
- Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H., & Haff, G. G. (2019). *The Influence of Upper-and Lower-Body Maximum Strength on Swim Block Start, Turn, and Overall Swim Performance in Sprint Swimming*. www.nasca.com
- Khiyami, A., Nuhmani, S., Joseph, R., Abualait, T. S., & Muaidi, Q. (2022). Efficacy of Core Training in Swimming Performance and Neuromuscular Parameters of Young Swimmers: A Randomised Control Trial. *Journal of Clinical Medicine*, *11*(11). <https://doi.org/10.3390/jcm11113198>
- Lopes, T. J., Neiva, H. P., Gonçalves, C. A., Nunes, C., & Marinho, D. A. (2021). The effects of dry-land strength training on competitive sprinter swimmers. *Journal of Exercise Science and Fitness*, *19*(1), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.06.005>
- McKay, A. K. A., Stellingwerff, T., Smith, E. S., Martin, D. T., Mujika, I., Goosey-Tolfrey, V. L., Sheppard, J., & Burke, L. M. (2022). Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *17*(2), 317–331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0451>
- Meckel, Y., Bishop, D. J., Rabinovich, M., Kaufman, L., Nemet, D., & Eliakim, A. (2012). The Relationship Between Short- and Long-Distance Swimming Performance and Repeated Sprint Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(12), 3426–3431. www.nasca.com

- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Silva, A. J., & Marinho, D. A. (2021). Young Swimmers' Anthropometrics, Biomechanics, Energetics, and Efficiency as Underlying Performance Factors: A Systematic Narrative Review. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691919>
- Morouço, P. G., Marinho, D. A., Amaro, N. M., Pérez-Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2012). Effects of dry-land strength training on swimming performance: A brief review. In *Journal of Human Sport and Exercise* (Vol. 7, Issue 2, pp. 553–559). <https://doi.org/10.4100/jhse.2012.72.18>
- Morouço, P. G., Marinho, D. A., Keskinen, K. L., González-Badillo, J. J., & Marques, M. C. (2014). Tethered Swimming Can Be Used to Evaluate Force Contribution for Short-Distance Swimming Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3093–3099. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000509>
- Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship Between Tethered Forces and the Four Swimming Techniques Performance. In *Journal of Applied Biomechanics* (Vol. 27).
- Naczka, M., Lopacinski, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Naczka, A., & Adach, Z. (2017). Influence of short-term inertial training on swimming performance in young swimmers. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 369–377. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1241304>
- Odráška, L., Krč, H., Grznár, Ľ., & Čillík, I. (2020). Effect of resistance isokinetic training on power and speed development in a group of competitive swimmers. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(2), 599–604. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.02088>
- Pelot, T., & Darmiento, A. (2012). Strength and power training for the elite swimmer: can weights positively impact elite swim performance when “elite performance” requires 15–25 hours/week of practice. *Olympic Coach*, 23, 22–31.
- Pérez-Olea, J. I., Valenzuela, P. L., Aponte, C., & Izquierdo, M. (2018). *Relationship between Dry-land Strength and Swimming Performance: Pull-up Mechanics as a predictor of Swimming Speed*. www.nasca.com
- Pinos, A. J., Fernandes, E. M., Viana, E., Logan-Sprenger, H. M., & Bentley, D. J. (2021). *Applicability of Maximal Ergometer Testing and Sprint Performance in Adolescent Endurance and Sprint Trained Swimmers*. <https://doi.org/10.3390/sports>

