

Perfil de rendimiento de regatistas de élite de clase ILCA. Diferencias entre hombres y mujeres

Aarón Manzanares¹, Alberto Encarnación-Martínez², Ion Chicoy-García¹, Francisco Segado¹

¹Faculty of Sport. UCAM Universidad Católica de Murcia. Murcia. ²Faculty of Physical Activity and Sport Sciences. Department of Physical and Sports Education. Universidad de Valencia. Valencia.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00135

Recibido: 15/11/2022
Aceptado: 20/12/2022

Resumen

En la vela deportiva, tres son los pilares fundamentales del rendimiento de los regatistas de vela ligera (condición física, capacidad cognitiva y material). Uno de los momentos determinantes en una regata de vela ligera individual es la navegación en el rumbo de ceñida, ya que requiere de los regatistas una alta demanda física, para llevar la embarcación plana y tomar las mejores decisiones según las condiciones tácticas de la regata. El objetivo de la investigación es (i) analizar el rendimiento de regatistas de élite sobre la posición de sacar cuerpo en una situación dinámica de navegación virtual. (ii) medir la fatiga muscular del tren inferior en la acción de sacar cuerpo. La muestra fueron 10 regatistas de la clase Ilca de navegación y pertenecientes a los equipos olímpicos de las selecciones nacionales de Noruega, México y España, 6 de ellos hombres ($M_{\text{edad}}=31,67$, $SD_{\text{edad}}=6,861$) y 4 mujeres, ($M_{\text{edad}}=30,50$, $SD_{\text{edad}}=4,655$). El protocolo de fatiga estuvo compuesto por un test estático y un test dinámico de la posición de sacar cuerpo. Ambos test miden el esfuerzo de los regatistas hasta la fatiga extrema o hasta perder la posición. El test se realizó en el simulador de vela vSail-Trainer®, el cual permite reproducir condiciones reales de navegación y muestra los datos sobre variables de control de la embarcación. Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de mujeres y hombres sobre la velocidad de la embarcación ($p=0,039$), distancia navegada ($p<0,001$) y *hiking* ($p=0,002$). Existen diferencias estadísticamente significativas en la potencia del tren inferior pre y post test de fatiga. Esto no lleva a concluir que el simulador es una herramienta válida para valorar la fatiga de forma específica en regatistas de clase Ilca.

Palabras clave:

Regatistas olímpicos. Clase Ilca.
Test de fatiga. Simulador de vela.

Performance profile of elite ILCA class sailors. Differences between men and women

Summary

In sport sailing, there are three fundamental pillars of performance for dinghy sailors (physical condition, cognitive ability and equipment). One of the decisive moments in a single-handed dinghy race is sailing upwind, as it requires a high physical demand from the sailors to keep the boat flat and make the best decisions according to the tactical conditions of the race. The objective of the research is (i) to analyze the performance of elite sailors on the hiking position in a dynamic virtual sailing situation and (ii) to measure the lower body muscle fatigue in the hiking action. The sample consisted of 10 sailors from the Ilca sailing class and belonging to the Olympic teams of the Norwegian, Mexican and Spanish national teams, 6 of them men ($M_{\text{age}}=31.67$, $SD_{\text{age}}=6.861$) and 4 women, ($M_{\text{age}}=30.50$, $SD_{\text{age}}=4.655$). The fatigue protocol consisted of a static test and a dynamic test of the sac body position. Both tests measure the sailors' effort up to extreme fatigue or loss of position. The test was performed on the vSail-Trainer® sailing simulator, which allows to reproduce real sailing conditions and displays data on boat control variables. The results obtained show statistically significant differences between the group of women and men on boat speed ($P=0.039$), distance sailed ($P<0.001$) and hiking effort ($P=0.002$). There are statistically significant differences in lower body power pre and post fatigue test. This does not lead to the conclusion that the simulator is a valid tool to assess fatigue specifically in Ilca class sailors.

Key words:

Olympic sailors. Ilca class.
Fatigue test. Sailing simulator.

