



Apunts Educación Física y Deportes

ISSN: 1577-4015

ISSN: 2014-0983

pubinefc@gencat.cat

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

España

López-Contreras, Gracia; Campaña-Montilla, María
Paz; Cuenca-Fernández, Francisco; Arellano, Raúl
Cambios en la técnica de Crol causados por diferentes ejercicios técnicos
Apunts Educación Física y Deportes, vol. 38, núm. 148, 2022, -Junio, pp. 34-41
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya
Barcelona, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551670577005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Editado por:
© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

***Correspondencia:**
Francisco Cuenca-Fernández
cuenca@ugr.es

Sección:
Entrenamiento deportivo

Idioma del original:
Castellano

Recibido:
2 de julio de 2021

Aceptado:
28 de octubre de 2021

Publicado:
1 de abril de 2022

Portada:
2022 ONU año
Internacional del
Desarrollo Sostenible
de las Montañas.
Tirol (Austria)
@Adobe Stock

Cambios en la técnica de crol causados por diferentes ejercicios técnicos

Gracia López-Contreras^{1*} , María Paz Campaña-Montilla¹,
Francisco Cuenca-Fernández¹  y Raúl Arellano¹ 

¹ Grupo de Investigación Actividad Física y Deportiva en el Medio Acuático, Departamento de la Universidad de Granada. Educación Física y Deportiva. Carretera de Alfacar, s/n 18001 – Granada. Universidad de Granada. Granada (España)

Citación

López-Contreras, G., Campaña-Montilla, M. P., Cuenca-Fernández, F., & Arellano, R. (2022). Changes in Front Crawl Technique Caused by Different Technical Exercises. *Apunts Educación Física y Deportes*, 148, 34-41. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/2\).148.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/2).148.05)

Resumen

Algunos ejercicios de natación alteran la rotación del eje longitudinal del cuerpo. Este estudio determinó las diferencias y la simetría de la rotación del hombro y la cadera causada por diferentes ejercicios. En un diseño transversal, 16 nadadores entrenados realizaron seis protocolos diferentes de nado a crol: i) no respiración (NR); ii) respiración derecha (RD); iii) un brazo extendido y respiración derecha (ERD) o iv) izquierda (ERI); v) un brazo pegado al cuerpo y respiración derecha (CRD) o vi) izquierda (CRI). Los ejercicios se registraron en vídeo con dos cámaras frontales y los ángulos se midieron mediante Kinovea®. El ANOVA de dos vías exploró la interacción protocolos-ejercicio. Las diferencias entre el lado del brazo ejecutor (BE) y el no ejecutor (BNE) se compararon mediante pruebas t de muestras pareadas. Los hombros rotaron más que las caderas y alcanzaron antes la máxima rotación. La respiración aumentó la rotación en ~7-12°. CRD y CRI mostraron rangos de rotación más bajos que los otros protocolos, pero obtuvieron asimetrías significativas entre el lado ejecutor (hombro: 8-19°; cadera: 12-17°) y no ejecutor (hombro: 66-77°; cadera: 51-68°). CRD y CRI mostraron rangos de rotación similares a los de la natación normal, pero obtuvieron un tiempo de ciclo de brazada diferente (1.5 s vs. 1.3 s). Los cambios entre la rotación de hombros y caderas no fueron homogéneos y se vieron especialmente propiciados por los ejercicios de natación, sobre todo al respirar. Los entrenadores deberían reconsiderar la inclusión de estos ejercicios en programas de natación.

Palabras claves: aprendizaje, biomecánica, entrenamiento, lateralidad, natación.

Introducción

La natación a crol suele presentar problemas persistentes durante su aprendizaje, como la dificultad para respirar y la falta de ritmo o de coordinación (Zhang, 2014). Por esta razón, se suelen aplicar ejercicios específicos (también denominados *drills*) para enseñar y corregir las técnicas de natación (Bielec et al., 2008; Lucero, 2015; Wen et al., 2016). Algunos ejercicios de natación requieren una excesiva participación cognitiva y de habilidades y, por lo tanto, pueden ser difíciles para los principiantes, no obstante, otros, como los ejercicios de natación con restricción de la respiración y los ejercicios de crol frontal con un brazo, se utilizan habitualmente para reproducir algunas condiciones de la competición o como procedimiento para obligar al nadador a centrarse más en un aspecto concreto de su técnica (Zhang, 2014; Lucero, 2015).

Aunque la literatura científica no ha abordado un estudio detallado sobre este tema, existen evidencias basadas en estudios centrados en los cambios en la rotación longitudinal del cuerpo durante la natación (es decir, el rolido). Básicamente, esta rotación aumenta la eficacia de la tracción de brazos, ya que permite el uso de grandes grupos musculares (Prichard, 1993; Andersen et al., 2020). Además, la respiración y la recuperación del brazo son más suaves, ya que se da más espacio a la cabeza y a los hombros para que se muevan mientras el cuerpo rota (Payton et al., 1997; Psycharakis y Sanders, 2010). Sin embargo, algunos estudios han demostrado que las trayectorias de los brazos pueden verse modificadas y afectadas negativamente por una excesiva rotación del cuerpo (Payton et al., 1997; Psycharakis y Sanders, 2010; Lecrivain et al., 2010). Además, dado que estos cambios están modulados por la velocidad de nado (Psycharakis y Sanders, 2010), el aumento de las acciones de la parte superior del cuerpo reduciría el rango global y la duración de dicha rotación (Andersen et al., 2020; Yanai, 2001; Sanders y Psycharakis, 2009), restringiendo así el efecto de giro en direcciones no propulsivas y manteniendo el cuerpo más hidrodinámico (Cappaert et al., 1995; Yanai, 2003). De hecho, un error común encontrado a pie de piscina es la tendencia a incluir estas prácticas durante sesiones de baja intensidad o como recuperación entre series de alta intensidad, ya que esto conlleva una reducción del ritmo de nado y no se podría esperar una transferencia a la natación competitiva real. Por lo tanto, independientemente de los cambios en la técnica, los ejercicios de natación realizados a baja velocidad también lograrían un aumento de la rotación de hombros y caderas.