- Potdevin, J., Alberty, M. E., Chevutski, A., Pelayo, P., & Sidney, M. C. (2011). *Effects of a 6-week Plyometric Training Program on Performances in Pubescent Swimmers*. www.nsca-jscr.org
- Ravé, J. M. G., Lega-Rrese, A., González-Mohino, F., Yustres, I., Barragán, R., De Asís Fernández, F., Juárez, D., & Arroyo-Toledo, J. J. (2018). The Effects of Two Different Resisted Swim Training Load Protocols on Swimming Strength and Performance. *Journal of Human Kinetics*, *64*(1), 195–204. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0194>
- Ring S., Mader A., Wirtz W., & Wilke K. (1996). Energy Metabolism During Sprint Swimming. In *Biomechanics and Medicine in Swimming: Vol. VII* (pp. 177–184).
- Rodríguez, F. A., & Mader, A. (2011). Energy systems in swimming. *World Book of Swimming: From Science to Performance, Chapter 11*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3260.5128>
- Sadowski, J., Mastalerz, A., & Gromisz, W. (2020). Transfer of Dry-Land Resistance Training Modalities to Swimming Performance. *Journal of Human Kinetics*, *74*(1), 195–203. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0025>
- Sadowski, J., Mastalerz, A., Gromisz, W., & Niżnikowski, T. (2012). Effectiveness of the power dry-land training programmes in youth swimmers. *Journal of Human Kinetics*, *32*(1), 77–86. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0025-5>
- Sander, A., Keiner, M., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Science*, *13*(5), 445–451. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.742572>
- Sharp, R. L., Troup, J. P., & Costill, D. L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *14*(1), 53–56.
- Silva, C., Jesus, J., Vilarigues, I., Aranha, I., Candeias, I., Santos, F., & Figueiredo, I. (2022). Effects of a 10-week dry-land strength and conditioning program in physical capacities and start of previously federated and regular swimming practitioners. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, *22*, 230–244.
- Stanula, A., Maszczyk, A., Rocznik, R., Pietraszewski, P., Ostrowski, A., Zajac, A., & Strzała, M. (2012). The development and prediction of athletic performance in freestyle swimming. *Journal of Human Kinetics*, *32*(1), 97–107. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0027-3>

- Styles, W. J., Matthews, M. J., & Comfort, P. (2016). Effects of Strength Training on Squat and Sprint Performance in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1534–1539. www.nscs.com
- Swanwick, E., & Matthews, M. (2018). Redefining Exercise Intensity during Competition Swimming. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 5(4). <https://doi.org/10.26717/bjstr.2018.05.001232>
- Tanaka, H., Costill, D. L., Thomas, R., Fink, W. J., & Widrick, J. J. (1993). Dry-Land Resistance training for competitive swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25, 952–959.
- Toussaint, H. M., Van Den Berg, C., & Beek, W. J. (2002). “Pumped-up propulsion” during front crawl swimming. In *Med. Sci. Sports Exerc* (Vol. 34, Issue 2). <http://journals.lww.com/acsm-msse>
- Toussaint, H. M., & Vervoorn, K. (1990). Effects of Specific High Resistance Training in the Water on Competitive Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 11(03), 228–233.
- Trinidad Morales, A., & Lorenzo Calvo, A. (2012). Anàlisi dels indicadors de rendiment en les finals europees de natació en proves curtes i en estil lliures. *Apunts Educació Física i Esports*, 107, 97–107. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.\(2012/1\).107.10](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.(2012/1).107.10)
- University of Sydney. (1999, June 21). *Escala PEDro*. <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>
- Valkoumas, I., Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., & Antoniou, P. (2023). The influence of an 11-week resisted swim training program on the inter-arm coordination in front crawl swimmers. *Sports Biomechanics*, 22(8), 940–952. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1770324>
- Weimar, W., Sumner, A., Romer, B., Fox, J., Rehm, J., Decoux, B., & Patel, J. (2019). Kinetic analysis of swimming flip-turn push-off techniques. *Sports*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/sports7020032>
- West, D. J., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2011). *Strength and Power Predictors of Swimming Starts in International Sprint Swimmers*. www.nscs-jscr.org
- Weston, M., Hobbs, A. E., Thompson, K. G., & Spears, I. R. (2015). Isolated Core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(2), 204–210.

Willems, T. M., Cornelis, J. A. M., De Deurwaerder, L. E. P., Roelandt, F., & De Mits, S. (2014). The effect of ankle muscle strength and flexibility on dolphin kick performance in competitive swimmers. *Human Movement Science*, *36*, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.05.004>

Young, W. B. (2006). Transfer of Strength and Power Training to Sports Performance. In *BRIEF REVIEWS International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 1).

Yu Kwok, W., Chun Lung So, B., Hon Ting Tse, D., & Sheung Mei Ng, S. (2021). A Systematic Review and Meta-Analysis: Biomechanical Evaluation of the Effectiveness of Strength and Conditioning Training Programs on Front Crawl Swimming Performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, *20*, 564–585. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.564>