



Lorenzo-Buceta, H.; García-Soidán, J.L.; (2015). Análisis de la respuesta dinámica de una embarcación de remo de banco fijo (Trainerilla) mediante la aplicación de acelerometría. *Journal of Sport and Health Research*. 7(1):55-64.

Original

ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DINÁMICA DE UNA EMBARCACIÓN DE REMO DE BANCO FIJO (TRAINERILLA) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ACELEROMETRÍA

DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS OF A ROWING FIXED BOAT BANK (TRAINERILLA) BY THE APPLICATION OF ACCELEROMETRY

Lorenzo-Buceta, Héctor; García-Soidán, José Luis.

Grupo Hi10 – Universidad de Vigo

Correspondence to:
Héctor Lorenzo Buceta
Universidad de Vigo
Fac. CC. Educación y del Deporte.
Campus A Xunqueira s/n. 36005 - Pontevedra
Tel. 680880917
Email: hectorbuce@gmail.com

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 12/3/2014
Accepted: 29/4/2014



RESUMEN

El objetivo de estudio fue el de analizar la respuesta dinámica de una embarcación de remo de banco fijo, la trainerilla, y el efecto producido por la modificación de la distancia entre tolete-bancada D (t-b), mediante la aplicación de acelerometría triaxial.

Método: La muestra estuvo compuesta por 12 remeros varones, 6 categoría juvenil ($16,5 \pm 0,54$ años) y 6 categoría sénior ($23,6 \pm 5,39$ años). Se realizaron un total de 6 test de 500 metros (3 por categoría). En cada prueba se cambió exclusivamente la distancia entre tolete y bancada, colocándola (cerca, media, lejos).

Resultados: Intra-categoría, el promedio de mayor fuerza máxima aplicada (1919,5 N), mayor aceleración (m/s^2) y mayor potencia (8665,37 W) se ha producido con la distancia más cercana entre tolete-bancada. La amplitud (m) media de palada más grande se ha producido, en categoría sénior (6,88m), con la D(t-b) más cercana, mientras que en categoría juvenil se ha producido con la D(t-b) en el punto medio (6,75m).

Conclusiones: Los resultados obtenidos en este estudio permiten conocer científicamente todas las variables que intervienen en el rendimiento y su relación con el cambio de regulación entre tolete-bancada D(t-b). Además pueden resultar de gran utilidad para la valoración de la eficiencia técnica, así como para la correcta regulación de la embarcación. La principal aportación de este estudio fue la de aplicar la acelerometría para el análisis de las variables que influyen directamente en el rendimiento del remo de banco fijo.

Palabras clave: Remo, banco fijo, acelerometría, biomecánica, palancas, fuerzas.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the dynamic response of a boat rowing fixed seat, the Trainerilla, and the effect of changing the distance between wand-bed D (tb), by application of triaxial accelerometry.

Method: The sample was composed of 12 male rowers, 6 junior level (16.5 ± 0.54 years) and 6 senior category (23.6 ± 5.39 years). We realized a total of 6 x 500 meters test (3 per category). In each test only changed the distance between wand and bench, placing (near, middle, far).

Results: Intra-category, higher average maximum force applied (1919.5 N), greater acceleration (m/s^2) and higher power (8665.37 W) has occurred with the closest distance between wand-bed. The mean amplitude (m) larger stroke occurred in senior category (6.88 m), with D (tb) station, while in junior category has been produced with the D (tb) at the midpoint (6.75 m).

Conclusions: The results obtained in this study allow scientifically know all the variables involved in the performance and its relationship with the change of regulation between wand-bed D (tb). They can also be useful for the assessment of technical efficiency as well as for the correct regulation of the boat. The main contribution of this study was to apply accelerometry for the analysis of the variables that directly influence the performance of the fixed seat rowing.

Keywords: Rowing, fixed bench, accelerometry, biomechanics, levers, forces.



INTRODUCCIÓN

El deporte de remo se compone de dos especialidades bien diferenciadas: remo de banco móvil (olímpico) y remo de banco fijo. El remo de banco fijo es una modalidad deportiva no olímpica practicada principalmente en el noroeste de España.