Algunos autores han mostrado que en los nadadores, es normal encontrar una asimetría en la rotación del

cuerpo entre el lado que respira y el que no respira es, (Psycharakis y Sanders, 2010; Psycharakis y McCabe, 2011; de Souza-Castro et al., 2007; Payton et al., 1999). Sin embargo, la asimetría causada por las acciones de la respiración puede aumentar durante los ejercicios de natación si el nadador se ve forzado a adoptar una posición que crea una asimetría adicional *per se*. Por ejemplo, los ejercicios de crol frontal con un solo brazo son comunes en las prácticas de natación para mejorar la coordinación de la respiración, para trabajar más con un solo brazo o como una forma de modificar la técnica del nadador (Lucero, 2015; Yanai y Hay, 2000; López-Contreras y Arellano, 2002). Sin embargo, es importante señalar que la pérdida de propulsión y estabilidad corporal que se obtiene al restringir las acciones del brazo no ejecutor (BNE) produciría un aumento compensatorio en las acciones del brazo ejecutor (BE), que podría estar relacionado con una pérdida de longitud de brazada (Cuenca-Fernández et al., 2020a). Por lo tanto, es posible que se obtenga poco o ningún beneficio de estos ejercicios de natación, especialmente si no se mantiene un ritmo de brazada consistente durante la práctica (Funai et al., 2019).

Por último, aunque se ha demostrado que los hombros rotan más que las caderas independientemente de la velocidad de nado (Andersen et al., 2020; Cappaert et al., 1995; Yanai, 2003), la rotación de la cadera aumenta durante las pruebas de natación a medida que progresa la fatiga de los nadadores, posiblemente por una menor acción compensatoria de las piernas (Psycharakis y Sanders, 2008). Esto sugiere que la estabilidad de un nadador en el agua parece verse afectada por aspectos de naturaleza multifactorial como los causados por las acciones de respiración y patada, así como los causados por la baja velocidad de nado (Psycharakis y Sanders, 2010; Sanders y Psycharakis, 2009). Por lo tanto, no hay razón para ignorar las posibles alteraciones que puedan producir los ejercicios de natación.

Llegados a este punto, y dado que el objetivo intrínseco de un *drill* es provocar cambios en la natación real después de una práctica repetitiva continua, nos propusimos observar si esos ejercicios realizados a velocidad máxima realmente maximizarían o deteriorarían la técnica de natación antes de incorporarlos a un programa de entrenamiento a largo plazo. Por esta razón, el propósito de este estudio fue determinar las diferencias biomecánicas entre algunos ejercicios comunes de natación de crol sobre la rotación del hombro y la cadera y su simetría entre el lado del brazo ejecutor y el no ejecutor (BE; BNE). Nuestra hipótesis fue que ciertos ejercicios de natación causarían alteraciones que podrían ser críticas en la técnica.

Metodología

Diseño experimental

Se utilizó un diseño transversal para explorar la técnica de natación durante seis protocolos diferentes de ejercicios de crol. Los protocolos consistieron en: i) no respiración (NR); ii) respiración a la derecha (RD); nado a crol con un brazo manteniendo el brazo no ejecutor (BNE) extendido delante de la cabeza y respirando en el lado del brazo ejecutor (BE): iii) a la derecha (ERD) y iv) a la izquierda (ERI); nado a Crol con un brazo manteniendo el BNE en el cuerpo y

respirando en ese lado: v) a la derecha (CRD) y vi) a la izquierda (CRI) (Figura 1). Los seis protocolos se aplicaron de forma aleatoria y las diferencias en la rotación de hombros y caderas se observaron intraparticipantes.

Participantes

Un grupo de 16 nadadores nacionales de competición (hombres $n = 10$; mujeres $n = 6$), de edades comprendidas entre los 14 y los 18 años fueron informados de los posibles riesgos y los requisitos de la prueba, y proporcionaron un consentimiento informado firmado para participar