Correspondencia: Francisco Segado
E-mail: fsegado@ucam.edu

Introducción

En la vela deportiva, tres son los pilares fundamentales del rendimiento de los regatistas de vela ligera. En primer lugar, el material que se emplea en competición, como son las embarcaciones y las velas. En segundo lugar, las capacidades cognitivas de los regatistas, como son la habilidad de comprender y prever las condiciones meteorológicas, la capacidad de dominar la táctica y la técnica en función de cada momento de la regata. Por último, la capacidad física del regatista, como son la fuerza, la resistencia muscular y la capacidad aeróbica y anaeróbica^{1,2}. Estos tres factores determinantes del rendimiento han ido cambiando a lo largo del tiempo, en mayor medida las capacidades físicas y cognitivas de los regatistas, debido al nivel competitivo que hay en la actualidad.

Si nos centramos en este último aspecto, la capacidad física de los regatistas ha sido el área del rendimiento más estudiada hasta la fecha, con más del 50% de las investigaciones centradas en las capacidades aeróbicas, anaeróbicas, resistencia muscular, fuerza, potencia, Frecuencia Cardíaca (FC) o composición corporal, entre otras³⁻⁷. La mayoría de estas investigaciones se han realizado en regatistas de vela ligera, de embarcaciones individuales o dobles. Pero no son los mismos requerimientos físicos que se exige a los regatistas en todas ellas. Es por esto, que es necesario diferenciar las embarcaciones y las demandas de cada una de ellas^{7,8}. En los anteriores juegos olímpicos (Tokio 2021), 6 fueron las clases de embarcaciones que compitieron, en sus diferentes modalidades de masculino, femenino y mixto. De estas embarcaciones cabe destacar que 1 de ellas era windsurf, por lo que se compite sobre una tabla, 3 son en embarcaciones dobles y 2 en embarcaciones individuales. Hay clases, donde las clasificaciones son diferentes para hombre y mujeres, ya que se ajustan las dimensiones de la vela a cada uno de los géneros (masculino y femenino), siendo menor la dimensión de la vela en mujeres, como pasa en las clases ILCA y RS-X. En otras clases como el 470, las clasificaciones son diferentes para hombres y mujeres, pero la embarcación es la misma, sin diferencias en la superficie vélica. La mayoría de las investigaciones encontradas hasta ahora sobre regatistas de clases olímpicas, se han realizado sobre embarcaciones individuales, ya que exigen a los regatistas aunar las capacidades cognitivas y físicas. Esto no suele suceder en las embarcaciones dobles, donde uno de los tripulantes suele llevar un mayor peso sobre las capacidades físicas y otro sobre las cognitivas y toma de decisiones^{9,10}.

Uno de los momentos determinantes en una regata de vela ligera individual es la navegación en el rumbo de ceñida, ya que requiere de los regatistas una alta demanda física, para llevar la embarcación plana y tomar las mejores decisiones según las condiciones tácticas de la regata¹¹. Durante esta situación de la regata, se produce la acción de mayor demanda física que es la posición de sacar cuerpo. Los regatistas con el fin de llevar la embarcación lo más hidrodinámica posible (plana), deben sacar su centro de gravedad lejos de la línea de crujía de la embarcación, con la única ayuda de la cincha situada en el centro de la embarcación y sobre la que apoyan el empeine de ambos pies. Muchas son las investigaciones que se han realizado sobre esta situación de sacar cuerpo en situaciones estáticas¹²⁻¹⁴, donde exigían a los regatistas estar en posición de máxima extensión el mayor tiempo posible. Con el tiempo, se ha demostrado que, en situación real de navegación, esta posición no es estática durante la navegación, sino que es dinámica,

donde los regatistas realizan movimiento de balanceo, para sincronizar la escora de la embarcación, con las rechas de viento, las olas y/o los desventes de otras embarcaciones¹⁵.

Por este motivo y debido a las dificultades de medir el rendimiento de los regatistas en la ejecución de esta acción técnica, se han empleado simuladores. Los simuladores empleados hasta el momento han ido evolucionando, desde bancos estáticos con dimensiones diferentes a las de una embarcación real¹²⁻¹⁴ hasta llegar a los simuladores semi-inmersivos, que simulan condiciones de viento diferentes, con dimensiones de embarcaciones reales^{9,15-17}.