Se practica en tres modalidades, las cuales se clasifican en función del tipo de embarcación utilizada: los Bateles, las Trainerillas y las Traineras. En remo de banco fijo se consideran 4 elementos básicos de ajuste o regulación: bancada, tabla de los pies, toletera y remo (Francisco, 1996). Pero también existen una serie de variables regulables que surgen de la relación entre estos elementos: nivelación, altura, distancia entre los distintos elementos, inclinación de las palas...).

Así mismo, es todavía escaso el apoyo de las ciencias del deporte, por lo que apenas se han publicado estudios en torno a las variables que influyen en el rendimiento en este deporte, tanto a nivel de estudio fisiológico como de análisis biomecánico y dinámico de las embarcaciones (González Aramendi y Cols., 1996) y en ocasiones encontramos referencias a los problemas de salud producidos en el remo de élite (Lee, 2013). En la literatura científica se encuentra que la acelerometría es aplicada en numerosos deportes (Boyd y cols, 2013; Pérez y cols, 2012; Callaway y cols, 2009), así como en la actividad física para la salud y en la prevención del sedentarismo y los riesgos cardiovasculares (Tanaka y cols, 2012; Tan y cols, 2011; Pruitt y cols, 2008).

El objeto de estudio de esta investigación es el de analizar las componentes dinámicas de la fuerza, potencia y aceleración, mediante acelerometría triaxial, que actúan sobre el conjunto de la embarcación y remeros en pruebas de 500 m de Trainerilla. El estudio se ha realizado con dos tripulaciones distintas y cambiando la regulación referida a la **distancia entre tolete y bancada $D(t-b)$** en cada una de las pruebas con el objetivo de determinar la respuesta dinámica más efectiva y el ángulo de palada más eficaz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio descriptivo transversal en su primera parte y cuasiexperimental en la segunda, en una muestra de conveniencia debido a la dificultad técnica de la investigación. Esta investigación se hizo teniendo en cuenta los principios éticos de la Declaración de Helsinki (rev. 2008) y la Ley de Protección de datos 15/1999.

Criterios de inclusión: (1) Consentimiento informado. (2) No presentar ninguna enfermedad. (3) Dos años o más de práctica en la especialidad. Criterios de exclusión: (1) No cumplierse o faltase algún dato de filiación.

La muestra estuvo compuesta por un total de 12 remeros, 6 de ellos sénior ($23,6 \pm 5,39$ años) y otros 6 juveniles ($16,5 \pm 0,54$ años). Con esta muestra hemos compuesto dos embarcaciones, una sénior, con un promedio de peso de ($84,2 \pm 19,5$ kg), un promedio de envergadura de ($181,6 \pm 7,54$ kg) y de talla de ($179,5 \pm 5,61$ kg). Otra juvenil, con un promedio de peso considerablemente inferior, de ($67,7 \pm 8,43$ kg), un promedio de envergadura de ($174,9 \pm 10,78$ kg) y de talla de ($173,9 \pm 8,30$ kg).

Tabla 1. Datos descriptivos de los sujetos del Equipo Sénior y Juvenil.

Categoría	Parámetro	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
SENIOR	ENVERG	6	173,0	194,5	181,6	7,54
	TALLA	6	171,5	185,0	179,5	5,61
	PESO	6	65,8	121,0	84,2	19,65
	EDAD	6	18	32	23,6	5,39
	D(t-b)_T1	6	61,0	64,0	62,5	1,11
	D(t-b)_T2	6	62,5	65,5	64,2	1,08
	D(t-b)_T3	6	64,0	68,0	66,1	1,47
JUVENIL	ENVERG	6	167,5	196,3	174,9	10,78
	TALLA	6	167,9	189,0	173,9	8,30
	PESO	6	56,5	82,3	67,7	8,43
	EDAD	6	16	17	16,5	0,54
	D(t-b)_T1	6	60,5	62,5	61,8	0,75
	D(t-b)_T2	6	62,0	64,0	63,4	0,80
	D(t-b)_T3	6	63,5	67,0	65,3	1,21

T1=Test 1; T2=Test 2; T3=Test 34



Se diseñó una prueba de campo en trainerilla con una distancia de 500 metros. A la prueba la denominamos Test_500. La investigación se llevó a cabo realizando un total de 6 pruebas/test. Cada equipo realizó 3 test de 500 metros (3 Test_500), cambiando en cada test únicamente la distancia entre tolete-bancada $D(t-b)$. El equipo Sénior tiene un promedio de $D(t-b)$ en cada test de (Test_1 toletes cerca 62,5; Test_2 toletes medio 64,2; Test_3 toletes lejos 66,1). El equipo juvenil tiene un promedio de $D(t-b)$ en cada test de (Test_1 toletes cerca 61,8; Test_2 toletes medio 63,4; Test_3 toletes lejos 65,3).