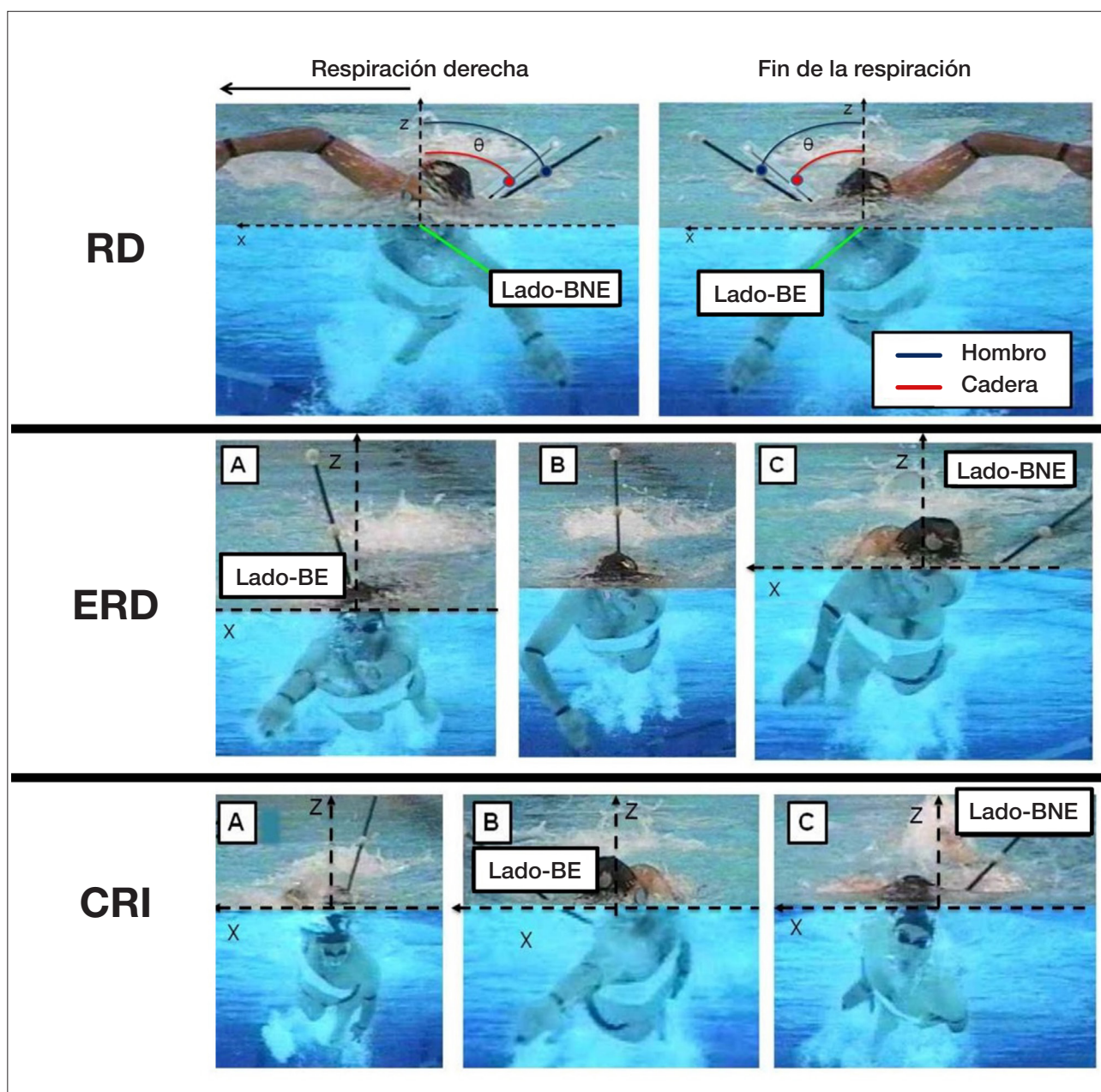


Figura 1

Ejercicios de natación y sistema de registro utilizado para calcular la rotación del hombro y la cadera en relación con el eje vertical del cuerpo. Respiración derecha (RD); respiración derecha extendida con el brazo (ERD); respiración izquierda con el brazo pegado al cuerpo (CRI); lado del brazo ejecutor (BE); lado del brazo no ejecutor (BNE).

en el experimento. Los menores de 18 años también proporcionaron el consentimiento de sus padres. Los criterios de inclusión fueron: i) tener el crol como primer estilo de competición; ii) ejecutar la respiración por el lado derecho para mantener la igualdad entre el lado dominante y la lateralidad de nuestros participantes (21); y iii) presentar al menos 5 años de entrenamiento reglado. El estudio se diseñó de acuerdo con la declaración de Helsinki para la investigación en humanos y fue aprobado por el comité de ética de la Universidad de Granada (código 852).

Procedimiento: materiales e instrumentos

Antes de la prueba, los nadadores asistieron a una sesión de familiarización para poner en práctica los ejercicios de natación y el proceso de evaluación. El contexto experimental fue una piscina de 25 x 12.5 m (temperatura del agua = 27 °C). Los nadadores llegaron a la piscina dentro de su horario habitual de entrenamiento vespertino, tras haberse abstenido de realizar ejercicios extenuantes durante las 24 horas anteriores. A su llegada, las articulaciones del codo y de la muñeca y la punta del dedo índice se marcaron con cinta negra, y se realizó un calentamiento compuesto por 8 x 25 m de natación a crol antes del inicio de la prueba. Cada protocolo de test consistió en seis esfuerzos de 15 metros y se pidió a los nadadores que evitaran nadar bajo el agua.

Se colocaron dos barras dorsales de metacrilato (longitud y anchura: 50 x 1 cm) en los nadadores a través de una base unida a un cinturón ajustado firmemente a la altura de los bordes inferiores de la escápula y entre las crestas ilíacas (es decir, la región lumbar) (Figura 1). Las marcas de cinta negra en las articulaciones permiten una digitalización precisa (Andersen et al., 2020), y las barras se fijan firmemente al cuerpo y no se deslizan (Payton et al., 1997; Liu et al., 1993). Una vez colocadas las barras, los participantes fueron fotografiados tumbados en posición ventral frente a una referencia fijada a la pared. Esto permitió calibrar y asegurar el correcto posicionamiento de la barra en posición vertical. Los valores de la rotación máxima del hombro y de la cadera en torno al eje longitudinal del cuerpo se midieron mediante la posición de las barras en relación con la posición vertical (en grados °) (Figura 1).

Variables medidas

Los ángulos de rotación máximos alcanzados en el lado BE se midieron durante la primera mitad de la acción total del brazo, mientras que los valores del lado BNE se midieron durante la respiración en el lado BE (con la excepción de CRD y CRI, porque la respiración se produjo en el lado BNE). Se utilizaron técnicas fotogramétricas bidimensionales (2D) con dos cámaras de vídeo (S-VHS NV-MS4, 50 Hz, Panasonic Corp., Japón), situadas en el plano frontal (una de ellas en la superficie y la otra bajo el agua), y los registros

se superpusieron en el espacio y el tiempo mediante un conmutador de vídeo (Digital video switcher SE-900, Whittier, EE. UU.). Cada nadador realizó los ejercicios a través de una zona que había sido previamente calibrada mediante un sistema de referencia (1.50 m de longitud, 0.88 m de anchura y 0.93 m de altura). Este sistema, que contenía 15 puntos de referencia de ubicación conocida, se colocó en el centro de la calle de natación, y la zona de registro establecida osciló entre 5 y 6.50 m desde la cámara frontal. La digitalización y la medición de los ángulos se realizaron con la versión 0.7.10 de Kinovea®.