En este sentido, la presente investigación utiliza un simulador de vela semi-inmersivo, que representa las condiciones de navegación real en un entorno controlado de laboratorio, facilitando de este modo la medición de indicadores de fatiga en la musculatura implicada, justo tras la ejecución de la acción. Es por esto que la presente investigación pretende aportar una herramienta fiable de medición de rendimiento de regatistas de alto nivel. El objetivo de la investigación es (i) analizar el rendimiento de regatistas de élite sobre la posición de sacar cuerpo en una situación dinámica de navegación virtual. (ii) medir la fatiga muscular del tren inferior en la acción de sacar cuerpo. (Hi) Los hombres tendrán un mayor rendimiento de navegación que las mujeres sobre las variables velocidad de navegación y *hiking*. (Hii) Tras la ejecución del test, la potencia del tren inferior será menor en ambos sexos, pudiendo afirmar que la herramienta es válida para medir la fatiga en situación específica de navegación.

Material y método

Muestra

La muestra de la presente investigación estuvo formada por 10 regatistas de la antigua clase Laser y la presente clase Ilca de navegación. Todos ellos pertenecientes a los equipos olímpicos de las selecciones nacionales de Noruega, México y España, 6 de ellos hombres, con $M_{\text{edad}}=31,67$, $SD_{\text{edad}}=6.861$ y 4 mujeres, con $M_{\text{edad}}=30,50$, $SD_{\text{edad}}=4.655$. La Tabla 1 muestra los valores antropométricos de ambos grupos. Todos ellos con participaciones internacionales en mundiales y preolímpicos.

Tabla 1. Descriptivos de composición corporal.

	Grupo masculino			Grupo femenino		
	N	Media	DS	N	Media	DS
Edad	6	31,67	6,86	4	30,50	4,65
Peso	6	81,88	2,18	4	61,52	3,39
Altura	6	182,17	6,01	4	167,00	3,74
IMC	6	24,82	1,81	4	21,85	0,85
% grasa	6	14,03	4,18	4	18,40	1,40
% agua	6	63,53	1,56	4	61,08	0,37
Masa muscular	6	68,07	1,81	4	47,95	5,63
Masa ósea	6	3,55	0,10	4	2,60	0,18

El comité de ética de la universidad del primer autor autorizó la investigación (número de referencia de la junta de revisión institucional CE021912). Se siguieron todas las normas institucionales aplicables relativas al uso ético de voluntarios humanos (por ejemplo, las directrices de la Declaración de Helsinki). Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes, a los que se informó exhaustivamente sobre el estudio.

Procedimiento

El protocolo de fatiga constó de dos partes: un test estático y un test dinámico. Antes de realizar el protocolo, el regatista realizará un protocolo de familiarización con el simulador, a fin de eliminar el componente de aprendizaje sobre el rendimiento. Seguido de una activación muscular, con el fin de preparar al regatista para un esfuerzo submáximo. Tras un calentamiento, y antes y después de la prueba de fatiga, los regatistas realizaron 2 ensayos de salto de contra movimiento (CMJ).

Los regatistas eligieron el lado por el que realizar la prueba, ya que en un barco se puede navegar por las dos bandas de la embarcación y todos los regatistas realizaron la prueba por el lado de estribor (Figura 1). Tal y como afirma la literatura, los regatistas obtienen un mayor rendimiento navegando sobre estribor que sobre babor¹⁸.

La primera prueba que se realizó fue una prueba isométrica (cuasi-isométrica), donde el simulador se mantuvo parado e inclinado 5 grados de forma permanente e inmóvil. Los regatistas debían agarrar la escota y el timón y mantener la posición de sacar cuerpo el mayor tiempo posible. La prueba terminaba cuando el regatista perdía la posición con la que había empezado. De esta forma se pretende conseguir un punto de referencia de máximo rendimiento.

La segunda prueba se realizó en una situación de simulación de navegación dinámica con una intensidad de viento de 16 nudos. Los hombres navegaron con las dimensiones de vela de la embarcación Ilca 7 y a las mujeres con las de la embarcación Ilca 6, tal y como hacen en situación real. Se le pidió que llevara el barco en rumbo de ceñida

Figura 1. Regatista ejecutando la prueba de esfuerzo.



durante todo el tiempo y que el barco fuera plano o lo más plano posible, manteniendo el máximo rendimiento. Para conseguir una mayor implicación del regatista, se le colocó el indicador de velocidad de la embarcación, pidiéndole que la llevara lo más rápido posible en ese rumbo hasta el momento de fatiga máxima.

Instrumental y variables

La prueba de potencia muscular a través del salto CMJ, se realizó sobre una plataforma de contacto (Chronojump® DNI-A1). Este instrumental proporcionó los valores de Potencia del tren inferior y altura de vuelo del salto.