Este fue uno de los puntos más importantes y que da respuesta a la pregunta de investigación. Para aislar este movimiento y que no repercutiese en otro reglaje de la embarcación se han movido los toletes, y no las bancadas, pues de mover éstas repercutiría directamente en otra regulación, que es la nivelación de la embarcación.

Tabla 2. Datos descriptivos del orden y reglaje de la embarcación

Prueba	Categoría	Mínimo D(t-b)	Máximo D(t-b)	Media D(t-b)	Desv. típ.
Test_500_1	Sénior	61,0	64,0	62,5	1,11
Test_500_2	Sénior	62,5	65,5	64,2	1,08
Test_500_3	Sénior	64,0	68,0	66,1	1,47
Test_500_4	Juvenil	60,5	62,5	61,8	0,75
Test_500_5	Juvenil	62,0	64,0	63,4	0,80
Test_500_6	Juvenil	63,5	67,0	65,3	1,21

El protocolo de regulación individual se ha realizado teniendo en cuenta las características antropométricas de talla y envergadura. Solo encontramos en la literatura científica pequeñas referencias sobre la regulación de esta medida. Las variables que se deben tener en cuenta para su determinación son la altura del remero, la envergadura, los ángulos de trabajo deseados y la condición del agua. (Francisco, 1996).

Todos los test fueron realizados con las mismas condiciones de homogeneidad del mar y del campo. Sobre una lámina de agua estable, dentro de una pista balizada de 500 m. Condiciones meteorológicas estables, velocidad media del viento 5 nudos y rachas

de un máximo de 7 nudos. Dirección del viento nordeste y temperatura ambiental 15° C.

Las condiciones de homogeneidad de la prueba han sido: un total de 6 test de 500m.; 3 test por categoría, mismo protocolo para todas las pruebas y para las dos categorías: (1) Calentamiento total 15': 5' general y 10' específico de remo. (2) Realización Test_1. (3) Cambio de regulación tolete. Previamente a dar inicio cada test, se procedió a encender y comprobar la detección de la señal GPS de la base de captura de datos UP/CK/V1. Inicio test con la proa de la embarcación en la línea de salida. Orden de salida con señal acústica y visual mediante bajada de bandera. La prueba fue seguida desde una motora por una videocámara HD, siguiendo el modelo ya presentado en otros estudios (Janssen y Sachlikidis, 2010).

Protocolo instalación Acelerómetro Serie UP/CK/V1: Fijación a través de tiras 3M dual-lock. Instalado en la popa, en el lugar del patrón, coincidiendo con el centro exacto de la embarcación. Completamente nivelado (0° grados) en los tres ejes (eje x, eje y, eje z).

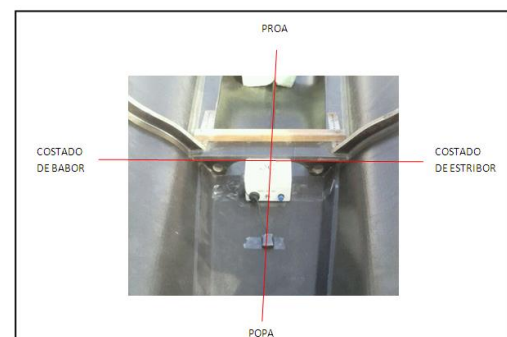


Figura 1. Instalación del Acelerómetro en la Trainerilla.

Para el análisis de datos se ha utilizado el software UP/CK/V1 - AIM RS2 (Umana Innova) y el programa Microsoft office EXCEL 2007 (Microsoft®). El análisis estadístico se realizó mediante el software SPSS 20.0 (IBM©) obteniendo las siguientes variables.