Análisis de datos

Las estadísticas descriptivas se expresaron como media $\pm$ SD (desviación estándar) e intervalos de confianza (IC 95 %). Se calcularon y clasificaron los tamaños del efecto (d) de las diferencias obtenidas (pequeño si $0 \leq |d| \leq .5$; medio si $.5 < |d| \leq .8$; y grande si $|d| > .8$) (Andersen et al., 2020). La distribución de normalidad se analizó mediante el método de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias entre el factor “protocolo” y los factores “hombro vs. cadera” se analizaron mediante ANOVA de dos vías de medidas repetidas y las posteriores pruebas *post hoc* se llevaron a cabo mediante el método de Bonferroni. Se realizaron pruebas t de muestras apareadas para comparar los valores de hombro y cadera del lado BE y BNE en todas las condiciones. La significación estadística se fijó en $p < .05$ y todos los procedimientos estadísticos se realizaron con el programa SPSS 23.0 (IBM, Chicago, IL, EE. UU.). Para evaluar la fiabilidad de los datos se utilizó la fiabilidad test-retest (coeficiente de correlación intraclase [CCI]), intra e interobservadores. El CCI intraobservador osciló entre 0.95 % y 0.96 %, y el CCI interobservador, entre 0.97 % y 0.99 %.

Resultados

El rango total de rotación mostró diferencias significativas en función del protocolo ($F_{5, 11} = 61.42$; $p < .01$), de las diferencias entre hombro y cadera ($F_{5, 11} = 335.19$; $p < .01$) y de una interacción entre el protocolo y el factor hombro vs. cadera ($F_{5, 11} = 18.45$; $p < .01$). La rotación del hombro fue mayor que la de cadera en los seis protocolos estudiados (Figura 2A) ($F_{5, 11} = 61.422$; $p < .01$). Los valores más bajos se obtuvieron para ambos casos en ERD ($p < .00$; $p = .01$), mientras que fueron similares en RD, CRD y CRI (Tabla 1). En el lado NEA, la rotación de hombros fue mayor que la de caderas para los seis protocolos estudiados ($F_{5, 11} = 395.402$; $p < .01$). El mayor valor de rotación en hombros y caderas se obtuvo en ERI (Tabla 1). En el lado BE, la rotación de los hombros fue mayor que la de caderas en NR, RD, CRD y CRI ($F_{5, 11} = 154.336$, $p < .01$), pero fue similar a la de caderas en ERD y ERI (Tabla 1).

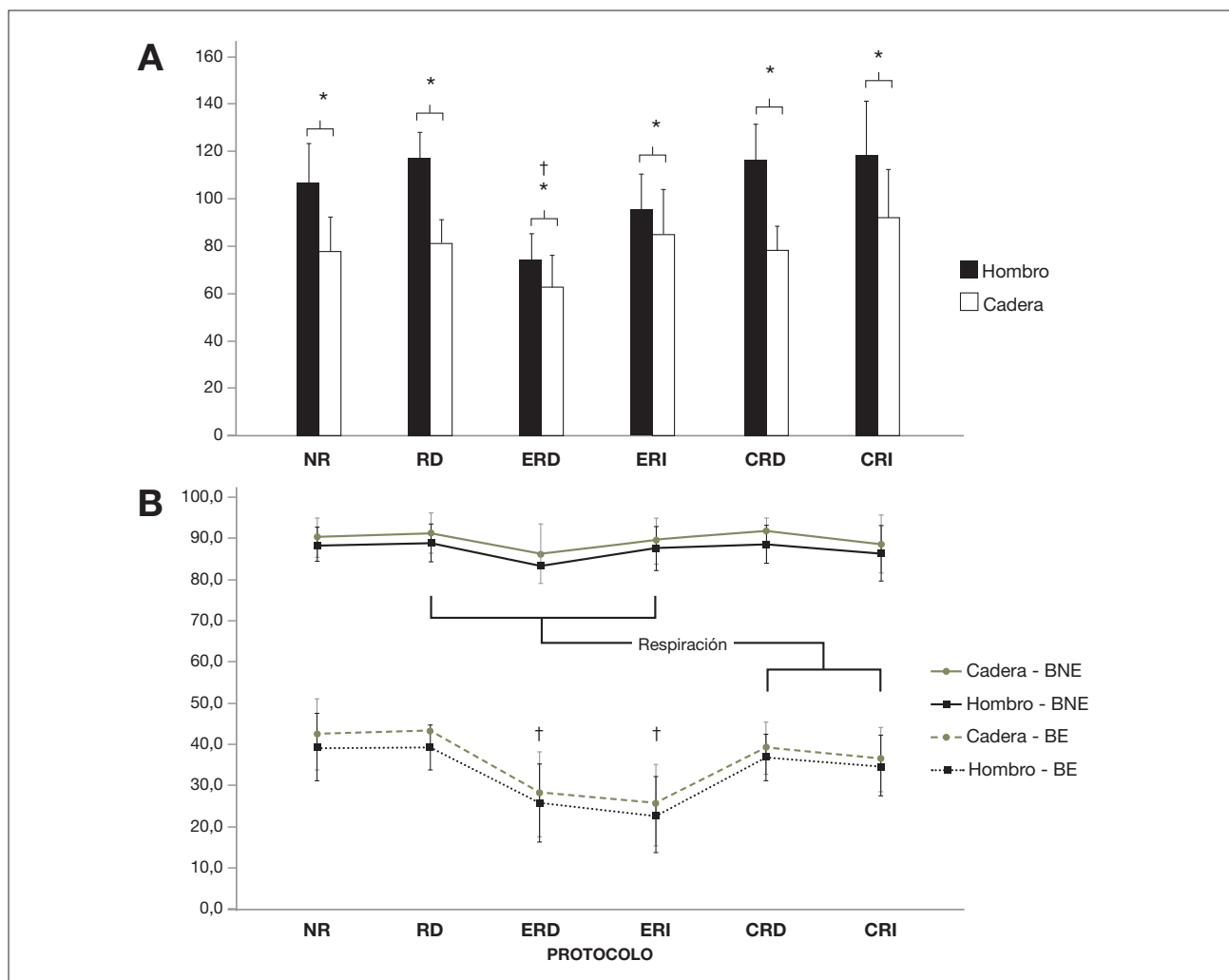
Tabla 1*Tiempo total de brazada en cada protocolo.*