La prueba de esfuerzo se realizó sobre el simulador de vela (vSail-Trainer®), diseñado por la compañía Virtual Sailing Pty Ltd El vSail-Trainer®. El simulador está compuesto de dos partes. La primera de ellas es el *hardware*, que está formado por la bañera de la embarcación y un ordenador portátil. El ordenador controla el segundo elemento del simulador, que es el *software* y que controla la simulación virtual, las condiciones de navegación, la proyección y el sonido de la situación simulada. La bañera está compuesta por un casco de barco, un sistema electrónico y un brazo hidráulico. El sistema eléctrico es el responsable del control del casco, que está conectada al ordenador que controla las condiciones de navegación (viento e intensidad). La bañera empleada fue la misma que la embarcación Ilca, lo que permite al simulador reproducir los movimientos de la situación real del navegante. El funcionamiento del simulador es similar al de un barco real, con un timón para controlar el rumbo/dirección y una escota para controlar la vela mayor. El simulador reproduce el ángulo de escora del barco, lo que hace que los navegantes tengan que ajustar continuamente su posición en relación con la escora. El tamaño de la imagen proyectada fue de 2,00 m x 2,50 m para este estudio, para reproducir las dimensiones reales¹⁹.

Las variables evaluadas con el simulador fueron las siguientes:

- Tiempo isométrico: hace referencia a la cantidad de segundos que los sujetos fueron capaces de mantener la posición de sacar cuerpo durante el test estático, donde debían mantener la posición isométrica.
- Tiempo dinámico: hace referencia a la cantidad de segundos que los sujetos fueron capaces de mantener la posición de sacar cuerpo durante el test dinámico, donde debían navegar la mayor velocidad posible en rumbo de ceñida y manteniendo la posición de sacar cuerpo.
- Distancia total navegada: cantidad de metros que han navegado durante la prueba.
- Velocidad: media de velocidad a la que han navegado durante la prueba, medida en nudos.
- *Hiking*: promedio de la fuerza ejercida durante la acción de sacar cuerpo durante el test, medida en newtons.
- Ángulo de navegación: el ángulo promedio que la embarcación tiene con respecto a la dirección del viento. Al ser un test de navegación en rumbo de ceñida (45°), deben estar lo más próximos a dicho ángulo.
- Ángulo de escora: valor medio de la angulación lateral que tiene el casco de la embarcación durante el test. Este ángulo se contrarresta con la fuerza ejercida para sacar cuerpo o *hiking*.

- Variabilidad del timón: valor promedio de los grados de variación que realizan los regatistas sobre el timón. Cuanto mayor es el ángulo, más resistencia ofrece el timón al desplazamiento de la embarcación.
- VMG: (*Velocity Made Good*): entendida como la velocidad óptima de la embarcación en relación con el rumbo, expresada en nudos. Cuanto mayor sea la VMG, mayor será el rendimiento.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico IBM SPSS v.24.0. Se realizaron pruebas preliminares de supuestos para comprobar la homogeneidad de las varianzas y la normalidad en las variables. Se realizaron las pruebas de Levene y Shapiro-Wilks para confirmar los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad, respectivamente ($p > 0,05$).

Se calcularon las medias y las desviaciones estándar de todas las variables del estudio, para cada grupo (hombre y mujeres). Para comparar las diferencias entre los grupos se llevó a cabo un T para muestras independientes (grupo masculino y grupo femenino). Para comparar las diferencias en las variables de potencia de tren inferior pre y post test, se realizó la prueba T para muestras relacionada sobre ambos grupos, antes y después del test de navegación dinámica. El nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$ (intervalo de confianza del 95%).

Resultados

Los resultados sobre las variables de navegación no muestran diferencias estadísticamente significativas en el tiempo o duración de ambos test (dinámico e isométrico) entre hombres y mujeres. Por el contrario, se encuentran diferencias estadísticamente significativas sobre las variables distancia navegada ($p < 0,001$), velocidad ($p = 0,039$), *hiking* ($p = 0,002$) durante la ejecución del test dinámico, siendo los resultados de las tres variables mayores en hombres que en mujeres (Tabla 2).