TABLE 3. Variables y su unidad de medida analizada en el estudio

Nº	Parámetro	Unidad Medida	Incertidumbre
1	Amplitud palada	m	
2	Duración palada	s	
3	Aceleración	G	$\pm 0,01G$
4	Velocidad	m/s	$\pm 0,07 \frac{m}{s}$
5	Fuerza máxima palada	N	$\pm 0,05 N$
6	Potencia máxima palada	W	$\pm 0,0001W$
7	Frecuencia de paleo	ppm	

Tabla 3. Variables y su unidad de medida analizadas en el estudio

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico IBM SPSS 19 (Windows). Se analizaron medidas descriptivas de tendencia central: media, rangos y desviación estándar. Para la comparación de las variables cuantitativas se aplicaron primero pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homocedestacidad (prueba de Levene), y una vez comprobada la normalidad se aplicó la prueba de ANOVA de medidas repetidas. En todos los tests estadístico, se consideró un nivel de significación de 0,05.

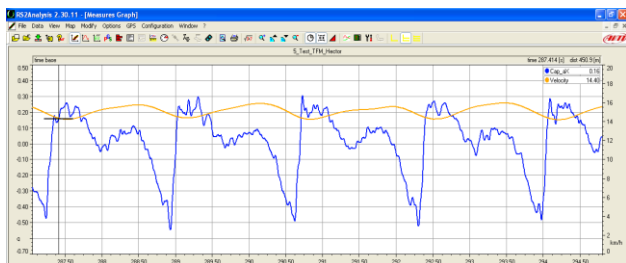


Figura 2. Gráfico de análisis de la curva de aceleración, velocidad, tiempo y amplitud del software UP/CK/V1 – AIM RS2.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los tres test realizados al equipo sénior se muestran en la Tabla 4 (Categoría sénior) y tabla 5 (Categoría juvenil).

Los resultados obtenidos de los tres test realizados al equipo juvenil se muestran a continuación en la Tabla X.

Tabla 4. Resultado de las variables de estudio del equipo sénior.

	Variables	N	Mín.	Máx.	Media	Desv. típ.
TEST 500_4 Juveni 1	Amplitud	70	2,31	7,35	6,71	0,76
	Tiempo	70	1,43	1,91	1,58	0,07
	Aceleración	70	2,94	4,02	3,31	0,23
	Velocidad	70	1,89	4,75	4,50	0,41
	Fuerza	70	1702,26	2326,42	1919,50	133,49
	Potencia	70	3210,65	10843,71	8665,37	1082,03
	FP	70	31,00	42,00	38,10	1,75
TEST 500_5 Juveni 1	Amplitud	70	2,25	7,41	6,74	0,80
	Tiempo	70	1,36	1,94	1,58	0,09
	Aceleración	70	2,55	4,02	3,23	0,28
	Velocidad	70	1,78	4,76	4,48	0,41
	Fuerza	70	1475,29	2326,42	1870,86	163,64
	Potencia	70	3035,70	10253,91	8392,08	1091,17
	FP	70	31,00	44,00	38,11	2,40
TEST 500_6 Juveni 1	Amplitud	70	2,89	7,30	6,69	0,94
	Tiempo	70	1,46	1,98	1,62	0,07
	Aceleración	70	2,65	3,63	3,10	0,22
	Velocidad	70	1,61	4,60	4,30	0,58
	Fuerza	70	5,81	16,56	15,49	2,10
	Potencia	70	1532,03	2099,45	1798,72	129,01
	FP	70	2747,26	9529,19	7724,06	1117,36
Amplitud	70	30,00	41,00	37,14	1,67	

Los resultados obtenidos mediante la ANOVA de medidas repetidas nos muestran las variables más determinantes en el rendimiento y se recogen de forma detallada en la discusión. Además pudimos obtener otras informaciones adicionales relacionando variables, como la potencia relativa (W/Kg), cruzando las variables de potencia y el peso.