Brazada		Hombro			Cadera		
Protocolo	Tiempo	BE	BNE	<i>d</i>	BE	BNE	<i>d</i>
NR	1.29 ± 0.14	53.50 ± 7.62	53.25 ± 10.69	-0.02	39.68 ± 7.04#	38.12 ± 10.73#	-0.17
RD	1.31 ± 0.16	52.75 ± 6.76	64.87 ± 7.21*†	-1.73	34.75 ± .53#	47.06 ± 8.01*#	-1.89
ERD	1.33 ± 0.12	8.37 ± 6.19†	66.50 ± 8.50*†	-7.81	12.12 ± 6.38#†	51.18 ± 10.66*†	-4.44
ERI	1.29 ± 0.14	18.56 ± 7.43†	77.56 ± 11.23*†	-6.19	17.25 ± 6.88#†	67.93 ± 14.00*†	-4.59
CRD	1.50 ± 0.19†	61.93 ± 8.99	54.31 ± 8.81*	0.69	42.93 ± 6.04#	35.62 ± 7.03*#	1.11
CRI	1.52 ± 0.18†	65.43 ± 12.81	53.06 ± 13.73*	0.93	52.12 ± 14.45#	39.81 ± 10.99*#†	0.95

Diferencias y tamaños del efecto (*d*) de la rotación máxima de hombros y caderas del brazo ejecutor (BE) y del brazo no ejecutor (BNE). Valores expresados en grados (°). NR: No respiración; RD: respiración a la derecha; ERD: nado a crol con el brazo no ejecutor (BNE) extendido delante de la cabeza y respirando en el lado del brazo ejecutor (BE); ERI: respirando a la izquierda; CRD: nado a crol manteniendo el BNE en el cuerpo y respirando a ese lado (a la derecha); CRI: respirando a la izquierda.

* Diferencias significativas entre el lado BE y BNE (asimetría) ($p < .05$). # Diferencias estadísticas entre hombro y cadera ($p < .05$).

† Diferencias estadísticas en comparación con NR ($p < .05$).

**Figura 2**

Panel A: Rango de rotación total en grados (°); Panel B: Porcentaje (%) del tiempo total del ciclo de brazada necesario para alcanzar la rotación máxima en el lado del brazo ejecutor (BE) y del brazo no ejecutor (BNE). Datos obtenidos en los seis protocolos. NR: No respiración; RD: respiración a la derecha; ERD: nado a crol con el brazo no ejecutor (BNE) extendido delante de la cabeza y respirando en el lado del brazo ejecutor (BE); ERI: respirando a la izquierda; CRD: nado a crol manteniendo el BNE en el cuerpo y respirando a ese lado (a la derecha); CRI: respirando a la izquierda; (n = 16).

* Diferencias estadísticas entre hombro y cadera ($p < .05$). † Diferencias estadísticas con NR ($p < .05$).

Se mostraron diferencias significativas en la simetría de la rotación del hombro en todos los protocolos ($F5, 11 = 60.151, p < .01$) entre el lado BE y BNE ($F5, 11 = 379.238; p < .01$), excepto en NR (Tabla 1). Se encontraron diferencias similares en la simetría de la rotación de la cadera ($F5, 11 = 18.745; p < .01$) comparando el lado BE con el lado BNE ($F5, 11 = 279.26; p < .01$). En particular, la asimetría en los protocolos RD, ERD y ERI alcanzó más rotación en el lado BNE, tanto en hombros como en caderas, mientras que la asimetría en CRD y CRI adquirió más rotación en el lado BE (Tabla 1). El tiempo total de brazada fue mayor en CRD ($p = .02$) y CRI ($p = .01$) en comparación con los otros protocolos ($F5, 11 = 5.75, p < .01$) (Figura 2B). La rotación en hombros y caderas siguió una trayectoria similar, aunque las caderas tardaron más que los hombros en alcanzar el grado máximo de rotación en los seis protocolos ($F5, 11 = 141.46; p < .01$). Por el lado BE, en los protocolos NR, RD y CRD, la rotación máxima de hombros y caderas se obtuvo más tarde en el tiempo total de brazada en comparación con la ERD y ERI ($F5, 11 = 6.83; p = .04$).

Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar las diferencias en la rotación de hombro y cadera provocadas por diferentes ejercicios de crol y la simetría de dicha rotación. Nuestros resultados mostraron que la contención de la respiración (que actuó como control) alcanzó la rotación de hombro y cadera de forma simétrica en ambos lados, mientras que se observó una asimetría en todos los protocolos al respirar, ya que los valores de rotación aumentaron en ~ 7 - 12° en el lado opuesto a la respiración (BNE). Los ejercicios de natación que permitieron extender el brazo hacia adelante produjeron una reducción en el rango de rotación total, tanto en hombros como en caderas. Sin embargo, hubo mayores asimetrías entre BE y BNE, con una notable rotación hacia el lado BNE. En los ejercicios de natación con el brazo pegado al cuerpo, los rangos de rotación total y de asimetría fueron similares a los de condiciones normales, aunque se consiguió una mayor rotación en el lado BE, que fue opuesta a la obtenida en los otros protocolos. Por lo tanto, los ejercicios de natación alteraron la rotación de hombros y caderas, especialmente en presencia de la respiración.

La rotación fue mayor en todos los protocolos en el lado opuesto al que se realizó la respiración (BNE). Este resultado era de esperar, dado que las asimetrías de la rotación del cuerpo se han considerado como una forma de adaptarse a la respiración (Psycharakis y Sanders, 2010). De hecho, es importante tener en cuenta que el tiempo que dure la acción de respiración también podría modificar el ciclo de tracción del brazo y la magnitud del par aplicado en el lado BE, ya que el brazo se libera antes del agua al respirar (Psycharakis

y McCabe, 2011). Según el modelo de flotación propuesto por Yanai (2004), las acciones de recobro de los brazos son suficientes para impulsar la rotación del cuerpo en el lado opuesto. Por lo tanto, una acción de recobro que incluya la respiración aumentaría ese par de flotación hacia el centro de masas del cuerpo y, por lo tanto, su rotación. Nuestros resultados coinciden con estudios anteriores; Payton et al. (1999) obtuvieron una rotación de $62 \pm 4^\circ$ y $55 \pm 4^\circ$ entre las condiciones de respiración y no respiración. López-Contreras y Arellano (2002) obtuvieron valores de 60° y 48° , mientras que Psycharakis y McCabe (2011) obtuvieron valores de 59° y 51° entre las pruebas con y sin respiración. Por lo tanto, parece que la diferencia de rotación en la natación entre permitir o no permitir la respiración tiende a ser $\sim 10 \pm 3^\circ$ mayor cuando se permite la respiración.

Los ejercicios de natación con el BNE extendido (ERD y ERI) fueron los que más alteraron la rotación. El rango de rotación total fue inferior a las medias obtenidas en otros protocolos (Figura 2A), pero se alcanzó una rotación significativamente menor en el lado BE (~ 8 - 19°) en comparación con los valores obtenidos en el resto de los protocolos (~ 50 - 60°). Esto se explicó principalmente por el hecho de que el brazo extendido restringía la rotación del cuerpo, lo que provocaba que el cuerpo del nadador quedara plano en el agua (Figura 1). Por el contrario, la rotación fue significativamente mayor en el lado BNE, produciendo una gran asimetría con el lado BE. Esta diferencia en la asimetría fue particularmente grande para el ERI (50 - 59° de diferencia). Posiblemente debido a las diferencias en la dominancia de la lateralidad o la flexibilidad del cuello, los nadadores exageraron un movimiento al que no estaban acostumbrados (Psycharakis y Sanders, 2008). En cualquier caso, algunos autores han afirmado que esta posición puede situar la trayectoria del BE en una posición diferente a la habitual, provocando que la mano pase mucho más allá de la línea media del cuerpo hacia la cadera opuesta (Payton et al., 1999; López-Contreras y Arellano, 2002; Liu et al., 1993). Así, si los nadadores no compensan los cambios en la rotación del cuerpo, la brazada podría no ser capaz de alcanzar su profundidad óptima y su efectividad de propulsión podría verse comprometida (Lecrivain et al., 2010; Liu et al., 1993).

Por otra parte, estas alteraciones podrían ser mayores si la frecuencia de las brazadas no se mantiene de forma constante, ya que un aumento excesivo de las acciones del BE podría provocar el acortamiento de la brazada, reduciendo así su capacidad propulsiva (Cuenca-Fernández, 2020a; Funai et al., 2019). Al considerar el tiempo del ciclo de la brazada (Tabla 1), los protocolos ERD y ERI no obtuvieron diferencias significativas con el tiempo de natación normal, por lo que no se puede confirmar que la eficiencia propulsiva pudiera haberse reducido con una brazada más rápida. Sin embargo, esta posibilidad no debe ser completamente descartada

por los entrenadores al incluir este ejercicio. Además, es importante tener en cuenta que la posición repetitiva de los brazos sobre la cabeza, junto con la aducción forzada y la rotación interna de los hombros, podría provocar un pinzamiento subacromial y una tendinitis del manguito de los rotadores, lo que en última instancia podría causar dolor o inestabilidad en el hombro y una técnica de natación incorrecta. Por tanto, este ejercicio debe considerarse con precaución si se quiere evitar el pinzamiento del hombro en el brazo extendido (Yanai y Hay, 2000).