Con respecto a los resultados de potencia de salto y altura de vuelo antes y después de la navegación dinámica, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre el pre test y el post test de las variables de potencia de salto ($p = 0,02$) y altura de salto ($p = 0,005$) en el

grupo de hombres (Tabla 3), siendo menores los resultados de ambas variables tras realizar la prueba de navegación dinámica.

Resultados similares se observan en el grupo de mujeres, obteniendo diferencias estadísticamente significativas entre el pre test y el post test de las variables de potencia de salto ($p = 0,006$) y altura de salto ($p = 0,001$), siendo menores los resultados de ambas variables tras la navegación dinámica (Tabla 4).

Discusión

Teniendo en cuenta los objetivos marcados en la presente investigación, (i) analizar el rendimiento de regatistas de élite sobre la posición de sacar cuerpo en una situación dinámica de navegación virtual. (ii) medir la fatiga muscular del tren inferior en la acción de sacar cuerpo.

En respuesta al primer objetivo y debido al ajuste en la superficie vélica de la embarcación ILCA 7 (masculina) y 6 (femenina), consideramos que no existirían diferencias en el rendimiento de regatistas de élite masculinos y femeninos. Los resultados muestran diferencias en el test

Tabla 3. Descriptivos test de fuerza y potencia en hombres.

	Grupo masculino pre		Grupo masculino post		p	Diferencia media
	Media	DS	Media	DS		
Potencia	3.879,5	235,78	3.704,2	138,74	0,020	175,33
Altura	36,0	4,10	32,3	2,94	0,005	3,67

Tabla 4. Descriptivos test de fuerza y potencia en mujeres.

	Grupo femenino pre		Grupo femenino post		p	Diferencia media
	Media	DS	Media	DS		
Potencia	2.656,8	282,10	2.451,0	303,06	0,006	205,75
Altura	30,0	2,58	26,5	2,65	0,001	3,50

Tabla 2. Descriptivos de variables de navegación.

	Grupo masculino			Grupo femenino			p	Diferencia media
	N	Media	DS	N	Media	DS		
Tiempo Isométrico (seg)	6	207,00	48,175	4	178,50	31,395	0,331	28,500
Tiempo en dinámico (seg)	6	363,83	31,410	4	344,25	77,629	0,587	19,583
Distancia total navegada (m)	6	1.144,74	37,131	4	896,86	81,448	<0,001	247,876
Velocidad (kn)	6	6,24	0,496	4	5,36	0,63	0,039	0,878
Hiking (N)	6	1.590,78	114,74	4	1.173,36	180,94	0,002	417,422
Ángulo de navegación (°)	6	53,89	3,24	4	50,09	1,84	0,069	3,804
Ángulo de escora (°)	6	4,28	2,37	4	4,17	1,65	0,942	0,104
Variabilidad del timón (°)	6	2,94	1,48	4	4,31	0,34	0,114	-1,370
VMG (kn)	6	3,65	0,25	4	3,33	0,18	0,063	0,325

de navegación entre hombres y mujeres en 3 variables de navegación: distancia total navegada, velocidad de navegación y media de *hiking*, siendo mayores los resultados en el grupo de hombres sobre las tres variables. El rendimiento en estas tres variables está interconectado, ya que un mayor *hiking*, genera que la embarcación navega plana, generando una menor resistencia con el agua (hidrodinámica) y por consiguiente una mayor velocidad²⁰⁻²³. Podemos pensar que la escora puede verse afectada por el esfuerzo realizado durante la acción de sacar cuerpo y la intensidad del viento^{24,25}. Pero en este caso, al tener datos del ángulo de escora de la embarcación, observamos que entre el resultado de hombre ($4,28 \pm 2,37$) y mujeres ($4,17 \pm 1,65$), no hay diferencias estadísticamente significativas. Por lo que no es cuestión de hidrodinámica, ya que ambos grupos llevan la misma escora. Creemos que la diferencia en el *hiking* es el resultado de que la superficie vélica en la embarcación de los hombres es mayor, por lo que el esfuerzo para mantener la escora mínima durante la ceñida, debe ser mayor en hombres que en mujeres. En este sentido, cabe reflexionar que los hombres no presentan una mayor fuerza, en valores relativos, que las mujeres. Por lo tanto la primera hipótesis de estudio queda parcialmente confirmada, teniendo en cuenta la última reflexión.

Con respecto a la variable de velocidad de navegación, observamos que son los hombres los que son capaces de navegar más rápido que las mujeres y por consiguiente esto les hace navegar una mayor distancia. Esto puede ser debido al cazado de la escota de navegación. Durante la navegación en ceñida, los regatistas tienen los catavientos de la vela, que les indica el óptimo cazado de la mismas. En este sentido, durante el test de navegación, si el grupo de mujeres no llevaba un cazado óptimo o tan cercano al óptimo como el grupo masculino, puede ser debido a la fatiga. Esta fatiga puede producirse de dos formas diferentes: (i), que, debido a la fatiga física, si la vela es caza en condiciones óptimas, la embarcación escorará más grado y el regatista es incapaz de seguir sacando cuerpo para obtener el máximo rendimiento, por lo que amollan unos copos centímetros de vela, perdiendo velocidad, pero manteniendo la escora mínima que pueden controlar con mi fatiga muscular^{15,26,27}. (ii) que, debido a la fatiga física, produzca una fatiga cognitiva en el regatista, que no le permita focalizar la atención sobre los catavientos (lugares de información relevante) y pierda velocidad en la medida que pierden la atención sobre la localización que aporta información relevante⁹.

Dando respuesta al segundo objetivo, para medir la fatiga muscular de la acción de sacar cuerpo, se ha empleado el test CMJ antes y después del test de navegación dinámico, en el que se llega a la fatiga máxima. Observamos que, tanto en el grupo masculino como femenino, existen diferencias estadísticamente significativas entre el pre-test y post-test de las variables de potencia de salto y altura de vuelo. Estos resultados demuestran que este test dinámico de navegación es una prueba que realmente lleva a los regatistas a una situación real de fatiga en el rumbo de ceñida, cuando se reproducen condiciones de navegación que exigen la ejecución de la técnica de sacar cuerpo. Hasta ahora, los simuladores empleados, no reproducían condiciones realistas de navegación, que asimilaran el test con la situación real^{18,28}. Los resultados obtenidos demuestran que este test de navegación en situación simulada es una herramienta que realmente produce fatiga muscular en la principal musculatura implicada en la técnica de sacar

cuerpo, confirmando de este modo la segunda hipótesis de estudio. Por lo que abogamos por que, en lo sucesivo, a los regatistas, las pruebas de esfuerzo en una situación similar a la que navegan, dejando atrás las pruebas en cicloergómetros o tapices rodantes, que son inespecíficas para este tipo de población.

Conclusiones

Tras la revisión y discusión de los resultados obtenidos, podemos concluir que el estado de forma de los regatistas masculinos y femeninos de la clase Ilca es un factor determinante del rendimiento de la embarcación. Si bien las diferencias entre ellos no son físicas a la hora de conseguir el máximo rendimiento, tal y como muestran las variables de control de la embarcación, consideramos que la fatiga afecta a la capacidad cognitiva, la cual puede estar determinando las diferencias en el rendimiento, es decir, la tolerancia a la fatiga.

Por otro lado, consideramos el simulador como una herramienta válida para valorar la fatiga de forma específica en regatistas de clases individuales, donde la posición de sacar cuerpo es determinante del rendimiento de navegación. El simulador permite ajustar a la clase de embarcación a las condiciones climatológicas que se encuentran en situaciones reales.

Limitaciones de estudio

Como limitaciones de estudio, cabe destacar que es una población muy pequeña, pese a ser todos regatistas de nivel olímpico, el análisis estadístico puede verse afectado por el escaso número de sujetos analizados.

Sería muy interesante hacer esta prueba en diferentes momentos de la temporada, ya que el estado de forma de los regatistas afectará a su rendimiento en la prueba de navegación.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Bojsen-Møller J, Larsson B, Magnusson SP, Aagaard P. Yacht type and crew-specific differences in anthropometric, aerobic capacity, and muscle strength parameters among international Olympic class sailors. *J Sports Sci.* 2007;25:1117-28.
2. Spurway N, Legg S, Hale T. Sailing physiology. *J Sports Sci.* 2007;25:1073-5.
3. Mackie MW, Legg SJ. Development of knowledge and reported use of sport science by elite New Zealand Olympic class sailors. *Appl Hum Sci.* 1999;18:125-33.
4. Manzanares A, Segado F, Menayo R. Determinants factors on performance the practice of sailing: literature review. *Cul, Cien Dep.* 2012;20:125-34.
5. Sánchez LR, Baños VM. Perfil antropométrico y somatotipo de regatistas del equipo preolímpico español de vela. *SPORT TK-Rev Eur Am Cien Dep.* 2018;7:117-22.
6. De Vito G, Di Filippo L, Felici F, Gallozzi C, Madaffari A, Marino S, Rodio A. Assessment of energetic cost in Laser and mistral sailors. *Int J Sports Card.* 1996;5:55-9.
7. Bojsen-Møller J, Larsson B, Aagaard P. Physical requirements in Olympic sailing. *Eur J Sport Sci.* 2015;15:220-7.
8. Caraballo I, Lara-Bocanegra A, Bohórquez MR. Factors related to the performance of elite young sailors in a Regatta: Spatial orientation, age and experience. *Int J Env Res & Pub Health.* 2021;18:2913.

9. Manzanares A, Menayo R, Segado F, Salmerón D, Cano JA. A probabilistic model for analysing the effect of performance levels on visual behaviour patterns of young sailors in simulated navigation. *Eur J Sport Sci.* 2015;15:203-12.
10. Manzanares A, Menayo R, Segado F. Visual search strategy during regatta starts in a sailing simulation. *Mot Cont.* 2017;21:413-24.
11. Chicoy I, Encarnación-Martínez A. Factores determinantes del rendimiento en la técnica de sacar cuerpo en vela ligera: revisión bibliográfica. *Eur J Hum Movement.* 2015;34:15-33.
12. Blackburn M. Physiological responses to 90 min of simulated dinghy sailing. *J Sports Sci.* 1994;12:383-90.
13. De Vito G, Di Filippo L, Felici F, Marchetti M. Hiking mechanics in Laser athletes. *Med Sci Res.* 1993;21:859-60.
14. Putnam CA. A mathematical model of hiking positions in a sailing dinghy. *Med & Sci Sports.* 1979;11:288-92.
15. Callewaert M, Boone J, Celie B, De Clercq D, Bourgois JG. Cardiorespiratory and muscular responses to simulated upwind sailing exercise in optimist sailors. *Pediatric Exercise Sci.* 2014;26:56-63.
16. Cunningham P, Hale T. Physiological responses of elite Laser sailors to 30 minutes of simulated upwind sailing. *J Sports Sci.* 2007;25:1109-16.
17. Vangelakoudi A, Vogiatzis I, Geladas N. Anaerobic capacity, isometric endurance, and Laser sailing performance. *J Sports Sci.* 2007;25:1095-100.
18. Mackie HW. Preliminary assessment of force demands in Laser racing. *J Sci & Med Sport.* 1999;2:78-85.
19. Reina R, Luis V, Moreno FJ, Sanz D. Influence of image size on visual search strategy in rest of tennis in a simulated situation. *Rev Psico Dep.* 2004;13:175-93.
20. Day AH. Performance prediction for sailing dinghies. *Ocean Engi.* 2017;136:67-79.
21. Lovas T, Somogyi ÁJ, Simongáti G. Laser scanning ship hulls to support hydrodynamic simulations. *Per Poly Civil Engi.* 2022;66:291-7.
22. Pennanen M, Levin RL, Larsson L, Finnsgård C. Numerical prediction of the best heel and trim of a Laser dinghy. *Procedia Engi.* 2016;147:336-41.
23. Roncin K, Kobus JM. Dynamic simulation of two sailing boats in match racing. *Sports Engi.* 2004;7:139-52.
24. Castagna O, Brisswalter J. Assessment of energy demand in Laser sailing: influences of exercise duration and performance level. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:95-101.
25. Sprada F, Schütz GR, Cerutti PR, Calado L, Brito H, Roes H. Biomechanical analysis of spine movements in hiking on sailing. *XXV ISBS Symposium 2007*, Ouro Preto – Brazil.
26. Callewaert M, Geerts S, Lataire E, Boone J, Vantorre M, Bourgois J. Development of an upwind sailing ergometer. *Int J Sports Physiol & Perform.* 2013;8:663-70.
27. Duvallet AL, Duvallet E, Lhuissier F, Beaudry M. Physiologic parameters and energetic costs of sailing specific actions during racing cruising. *FASEB J.* 2019;33:534-6.
28. Spurway NC. Hiking physiology and the quasi-isometric concept. *J Sports Sci.* 2006;25:1081-93.