Tabla 5. Resultados de las variables de estudio del equipo juvenil

	Variables	N	Mín.	Máx.	Media	Desv. típ.
TEST 500_1 Sénior	Amplitud	70	2,63	7,48	6,87	0,80
	Tiempo	70	1,38	2,02	1,62	0,12
	Aceleración	70	2,25	4,21	2,71	0,34
	Velocidad	70	1,93	4,81	4,43	0,38
	Fuerza	70	1534,97	2869,73	1847,68	235,76
	Potencia	70	3597,18	10885,34	8186,72	1166,37
	FP	70	30,00	43,00	37,11	2,89
TEST 500_2 Sénior	Amplitud	70	2,86	7,40	6,79	0,71
	Tiempo	70	1,36	2,08	1,63	0,11
	Aceleración	70	2,06	4,02	2,57	0,40
	Velocidad	70	1,90	4,82	4,37	0,39
	Fuerza	70	1401,50	2736,26	1751,39	278,41
	Potencia	70	3555,65	10816,19	7644,22	1301,60
	FP	70	29,00	44,00	36,87	2,69
TEST 500_3 Sénior	Amplitud	70	2,72	7,17	6,53	0,66
	Tiempo	70	1,35	2,14	1,53	0,10
	Aceleración	70	2,16	3,92	2,65	0,32
	Velocidad	70	1,92	4,79	4,44	0,39
	Fuerza	70	1468,24	2669,52	1806,69	221,87
	Potencia	70	3581,61	11193,82	8021,53	1131,56
	FP	70	28,00	44,00	39,12	2,27



DISCUSIÓN

De forma general podemos observar que se presta poca atención a la investigación mediante acelerometría en el deporte y en específico al remo (Pelham y cols, 1999; Mattes y Schaffert, 2010; Kleshnev, 2000; Hill y Fahrig, 2009, Bauduin y Hawkins, 2004). En lo que respecta al banco fijo, en la literatura científica no encontramos nada al respecto en la aplicación de la acelerometría para la valoración de las fuerzas aplicadas. Un artículo de Colloud y cols. (2009) realizado en remo-ergómetro donde medían el aspecto mecánico, con el asiento móvil y el asiento fijo, encontraron mayores fuerzas aplicadas con el asiento fijo.

Una de las hipótesis de esta investigación es que el cambio de una regulación en la embarcación, distancia entre tolete y bancada **D (t-b)** cambia los parámetros analizados mediante la acelerometría, y por tanto el rendimiento de la embarcación. La segunda hipótesis que se planteó fue que la acelerometría muestra unos valores significativamente diferentes en el análisis del rendimiento al ser aplicada a diferentes grupos de edad.

Al realizar el análisis de la **variable dependiente amplitud (m)**, se ha encontrado que: en *categoría sénior*, cambiar la distancia tolete-bancada afecta un 59,7% existiendo diferencias significativas en amplitud de un 43,7% entre los 3 test realizados. El valor promedio máximo de amplitud ($6,87 \pm 0,80$ m) de los tres test se encuentra en el Test_1, con el tolete más cerca. Mientras que en *categoría juvenil* hemos obtenido que el cambio de distancia tolete-bancada no ha afectado significativamente en la amplitud de palada. Obteniendo un valor de cambio de solo un 0,4%.

La ANOVA de medidas repetidas con la corrección de Greenhouse-Geisser determinó que la amplitud de la embarcación modificando la distancia D (t-b) varió de forma significativa en categoría sénior $F(1,698)=19,107$, $p<0.0005$, $d=0,122$). Los tests post-hoc utilizando la corrección de Bonferroni revelaron que la amplitud de la palada varió en el test de 500 m realizado entre la primera y tercera medida modificando la distancia D (t-b) en la categoría sénior ($6,87 \pm 0,8$ m vs. $6,5 \pm 0,6$ m) de forma estadísticamente significativa ($p<0,001$), mientras que en la categoría juvenil ($6,71 \pm 0,7$ m vs. $6,69 \pm 0,9$

m) no variaron de forma significativa; y también la amplitud se modificó en el test de 500m entre la segunda y la tercera medida realizada cuando se volvió a modificar la distancia D (t-b) en la categoría sénior ($6,79 \pm 0,71$ m vs. $6,5 \pm 0,6$ m) de forma estadísticamente significativa ($p<0,001$), mientras que en la categoría juvenil no varió de forma significativa ($6,74 \pm 0,8$ m vs. $6,69 \pm 0,9$ m/s).