Los protocolos CRD y CRI ofrecieron valores de rotación similares a los obtenidos en NR y RD (Figura 2A). Sin embargo, como un brazo permanecía inmóvil junto al cuerpo y la respiración se producía en ese lado, el cuerpo necesitaba crear una rotación adicional para colocar la cabeza en una posición fuera del agua que permitiera la respiración. Esto provocó un incremento singular de la rotación en el lado BE, tanto en los hombros como en las caderas, y explicó por qué el ángulo de rotación fue mayor en el lado BE que en el lado BNE. López-Contreras y Arellano (2002) estudiaron las trayectorias subacuáticas de crol que restringen un brazo y mostraron que el tiempo empleado en la primera parte de la brazada (es decir, la extensión y el agarre) se redujo en favor de la adopción de una posición corporal que permitiera la respiración. En consecuencia, los nadadores aumentaron el tiempo del movimiento de empuje de la mano para crear una propulsión tangible, pero también como forma de producir una rotación suficiente del cuerpo hacia el lado opuesto para liberar ese brazo del agua (Figura 1). Sin embargo, el hecho de que los protocolos CRD y CRI obtuvieran los tiempos de ciclo de brazada más largos (Tabla 1), posiblemente indicaba que o bien i) no se perdió tiempo en la extensión y agarre, o bien ii) se producía una resistencia más alta de lo normal por el posicionamiento del cuerpo. La propulsión del nadador depende de las fuerzas hidrodinámicas creadas por los movimientos de sus extremidades, por lo que la aplicación de fuerzas de propulsión con un solo brazo podría aumentar las fuerzas de inercia para vencer la resistencia del agua, disminuyendo la capacidad de propulsión y la velocidad de nado (Cuenca-Fernández et al., 2020a; Cuenca-Fernández et al., 2020b; Marinho et al., 2009). Además, esta velocidad se vería contrarrestada por la resistencia impuesta por la superficie frontal, ya que la posición con un brazo extendido ofrece un 12.5 % más de resistencia que la posición de deslizamiento con ambos brazos extendidos, y este cociente se eleva al 21.5 % en la posición con ambos brazos cerca del cuerpo (Vorontsov y Rumyantsev, 2000; Marinho et al., 2009). Por lo tanto, aparte de una menor eficacia al utilizar solo un brazo, este ejercicio ofrecería una mayor resistencia en el agua, lo que produciría una menor velocidad de nado.

El análisis temporal mostró que los hombros alcanzaron la rotación máxima antes que las caderas, con valores respecto al tiempo de ciclo total de ~86-89 % para hombros

y ~89-92 % para caderas en el lado BNE; y valores de ~35-40 % y ~37-44 % para el lado BE, respectivamente (Figura 2B). Esto coincidió con el estudio de Psycharakis y Sanders (2008), que mostraron valores del 78.3 ± 7.3 % del tiempo total del ciclo para hombros y del 79.7 ± 9.6 % para caderas en el lado opuesto al de la respiración (es decir, el lado BNE). Considerando el rango de rotación total alcanzado por hombros y caderas (Figura 2A), la rotación de las caderas en el lado BNE (~40-60°) fue menor que la de los hombros (~50-80°), pero la rotación de caderas se realizó en un tiempo superior a la de los hombros. En cualquier caso, mientras que el ERI produjo la mayor rotación de hombro, este incremento también se acompañó de un notable aumento de la rotación en las caderas (Tabla 1). Esto apoya la teoría de que una rotación longitudinal puede ser transferida de hombro a caderas (Andersen et al., 2020; Sanders y Psycharakis, 2009). En el caso de los protocolos CRD y CRI, el aumento de la rotación del hombro en el lado opuesto a la respiración (lado BE) estuvo en consonancia con el aumento obtenido en las caderas del mismo lado del cuerpo. Por lo tanto, de acuerdo con otros autores (Yanai, 2001; Psycharakis y Sanders, 2008), el aumento de la rotación de hombros incrementó la rotación de caderas, pero estas rotaron menos y más tarde que los hombros. Así, deducimos que hombros y caderas siguieron una trayectoria paralela, pero ni alcanzaron el mismo rango de movimiento ni lo hicieron al mismo tiempo (Andersen et al., 2020; Cappaert et al., 1995; Yanai, 2003).

Este estudio presentó la limitación de no haber medido la trayectoria de la mano mediante técnicas 3D, lo cual podría haber proporcionado una aproximación precisa sobre cómo los cambios en la rotación del cuerpo podrían generar diferentes trayectorias de la mano. Además, futuros estudios deberían observar cómo se modifica la rotación del eje anteroposterior con los ejercicios de natación desde un punto de vista cenital, ya que esta rotación podría aumentar la resistencia. En cualquier caso, dado que la rotación del hombro y la cadera afecta a los movimientos articulares y al desarrollo muscular paravertebral, el impacto de estos ejercicios en el cuerpo del nadador podría mejorar la salud según los objetivos personales y debería considerarse también en el caso de las dolencias de la espalda.

Conclusiones

Los ejercicios de natación con un brazo extendido produjeron una alta asimetría de la rotación del cuerpo durante la respiración y modificaron la posición del cuerpo durante la brazada. Los ejercicios de natación con el brazo pegado al cuerpo fueron los más parecidos en cuanto a la rotación general del cuerpo durante el crol. Sin embargo, estos ejercicios generaron cambios en el tiempo del ciclo de brazada que indicaron que la técnica

del nadador empeoró debido al posicionamiento del cuerpo. Por lo tanto, su transferencia podría ser cuestionable. En cualquier caso, es importante tener en cuenta que los efectos que puedan producir estos ejercicios están supeditados al tiempo, intensidad y frecuencia con que los instructores los apliquen, por lo que sus efectos a largo plazo aún deben ser determinados.

Agradecimientos

Este estudio ha sido apoyado por la subvención concedida por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (Agencia Española de Investigación) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER); PGC2018-102116-B-I00 “SWIM II: Medidas innovadoras específicas del agua: Aplicadas a la mejora del rendimiento”.