No se produjeron diferencias significativas de amplitud entre los test 1 y 2 en ninguna de las categorías. Es decir, con el tolete más cerca y el tolete medio no se produjeron diferencias significativas de amplitud.

En el análisis de la **variable dependiente velocidad (m/s)**, en este estudio se ha encontrado que: en *categoría sénior*, modificando la distancia tolete-bancada afecta un 18,4% existiendo diferencias significativas en velocidad de un 13,8% entre los 3 test realizados.

La ANOVA de medidas repetidas con la corrección de Greenhouse-Geisser determinó que la velocidad de la embarcación modificando la distancia D (t-b) varió entre las tres medidas realizadas y entre categorías $F(1,429) = 30,166$, $p < 0.0005$, $d = 0,179$). Los tests post-hoc utilizando la corrección de Bonferroni revelaron que la velocidad de la embarcación varió en el test de 500 m realizado entre la primera y segunda medida modificando la distancia D (t-b) tanto en la categoría juvenil ($4,50 \pm 0,41$ m/s vs. $4,48 \pm 0,41$ m/s) como en la categoría senior ($4,43 \pm 0,38$ m/s vs. $4,37 \pm 0,39$ m/s) de forma estadísticamente significativa ($p<0,001$); y también la velocidad se modificó en el test de 500m entre la segunda y la tercera medida realizada cuando se volvió a modificar la distancia D (t-b) en la categoría juvenil ($4,48 \pm 0,41$ m/s vs. $4,30 \pm 0,58$ m/s) y en la categoría senior ($4,37 \pm 0,39$ m/s vs. $4,44 \pm 0,39$ m/s) de forma estadísticamente significativa ($p<0,001$).

Mientras que en *categoría juvenil* hemos obtenido que el cambio de distancia tolete-bancada afecta un 35,7% en la variable dependiente velocidad. Y existen diferencias significativas en velocidad de un 13,1%. Hemos encontrado que el valor promedio máximo de velocidad en categoría sénior se encuentra en el Test_3 con el tolete más lejos ($4,44$ m/s $\pm 0,39$). Mientras que en categoría juvenil se



encuentra en el Test_1 con el tolete más cerca (4,50 m/s \pm 0,39). Al realizar comparaciones por pares de test dentro del mismo grupo de edad o categoría hemos obtenido que, en categoría sénior, hubo diferencias significativas de velocidad entre los test 2-1 y 2-3, pero no existe diferencia de velocidad entre los test 1-3. Esto es un dato muy interesante, pues quiere decir que con el tolete más cerca y más lejos se producen velocidades más altas, y por tanto más similares, mientras que con la distancia tolete-bancada media se produjo una velocidad media más baja y por lo tanto más diferencia entre los otros dos test. En este estudio se encontraron los mejores valores promedios de velocidad en categoría sénior con el tolete más lejos, 4,44 (m/s). Por el contrario se encontraron los mejores valores promedios de velocidad en categoría juvenil con el tolete más cerca, 4,50 (m/s).

En la **variable dependiente fuerza (N)**, se ha encontrado que: en *categoría sénior*, cambiar la distancia tolete-bancada afecta un 13% existiendo diferencias significativas en fuerza de un 7,2% entre los 3 test realizados. Mientras que en *categoría juvenil* hemos obtenido que el cambio de distancia tolete-bancada afecta un 28,2% en la variable dependiente fuerza. Y existen diferencias significativas en fuerza de un 15,6% entre los 3 test realizados.

La ANOVA de medidas repetidas determinó que la fuerza de la embarcación modificando la distancia D (t-b) varió de forma significativa entre las tres medidas realizadas y entre categorías (F(2,276)=5,688, $p<0.0005$, $d=0,40$). Los tests post-hoc utilizando la corrección de Bonferroni indican una mayor aplicación de fuerza máxima media en las dos categorías en el Test_1, con el tolete más cerca. Sénior (1847,68 \pm 235,76 N) y juvenil (1917 \pm 133,49 N). Se puede destacar un aumento dos veces mayor que en el estudio de Colloud y cols. (2009), aunque se debe destacar que en la trainerilla reman seis remeros.

Al realizar el análisis de la **variable dependiente potencia (W)**, en este estudio encontró que: en *categoría sénior*, cambiar la distancia tolete-bancada afecta un 19,9% existiendo diferencias significativas de potencia aplicada de un 11,6% entre los 3 Test realizados. Mientras que en *categoría juvenil* hemos obtenido que el cambio de distancia tolete-bancada

afecta un 47,2% en la variable dependiente potencia. Existen diferencias significativas de potencia aplicada de un 23,8% entre los 3 test.

La ANOVA de medidas repetidas determinó que la potencia de la embarcación modificando la distancia D (t-b) varió de forma significativa entre las tres medidas realizadas y entre categorías (F(2,276)=16,865, $p<0.0005$, $d=0,109$). Los tests post-hoc utilizando la corrección de Bonferroni indican una mayor aplicación de la potencia media en las dos categorías en el Test_1, con el tolete más cerca. Sénior (8186,72 \pm 1166,37 w) y juvenil (8665,37 \pm 1082,03 w).

El control del rendimiento, así como la mejora de los aspectos técnicos se pueden complementar con la aplicación de la ingeniería al ámbito del deporte, así, existen numerosos estudios en los que constatan la cuantificación objetiva de cada uno de los parámetros que influyen de manera significativa en el rendimiento de los deportistas (Vanhelst y cols, 2010; Cook y cols, 2012). Para conseguir los mejores resultados en competición es necesario regular las embarcaciones con las mejores condiciones posibles para realizar el esfuerzo y así poder desarrollar mejor todo su potencial.

Dentro de las limitaciones del estudio debemos indicar la reducida muestra con la que trabajamos, debido a la enorme complejidad y cantidad de medidas de acelerometría recogidas (7 variables en cada palada), 70 paladas en cada uno de los seis test de 500 m; además de tener que cambiar las distancias tolete-bancada D (t-b) entre cada test y en cada uno de los remeros participantes; debiendo retirar la embarcación del agua para realizar estas modificaciones. Otra de las limitaciones del estudio es que solamente se realizó en hombres, debido a la imposibilidad de encontrar un equipo femenino que cumpliera con los criterios de inclusión. Otra posible limitación fue que al hacer los test en el mar, se buscaron siempre situaciones de calma, para evitar los posibles efectos del oleaje en la embarcación.

CONCLUSIONES

En categoría sénior observamos que con la distancia tolete-bancada D (t-b) más alejada, se produce un mejor rendimiento de la embarcación. En este test se ejerce menos fuerza máxima promedio, se aplica



menos potencia absoluta y se desarrolla menos amplitud media de palada, pero sin embargo se consigue una velocidad media mayor, y por lo tanto se recorre la distancia total de la prueba en menor tiempo.

En categoría juvenil se observa que, con la distancia tolete-bancada D (t-b) más cercana, se produce un mejor rendimiento de la embarcación y una velocidad media mayor que en los otros test realizados en esta categoría, se aplica la mayor fuerza máxima y la mayor potencia absoluta promedio.

En ambas categorías se desarrolla mayor amplitud de palada con la distancia tolete-bancada D (t-b) más cerca.

Los datos obtenidos en este estudio demuestran que en categoría sénior, y con un peso más elevado y la distancia tolete-bancada más alejada, mejora el rendimiento en competición, obteniendo mayor velocidad del conjunto dinámico de la embarcación, con un menor gasto energético de la tripulación.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden ser de gran utilidad para los entrenadores y los investigadores, ya que en primer lugar permiten conocer científicamente todas las variables que intervienen en el rendimiento y su relación con el cambio de regulación entre tolete-bancada D(t-b). Además pueden servir para valorar la eficiencia técnica de los remeros y para regular correctamente la embarcación, en función de los mismos. La principal aportación de este estudio fue la de aplicar la acelerometría, para el análisis de las variables que influyen directamente en el rendimiento del remo de banco fijo, en la modalidad de trainerilla.

AGRADECIMIENTOS

Al Club de Remo Rianxo por facilitar todos los medios disponibles a su alcance para hacer viable este estudio y a sus deportistas por someterse de manera altruista a toda una serie de mediciones antropométricas y pruebas de campo. Así como al Centro Galego de Tecnificación Deportiva de Pontevedra, por facilitar los medios tecnológicos para el desarrollo de este proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Boudoin, A., & Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal of Biomechanics*, 37, 969-976.
2. Boyd, L., Ball, K., & Aughey, R. (2013). Quantifying External Load in Australian Football Matches and Training Using Accelerometers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8, 44-51.
3. Callaway, A., Cobb, J., & Jones, I. (2009). A Comparison of Video and Accelerometer Based Approaches Applied to Performance Monitoring in Swimming. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 4(1), 139-153.
4. Cook, I., Alberts, M., & Lambert, S. (2012). Influence of Cut-points on Patterns of Accelerometry-Measurement Free-Living physical activity in rural and urban black south African women. *Journal of physical activity and Health*, 9, 300-310.
5. Colloud, F., Bahuaud, P., Doriot, N., Champeli, S., & Chéze, N. (2006). Fixed Versus free-floating stretcher mechanism in rowing ergometers: Mechanical aspects. *Journal of Sport Science*, 24(05), 479-493.
6. Francisco García, J.M. (1991). *Iniciación al remo*. Ed. Xunta de Galicia; Santiago de Compostela.
7. Francisco García, J.M. (1996). *Remo de banco fijo*. Ed. Lea. Buenos Aires; Argentina.
8. Federación Española de Remo (2011). *Código de regatas de la Federación Española de Remo*. [Consultado el día 20/03/2013]. Disponible en www.federemo.org.
9. González Aramendi, J.M. (1994). *Cinética del lactato en remo de banco fijo*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco.
10. Hill, H., & Fahrig, S. (2009). The impact of fluctuations in boat velocity during the rowing



- cycle on race time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19, 585-594.
11. Janssen, I., & Sachlikidis, A. (2010). Validity and reliability of intra-stroke kayak velocity and acceleration using a GPS-based accelerometer. *Sports Biomechanics*, 9 (1), 47-56.
 12. Kleshnev, V. (2000) Power in rowing. *XVIII Congress of ISBS*, Hong Kong, Vol.II, 662-666.
 13. Lee Sinden, J. (2013). Health Problems in elite rowing: Using interviews to expose female rowers' lived experiences. *Journal of Sport and Health Research*, 5(1), 25-42.
 14. Mattes, K., & Schaffert, N. (2010). New measuring on water coaching device for rowing. *Journal of Human Sport and Exercise*. 5(2), 226-239.
 15. Pelham, T.W., Holt, L.E., Burke, D.G., & Carter, G.W. (1999). Accelerometry for paddling and rowing. *XI International Symposium on Biomechanics in Sports*. Amherst, Massachusetts – USA.
 16. Pérez-Treus, S., García-Soidán, J.L., Arce, E., Portela, T., Alfonso, X., & Alfonso, A. (2012). Acelerometría aplicada en el piragüismo de aguas tranquilas. *IV Congreso Internacional de entrenadores de piragüismo de aguas tranquilas*. Catoira. Pontevedra.
 17. Pruitt, L., Glynn, N., King, A., Guralnik, J., Aiken, E., Miller, G., & Haskell, W. (2008). Use of Accelerometry to Measure Physical Activity in Older Adults at Risk for Mobility Disability. *Journal of Aging and Physical Activity*, 16, 416-434.
 18. Tan, S., Batterham, M., & Tapsell, L. (2011). Activity Counts From Accelerometers Do Not Add Value to Energy Expenditure Predictions in Sedentary Overweight Individuals During Weight Loss Interventions. *Journal of Physical Activity and Health*, 8, 675-681.
 19. Tanaka, C., Hikiyama, Y., Ohkawara, K., & Tanaka, S. (2012). Locomotive and Non-Loomotive Activity as Determined by Triaxial Accelerometry and Physical Fitness in Japanese Preschool Children. *Pediatric Exercise Science*, 24, 420-434.
 20. Vanhelst, J., Theunynck, D., Gottrand, F., & Béghin, L. (2010). Reliability of the RT3 accelerometer for measurement of physical activity in adolescent. *Journal of sport science*, 28(4), 375-379.