Referencias

- Andersen JT., J.T., Sinclair, P.J., McCabe, C.B., & Sanders, R.H. (2020). Kinematic Differences in Shoulder Roll and Hip Roll at Different Front Crawl Speeds in National Level Swimmers. *J Strength Cond Res.* 2020;, 34(1):, 20-5. DOI:25. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003281>
- Bielec, G., Makar, P., & Foliński, P. (2008). Biomechanical effects of application of the technique exercises in young swimmer training. *Wroclaw: Science in Swimming II.* 2008;, 51-959.
- Cappaert, J.M., Pease DL., & Troup J.P. (1995). Three-Dimensional Analysis of the Men's 100-m Freestyle during the 1992 Olympic Games. *J Appl Biomech.* 1995;, 11(1):, 103-12. DOI:112. <https://doi.org/10.1123/jab.11.1.103>
- Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Navarro, J.J., & Arellano Colomina, R., editors. (2020a). Strength-velocity relationship of resisted swimming: A regression analysis. *ISBS-Conference Proceedings Archive.* 2020a, 38(1), 99.
- Cuenca-Fernández, F., Gay, A., Ruiz-Navarro JJ., Morales-Ortiz, E., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2020b). Swimming performance after an eccentric post-activation training protocol. *Apunts Educación Física y Deportes*, 140, 44-51. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/2\).140.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/2).140.07)
- de Souza-Castro, F.A., Villas-Boas JP., & Stringhini-Guimarães., A.C. (2007). Effects of swimming intensity and breathing in front crawl body roll angles for swimmers and triathletes. *Brazilian J Biomech.* 2007; 7(13):, 85-90.
- Funai, Y., Matsunami, M., & Taba, S. (2019). Physiological Responses and Swimming Technique During Upper Limb Critical Stroke Rate Training in Competitive Swimmers. *J Hum Kinet.* 2019, 70(1), 61-8. DOI:68. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0026>
- Lecrivain, G., Payton, C., Slaouti, A., & Kennedy, I. (2010). Effect of body roll amplitude and arm rotation speed on propulsion of arm amputee swimmers. *J Biomech.* 2010;, 43(6), 1111-7. DOI:1117. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.12.014>
- Liu, Q., Hay J.G., & Andrews, J.G. (1993). Body roll and handpath in freestyle swimming: an experimental study. *J Appl Biomech.* 1993, 9(3), 238-53. DOI:253. <https://doi.org/10.1123/jab.9.3.238>
- López-Contreras, G., & Arellano, R. (2002). Análisis del efecto de las modificaciones de la ejecución del estilo crol en la rotación longitudinal del cuerpo. *Colección icdICD: investigación en ciencias del deporte.* 2002, (32):, 183-218.
- Lucero, B. (2015). *The 100 best swimming drills:* (3rd ed.). Meyer & Meyer Verlag; 2015.
- Marinho D.A., Reis V.M., Alves F.B., Vilas-Boas J.P., Machado, L., Silva A.J., & Rouboa, A.I. (2009). Hydrodynamic drag during gliding in swimming. *J Appl Biomech.* 2009;, 25(3), 253-7. DOI:257. <https://doi.org/10.1123/jab.25.3.253>
- Payton, C.J., Bartlett, R.M., Baltzopoulos, V., & Coombs, R. (1999). Upper extremity kinematics and body roll during preferred-side breathing and breath-holding front crawl swimming. *J SportSports Sci.* 1999;, 17(9), 689-96. DOI:696. <https://doi.org/10.1080/026404199365551>
- Payton, C.J., Hay J.G., & Mullineaux D.R. (1997). The effect of body roll on hand speed and hand path in front crawl swimming: a simulation study. *J Appl Biomech.* 1997, 13(3), 300-15. DOI:315. <https://doi.org/10.1123/jab.13.3.300>
- Prichard, B. (1993) A new swim paradigm: Swimmers generate propulsion from the hips. *Swimming Technique.* 1993, 30(1),17-23.
- Psycharakis S.G., & McCabe, C. (2011). Shoulder and hip roll differences between breathing and non-breathing conditions in front crawl swimming. *J Biomech.* 2011, 44(9), 1752-6. DOI:1756. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.04.004>
- Psycharakis S.G., & Sanders R.H. (2008). Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. *Med Sci Sport Exer.* 2008; *Sports Exerc.* 40(12), 2129-36. DOI:2136. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31818160bc>
- Psycharakis, S.G., & Sanders, R.H. (2010). Body roll in swimming: A review. *J SportSports Sci.* 2010, 28(3), 229-36. DOI:236. <https://doi.org/10.1080/02640410903508847>
- Sanders, R.H., & Psycharakis, S.G. (2009). Rolling rhythms in front crawl swimming with six-beat kick. *J Biomech.* 2009, 42(3), 273-9. DOI:279. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.037>
- Vorontsov, A., & Rumyantsev, V. (2000). Propulsive forces in swimming. In V. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in sport: Performance, enhancement and injury prevention.* 2000;, (pp. 205-31.231). Oxford: Blackwell Science Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470693797.ch10>
- Wen, Y., Peng, Y., Zhao, F., & Zhen, K. (2016). The effects of specific drills on the flip turns of freestyle swimmers based on a kinesiology analysis. *J Hum Kinet.* 2016, 52(1), 165-73. DOI:173. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0004>
- Yanai, T. (2001) What causes the body to roll in front-crawl swimming? *J Appl Biomech.* 2001, 17(1), 28-42. DOI: <https://doi.org/10.1123/jab.17.1.28>
- Yanai, T. (2003). Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. *J Biomech.* 2003, 36(1), 53-62. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(02\)00299-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(02)00299-3)
- Yanai, T. (2004). Buoyancy is the primary source of generating bodyroll in front-crawl swimming. *J Biomech.* 2004, 37(5), 605-12. DOI:612. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2003.10.004>
- Yanai, T., & Hay J.G., J.G. (2000). Shoulder impingement in front-crawl swimming: II. Analysis of stroking technique. *Med Sci Sport Exer.* 2000; *Sports Exerc.* 32(1), 30. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00006>
- Zhang, P.(2014). Basic Land Drills for Swimming Stroke Acquisition. *JTRM in Kinesiology.* 2014, 1-16

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES