

**2012-
2013**



[TRABAJO FIN DE GRADO]

RELACIÓN ENTRE INDICADORES DE ESFUERZO Y PARÁMETROS INTERNOS EN NATACIÓN.

ÁNGEL PERELLÓ TORRADO
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE EDUCACION
GRADO CIENCIAS ACTIVIDAD
FISICA Y DEPORTE
4º CURSO
TUTOR: PEDRO TOMÁS GÓMEZ PIRIZ
ORIENTACIÓN CIENTÍFICA
ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

ÍNDICE.	PÁG.
1 RESUMEN. _____	3
2 INTRODUCCIÓN. _____	4
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. _____	5
3.1 El problema de investigación. _____	9
3.2 Objetivo de investigación. _____	9
4 MATERIAL Y MÉTODOS. _____	10
4.1 Muestra. _____	10
4.2 Variable velocidad de nado. _____	11
4.3 Variable número de brazadas. _____	11
4.4 Variable frecuencia cardíaca. _____	11
4.5 Variable percepción subjetiva de esfuerzo (RPE): _____	12
4.6 Variable concentración de lactato. _____	12
4.7 Hoja de registros. _____	12
4.8 Protocolo de evaluación utilizado. _____	13
5 RESULTADOS. _____	15
6 DISCUSIÓN. _____	22
7 CONCLUSIONES. _____	23
8 PERSPECTIVA DE FUTURO. _____	24
9 BIBLIOGRAFÍA _____	25

1 RESUMEN.

En el estudio han participado un total de 13 sujetos (8 H y 5 M), todos ellos deportistas de nivel nacional en la modalidad de natación. Todos los sujetos están entrenados y se encontraban en el mesociclo de control dentro del último ciclo de la programación anual. Los sujetos realizaron un protocolo de valoración que consistió en 5 bloques (8x200 m.) a la intensidad requerida (80-100% de su MMP) con una medición de la concentración de lactato, en reposo y después de la finalización de cada bloque, con valores entre 1,7 minimoles por litro de sangre (en adelante se utilizarán alternativamente las expresiones generalizadas mmol/l o mM/l) y 19,6 mmol/l. La FC y la RPE se midieron después de cada serie, obteniéndose los valores más altos de cada variable en las últimas series, llegando hasta una FC promedio de $184,85 \pm 8,43$ lat/min. El número de brazadas se contabilizó en cada largo de cada una de las series. De cara a afrontar el control de las tareas de entrenamiento, además de controlar la velocidad de nado que nuestros nadadores emplean en recorrer las distancias de 200 metros, se debe controlar el número de brazadas y FC.

2 INTRODUCCIÓN.

Este estudio tiene como fin obtener datos relevantes en rendimiento deportivo en la modalidad de natación. Para ello se ha establecido una relación entre indicadores de esfuerzo, toma de lactato y frecuencia cardiaca, y parámetros internos de natación, número de brazadas y velocidad de nado. Además se ha utilizado una escala de percepción subjetiva del esfuerzo.

En natación es necesario el control del entrenamiento para tener constancia de lo que entrena el nadador y los efectos que dicho entrenamiento produce en el deportista. Con los métodos de control también se ayuda a planificar el entrenamiento con mayor precisión a lo largo de los rendimientos máximos. Estos métodos pueden ser observacionales (se toman medidas en tiempo real o mediante registros de video), fisiológicas (monitorizando la frecuencia cardiaca, la concentración de lactato o el consumo máximo de oxígeno, nivel de percepción de esfuerzo o índices de estrés), y subjetivos (uso de cuestionarios o diarios), (Navarro, Oca y Rivas, 2010).

Para aplicar las diversas cargas de entrenamiento que faciliten el desarrollo de las capacidades del nadador y que mejoran su rendimiento, es necesario, en primer lugar, diferenciarlas según sus objetivos. También para distinguir los contenidos tácticos de entrenamiento, deberán estar relacionados con los contenidos de entrenamiento que más se ajusten a las condiciones de intensidad y duración de las zonas de entrenamiento señaladas.

Para ello, se deben conocer las variables de entrenamiento de cada zona con precisión: duración e intensidad de estímulo, pausas de descanso entre repeticiones y series, volúmenes recomendados y los elementos de comprobación fisiológica (concentración de lactato en sangre y frecuencia cardiaca), (Navarro, Oca y Rivas, 2010).

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

En natación, se utilizan para el control del entrenamiento indicadores de esfuerzo y parámetros internos, como por ejemplo, el consumo de oxígeno, que representa el volumen de oxígeno consumido durante cualquier tipo de esfuerzo e indica la capacidad que tiene el organismo de utilización del mismo. Todo aumento en la intensidad de un ejercicio, determina un aumento paralelo en el VO₂ (consumo de oxígeno), pero a partir de un determinado nivel, el consumo de oxígeno no aumenta más aunque la intensidad del esfuerzo lo haga. Es en ese momento cuando se dice que el sujeto ha alcanzado su consumo máximo de oxígeno (VO₂max) y representa un índice fundamental para medir las posibilidades del sujeto ante esfuerzos prolongados de baja intensidad. (Palomino, Ortega, Limiñana, García-Manso, Ruiz, Sarmiento, y Monpeó, 1996).

Frente a estas contraindicaciones se añaden las dificultades de la medición del consumo de oxígeno en la natación. Aunque se han comercializado aparatos portátiles que permiten la determinación del consumo máximo de oxígeno en la piscina, su alto coste económico y de mantenimiento hace que este tipo de monitorización fisiológica resulte poco práctica y poco accesible.

La frecuencia cardíaca (FC) muestra una respuesta similar al VO₂max de modo que puede utilizarse para medir la intensidad cuando la carga de trabajo es razonablemente constante durante varios minutos o más.

En los laboratorios la FC se mide con el electromiógrafo, si bien se están imponiendo los cardiotacómetros portátiles de reducidas dimensiones (tomado Navarro, Oca y Rivas, 2010), que suelen disponer de una unidad de sensores que se adaptan al pecho del nadador y transmiten una señal derivada del electrocardiograma a una unidad de reloj de la muñeca que calcula y muestra la FC. Un analizador que almacena los datos y que permite además hacer uso de ellos por ordenador (lo cual permite una evidencia objetiva del tiempo empleado en el entrenamiento).

Existen varias formas en que la FC puede expresar la intensidad (según Navarro, Oca y Rivas, 2010):

- La FC absoluta es útil para la monitorización día a día.

- La FC como porcentaje del máximo para diferenciar en la máxima FC entre nadadores.
- Las diferencias en la FC en reposo pueden ser tenidas en cuenta si la intensidad se expresa como porcentaje de la FC de reserva: $(FC \text{ de entrenamiento} - FC \text{ de reposo}) / (FC \text{ máxima} - FC \text{ de reposo}) \times 100$.
- La FC de entrenamiento como porcentaje de la FC de ritmo de competición.
- La FC relacionada con varios ritmos de entrenamiento.

Aunque los pulsómetros han demostrado su precisión en la medida de la frecuencia cardiaca, existen numerosos factores que pueden influir en la relación entre la carga de trabajo y frecuencia cardiaca. La variación diurna de la frecuencia cardiaca es aproximadamente de 6 latidos/minuto o de un 6,5%. Sin embargo, si los factores que afectan a la FC son controlados (estado de entrenamiento, condiciones ambientales, cambios diurnos, duración del ejercicio, estado de hidratación, altitud y medicación), la precisión con la que la frecuencia cardiaca puede ser utilizada como marcadores de la intensidad del ejercicio mejorara notablemente.

La frecuencia cardiaca se modifica considerablemente con el ejercicio físico. Esta varía según factores genéticos, edad, sexo, talla, etc. Al nacer la FC es de 140 pul/min y va descendiendo con la edad. Como promedio la mujer tiene de unas 5 a 10 pul/min más que el varón. Por razones hemodinámicas, las personas de más talla, normalmente tiene una FC más elevada. Al aumentar la temperatura, aumenta la FC (tomado de Barbany, 2002).

Al pasar de la situación de reposo a realizar un trabajo físico, se produce un aumento de la FC y una vasodilatación periférica. Estos mecanismos tienden a asegurar un aumento de la cantidad de sangre que el corazón bombea por minuto (gasto cardiaco) y una mayor permeabilidad de sangre en los vasos. La magnitud del incremento de la FC esta en relación con la intensidad del trabajo realizado. La FC es absolutamente individual y no extrapolable a otros sujetos. Sin embargo su relación con la carga de entrenamiento sigue una relación lineal hasta una cierta intensidad a partir de la cual se pierde esa linealidad. Este punto de ruptura es interpretado en la estimación del umbral anaeróbico. Debido, entre otros factores, a la acumulación de la fatiga y al incremento del esfuerzo.

La concentración de ácido láctico ha sido empleada ampliamente en los últimos años con el fin de controlar el rendimiento específico de los deportistas. Las bases para la valoración del entrenamiento por medio del lactato están en la relación entre el lactato y velocidad de nado. Esta relación está determinada por la capacidad de rendimiento del deportista en términos de energía oxidativa y no oxidativa.

La concentración de lactato sanguíneo en reposo es muy próxima a la del nivel de reposo con bajas intensidades de esfuerzo. Al llegar a una intensidad determinada, que varía entre los sujetos, la concentración de lactato sanguíneo empieza a aumentar. Con el aumento de la intensidad de trabajo, la acumulación de lactato sanguíneo incrementa progresivamente durante todo el periodo de ejercicio.

El umbral anaeróbico (UAN) define dos zonas, la primera e inferior se corresponde con el sistema oxidativo y la otra con el sistema no oxidativo. El sistema oxidativo se caracteriza por un menor déficit de oxígeno al comienzo del ejercicio debido a un aumento más rápido del VO₂ llevando también a una menor acumulación de lactato y a una mayor utilización de este como fuente de energía. En la segunda zona, no oxidativa, la acumulación de lactato en el músculo es la responsable de la aparición de la fatiga. Muchos autores sitúan el umbral de lactato a un nivel estándar de 4 mmol/L de sangre, pero es más exacto y refleja más las posibilidades del deportista el umbral anaeróbico individual (Gomez-Piriz, 2011).

Según Navarro, Oca y Rivas (2010), aparte de las limitaciones para prescribir la intensidad del ejercicio que se han señalado sobre las diferencias intra e interindividuales, se han citado otras que conviene tener en consideración y que también pueden influir en la interpretación de las mediciones de lactato:

- La temperatura ambiente y la deshidratación.
- El modo de ejercicio, debido a las variaciones de masa muscular que pueden ser utilizadas.
- Una misma concentración de lactato se produce en diferentes niveles de VO₂.
- La duración del ejercicio, la intensidad y el ritmo de cambio en la intensidad del ejercicio.
- La dieta y los contenidos de glucógeno antes de comenzar el ejercicio.
- Los músculos dañados también se ha demostrado que causa un aumento en los niveles de lactato.

- Las mejoras en el estado de entrenamiento, así como el sobreentrenamiento han sido asociados con una disminución en la concentración máxima y submáxima de lactato en sangre.
- La toma de muestras y los procedimientos de medición como la hora y el lugar de toma de muestras de sangre, las técnicas de medición y el volumen de dilución.

La medida en que los factores mencionados anteriormente afectan a la forma en que el lactato se acumula, independientemente de la intensidad del ejercicio, hace que su valor de utilidad para el seguimiento y la prescripción de la intensidad del entrenamiento hayan disminuido en los últimos años.

Por la necesidad de evaluar a los deportistas de una forma lo más exacta y específica posible, se emplean test de campo que consisten en estudiar parámetros fisiológicos del deportista, en el propio campo deportivo y realizando su actividad deportiva específica, en este caso la natación dentro de la piscina. Entre muchas aplicaciones de esos test de campos, se encuentran las de determinación del umbral anaeróbico del deportista.

Debido a las dificultades que han existido hasta hace pocos años para extraer y analizar la concentración de lactato en deportistas, se ha intentado calcular el umbral anaeróbico mediante diferentes test, no siendo ninguno de ellos concluyente debido a la variabilidad de la FC y a los cambios que esta puede sufrir en función del entrenamiento (López-Chicharro, 1991).

Las muestras sanguíneas y el análisis de lactato se han convertido en herramientas muy usadas en entrenamiento deportivo debido a la facilidad de su realización y precisión por métodos de microensayo (tomado de López-Chicharro, 1991). Las microtomas de sangre son relativamente inocuas para el sujeto y requieren solo unas pocas gotas de sangre, que pueden obtenerse del lóbulo de la oreja, o como en este caso del pulpejo del dedo. Para obtener la muestra se utilizan analizadores automáticos y semiautomáticos.

Existen numerosos analizadores de lactato. Para este test se usó el *Láctate Scout*. Este tiene un método de medición que consiste en una determinación enzimático-amperométrica de lactatos en sangre en capilar seco. Para ello se usaran tiras reactivas Lactate Scout. El rango de medición suele ser entre 0,5 y 25,0 mmol/l. El volumen de

muestra 0.5µl y la duración de medición de 15 segundos. El rango de variación de 3%-8% dependiendo de la concentración de lactato y con una humedad ambiental hasta el 85% de humedad relativa... El dispositivo dispone de una memoria de 250 valores. Para el pinchazo a los nadadores, se emplearan una lanceta para cada deportista en cada pinchazo.

La escala de esfuerzo percibido (RPE) responde a factores psicofisiológicos, y se han establecido relaciones entre el valor de RPE a distintas intensidad de ejercicio por una parte, y la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato sanguíneo por otra. Las dos variaciones de esta escala (tanto la que va de 6 a 20 puntos, como la que va de 0 a 10 puntos), han sido y siguen siendo utilizadas para evaluar y cuantificar la intensidad del entrenamiento.

3.1 El problema de investigación.

- ¿Sería posible establecer una relación entre la frecuencia cardiaca y la acumulación de lactato?
- ¿Podría relacionarse la acumulación de lactato con parámetros internos de la natación, en concreto número de brazadas y velocidad de nado?
- ¿Es adecuado el uso de este protocolo para este objeto de estudio?

3.2 Objetivo de investigación.

El Tema objeto de este trabajo de fin de grado se centra en el estudio de la relación entre indicadores de esfuerzo y parámetros internos en natación. Para ello se pretende:

- Evaluar en natación la cinética de la concentración de lactato ([La]) posterior al protocolo.
- Medir la frecuencia cardiaca y relacionarla con parámetros internos de la natación, en concreto con número de brazadas y velocidad de nado.
- Establecer una relación entre la acumulación de lactato y parámetros internos de natación.

4 MATERIAL Y MÉTODOS.

Mediante la utilización de un grupo de nadadores en los que se quiere obtener los objetivos propuestos de investigación se especificarán las tendencias de los datos observados para en sucesivas investigaciones poder estimar relaciones causa-efectos en cuanto a sus metodologías y entrenamientos específicos.

El entrenamiento semanal de este grupo se compone de 10 sesiones de agua y 4 sesiones de trabajo en gimnasio. Dadas las exigencias de entrenamiento requeridas por este tipo de nadadores los test se coordinaron con los entrenamientos para evitar interrupciones. Se desarrollaron dentro del mesociclo de control y estas mediciones a su vez sirvieron para otros datos a los entrenadores.

El estudio se llevó a cabo en la piscina de Cavaleri (Mairena del Aljarafe), piscina descubierta de 8 calles y de dimensiones de 50x21 metros.



4.1 Muestra.

La muestra la formaron un total de 13 sujetos, 8 varones y 5 hembras, todos ellos nadadores de nivel nacional, pertenecientes al grupo de tecnificación del Club Natación-Mairena del Aljarafe. Todos ellos con una experiencia superior a 4 años de participación en nivel de alta competición. Las edades van desde los 27 años hasta los 15 años. En la tabla 1 se muestran el promedio de las características de los sujetos. Todos los participantes fueron previamente informados de las condiciones y procedimientos a seguir para el cumplimiento de los objetivos del estudio. El club y todos los atletas dieron su consentimiento y se pidió autorización tanto al club como a los padres de los nadadores menores de edad para que también dieran consentimiento de la ejecución del estudio.

Tabla 1. Promedio de las características de los sujetos.

SEXO	EDAD	ESTATURA	PESO	IMC	EXPERIENCIA
8H 5M	18,85 ± 3,63	1,75 ± 0,09	65,72 ± 0,68	21,39 ± 1,98	6,46 ± 3,02

4.2 Variable velocidad de nado.

La velocidad de nado en cada serie será medida de manera manual por cronómetros específicos para la natación. Se utilizarán los cronómetros Finis 3x300M (figura 1).

Figura 1. Cronómetro Finis 3x300M.



4.3 Variable número de brazadas.

El numero de brazas será contando por o un ayudante/colaborador. Se contarán las brazadas cada 50 metros, es decir, cada largo de piscina.

4.4 Variable frecuencia cardíaca.

Para medir la frecuencia cardíaca de trabajo emplearemos pulsómetros marca Polar T31 (figura 2). Debido a la dificultad que conlleva nadar con la cinta del pulsómetro en el pecho, se medirá siempre 10'' después de terminar cada serie.

Figura 2. Pulsómetro Polar T31.



Para la frecuencia cardíaca basal, se tomará la pulsación recién despertados en 60''.

Para la frecuencia cardíaca máxima emplearemos la fórmula $FC \text{ máxima} = 220 - \text{edad}$. Esta fórmula es usada en el ámbito de la actividad física y el deporte sin aparecer junto a ella referencias bibliográficas sobre ella o el autor que la diseñó.

4.5 Variable percepción subjetiva de esfuerzo (RPE):

La percepción subjetiva de intensidad de esfuerzo del deportista se medirá según una escala de esfuerzo (0-10), siendo 0 el valor más bajo y 10 el máximo esfuerzo posible.

4.6 Variable concentración de lactato.

Para el análisis de lactato se utilizó el analizador de lactato LACTATE SCOUT (figura 3). El analizador debe ser calibrado según el código de las tiras reactivas (figura 3). Se emplearán reactivos y lancetas para este analizador que serán obtenidas de la empresa *Biolaster*.

Figura 3. Analizador y tiras reactivas Lactate Scout.



4.7 Hoja de registros.

Se empleará una hoja de registros para anotar los datos.

Tabla 2. Hoja de registros para la recogida de datos.

HOJA DE REGISTRO		NOMBRE:				SUJETO N°:	
	TIEMPO	N. BRAZADAS			FC TRABAJO	RPE	LACTATO
SERIE 1							
SERIE 2							
SERIE 3							
SERIE 4							
SERIE 5							
SERIE 6							
SERIE 7							
SERIE 8							

4.8 Protocolo de evaluación utilizado.

El test a desarrollado es una propuesta de Simón en 1981 que consiste en realizar 5 escalones de series de 200 metros (tomado de López-Chicharro, 1991).

Se realizó una toma de lactato en reposo antes de iniciar el test.

En el primero se realizó 3 series de 200 metros a un 80% de la intensidad máxima, con una recuperación de 20'' después de cada serie y 3' de recuperación final. Nada más acabar se tomó la muestra de sangre para lactatos.

El segundo escalón constó de 2 series a un 85% de la intensidad máxima, con 20'' de recuperación entre ellas y 5' al final. Nada más acabar se tomó la muestra de sangre.

El tercero consistió en una única serie a un 90% de la intensidad máxima, con 5' de recuperación al final y con toma de sangre a los 3' de acabar.

En cuarto consistió en nadar 1 serie al 95% de la intensidad máxima, con toma de sangre a los 3' de acabar y con una recuperación de 20' o más.

El quinto y último consistió en realizar 200 metros a la máxima velocidad posible con extracciones de sangre a los 4' y 7' y en caso de que el segundo valor fuera superior al primero se realizaría otra toma a los 10'.

Con los datos de las velocidades y concentraciones de ácido láctico que se obtuvieron en cada serie, se puede calcular las velocidades de natación para los diferentes tipos de trabajo en función de la acumulación de lactato: aerobio en 2-3 mM/L, aerobio en 2-4 mM/l, a ritmo de umbral 4 mM/l y a ritmo de 6-8 mM/l o > 8 mM/l.



Imagen 1. Toma de lactato



Imagen 2. Nadador descansando.



Imagen 3. Salida espaldista.



Imagen 4. Salida crolistas.



Imagen 5 y 6. Ejecución series de 200 metros.

5 RESULTADOS.

Tabla 3. Características del sujeto y concentración de lactato mmol/l en reposo y después de cada bloque.

	H/M	EDAD	ESTATURA	PESO	IMC	EXPERIENCIA	REPOSO	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4	BLOQUE 5	
SUJETO 1	1	21	1,89	69	19,32	8	2,7	9,1	12,2	14,4	15,2	15,6	14,6
SUJETO 2	1	21	1,83	83	24,78	6	1,8	7,6	8,2	9,7	10	11,3	10,3
SUJETO 3	1	18	1,79	71	22,16	6	4,1	7,6	9	13,2	13,9	16,7	14,8
SUJETO 4	1	17	1,73	63,5	21,22	5	2,6	3,4	3,9	6,9	7,5	9,7	9,3
SUJETO 5	1	20	1,85	80	23,37	8	3,1	7,1	10,3	14	15,1	19,7	16,2
SUJETO 6	1	17	1,87	73	20,88	5	2,5	6,4	6,5	8,5	14,2	16,2	14,5
SUJETO 7	1	27	1,75	72	23,51	15	2,5	8,9	11	12,6	13,8	14,7	13,2
SUJETO 8	1	16	1,73	72	24,06	4	3,4	5,9	10,4	11	11,2	11,6	10,2
SUJETO 9	2	18	1,64	52	19,33	7	1,7	3,5	3,6	3,8	3,7	4,6	3,6
SUJETO 10	2	24	1,63	53,9	20,29	8	2,2	2,5	3	3,9	6	9,3	7,4
SUJETO 11	2	16	1,64	55	20,45	4	3,1	5,8	6,8	7,6	11	12	11,2
SUJETO 12	2	15	1,74	58	19,16	4	4,9	5,9	8,6	7,1	7,8	11,4	11
SUJETO 13	2	15	1,63	52	19,57	4	2,2	2,9	3,6	4	5,8	8,2	6,4
PROMEDIO	-	18,85	1,75	65,72	21,39	6,46	2,83	5,89	7,47	8,98	10,40	12,38	10,98
DESVIAT	-	3,63	0,09	10,68	1,98	3,02	0,90	2,22	3,16	3,85	3,93	4,08	3,70

En la primera columna se marcó el valor 1 para sujetos masculinos y el valor 2 para sujetos femeninos. En la segunda aparece la edad en años. La tercera muestra la edad en años. La quinta el peso en kilogramos. La sexta columna el índice de masa corporal (IMC). Y la séptima la experiencia competitiva a nivel nacional en años. Las demás columnas muestran la concentración de lactato en mmol/l medidas en reposo y después de cada bloque. Las dos últimas filas reflejan la media o promedio y la desviación típica de los resultados.

Tabla 4. Tiempo por serie de cada sujeto separado por estilo de nado. Se mezclan sujetos hombres y mujeres.

		BLOQUE 1			BLOQUE 2		BLOQUE 3	BLOQUE 4	BLOQUE 5
		SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	SERIE 4	SERIE 5	SERIE 6	SERIE 7	SERIE 8
LIBRE	SUJETO 1	02:10,9	02:23,1	02:24,2	02:20,8	02:18,3	02:17,7	02:16,4	02:07,8
	SUJETO 2	02:17,9	02:24,9	02:26,2	02:19,8	02:30,7	02:20,3	02:14,5	02:13,4
	SUJETO 3	02:17,0	02:19,2	02:19,0	02:13,7	02:16,0	02:10,3	02:09,3	02:04,7
	SUJETO 4	02:19,8	02:21,5	02:22,0	02:16,7	02:15,8	02:13,0	02:12,4	02:10,0
	SUJETO 10	02:40,8	02:41,1	02:41,8	02:33,1	02:35,1	02:33,6	02:30,2	02:23,2
	SUJETO 11	02:26,6	02:29,3	02:31,1	02:29,5	02:27,3	02:22,9	02:20,7	02:18,7
	SUJETO 13	02:36,8	02:37,4	02:38,0	02:31,6	02:33,7	02:32,1	02:27,5	02:21,0
	PROMEDIO	02:23,1	02:28,1	02:28,9	02:23,6	02:25,3	02:21,4	02:18,7	02:14,1
DESVIAT	00:11,0	00:08,3	00:08,5	00:07,7	00:08,4	00:08,9	00:07,8	00:07,0	
ESPALDA	SUJETO 5	02:21,2	02:28,0	02:26,4	02:20,8	02:24,0	02:18,9	02:16,1	02:13,2
	SUJETO 6	02:25,0	02:26,8	02:26,6	02:24,1	02:25,1	02:22,5	02:22,0	02:20,2
	PROMEDIO	02:23,1	02:27,4	02:26,5	02:22,5	02:24,6	02:20,7	02:19,1	02:16,7
	DESVIAT	00:02,7	00:00,8	00:00,1	00:02,3	00:00,8	00:02,5	00:04,2	00:04,9
ESTILOS	SUJETO 7	02:28,5	02:31,0	02:31,6	02:24,6	02:27,0	02:22,7	02:20,6	02:16,8
	SUJETO 8	02:38,0	02:42,4	02:42,6	02:41,2	02:40,0	02:39,4	02:35,9	02:31,4
	PROMEDIO	02:33,3	02:36,7	02:37,1	02:32,9	02:33,5	02:31,1	02:28,3	02:24,1
	DESVIAT	00:06,7	00:08,1	00:07,8	00:11,7	00:09,2	00:11,8	00:10,8	00:10,3
BRAZA	SUJETO 9	03:05,7	03:02,4	03:05,5	02:59,6	03:01,1	02:56,6	02:52,3	02:51,9
	SUJETO 12	03:13,9	03:10,0	03:09,7	03:11,7	03:06,8	03:04,7	03:05,1	03:02,5
	PROMEDIO	03:09,8	03:06,2	03:07,6	03:05,6	03:03,9	03:00,6	02:58,7	02:57,2
	DESVIAT	00:05,8	00:05,4	00:03,0	00:08,6	00:04,0	00:05,7	00:09,1	00:07,5

En esta tabla se diferencian los sujetos según el estilo que nadaron en el test y muestran los tiempos en cada serie. Cada sujeto lo realizó a su estilo propio quedando separados en estilo libre, espalda, estilos y braza. No hubo ningún sujeto a estilo mariposa.

Como podemos observar donde existe menor desviación típica es en espalda, estilos y braza. Esto se debe a que en cada uno de estos estilos los sujetos son del mismo sexo. Por el contrario en el estilo crol, existe una mayor desviación típica porque se incluyen en la tabla sujetos de ambos sexos.

Tabla 5. Número de brazadas por larga en cada serie separados en los diferentes estilos de nado. Se mezclan sujetos hombres y mujeres.

		BLOQUE 1												BLOQUE 2								BLOQUE 3				BLOQUE 4				BLOQUE 5					
		SERIE 1				SERIE 2				SERIE 3				SERIE 4				SERIE 5				SERIE 6				SERIE 7				SERIE 8					
		50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100
LIBRE	SUJETO 1	35	39	38	42	39	40	41	43	40	42	41	44	38	40	41	36	38	39	43	39	36	39	42	40	34	40	42	42	38	42	42	47		
	SUJETO 2	37	37	37	38	36	37	36	36	36	37	38	39	36	38	37	39	36	37	35	36	36	37	39	40	37	40	40	42	38	40	38	39		
	SUJETO 3	34	36	37	37	36	37	38	37	36	38	38	36	36	37	38	38	36	39	39	38	37	39	40	38	37	40	41	39	37	41	41	40		
	SUJETO 4	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	38	37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	39	38	39	40	41	41	41	
	SUJETO 10	42	46	48	46	44	45	45	46	43	45	45	45	43	46	46	45	43	45	45	45	46	43	46	46	46	44	47	47	47	43	46	47	48	
	SUJETO 11	39	40	41	41	40	40	41	41	40	41	41	41	42	43	42	43	41	42	42	42	41	42	42	42	44	44	45	45	44	45	45	45		
	SUJETO 13	43	47	47	45	45	46	47	47	45	46	45	46	46	47	48	48	45	48	47	46	47	48	48	48	47	48	47	47	46	48	49	50		
	PROMEDIO	38,1	40,3	40,7	40,9	39,6	40,3	40,7	41	39,6	40,9	40,7	41,1	39,7	41,1	41,3	41	39,4	41,1	41,3	40,7	39,7	41,3	42,1	41,9	40,1	42,6	42,9	43	40,9	43,3	43,3	44,3		
DESVIAT	3,39	4,46	4,86	3,72	3,69	3,82	4,11	4,51	3,51	3,72	3,3	3,98	3,95	4,22	4,39	4,4	3,6	4,06	4,19	4,03	4,15	4,23	3,67	3,76	4,81	3,74	3,53	3,42	3,48	3,04	3,86	4,31			
ESPALDA	SUJETO 5	32	35	34	34	31	32	31	32	31	32	33	32	33	34	35	35	33	34	35	34	31	35	36	34	33	37	37	38	33	36	39	40		
	SUJETO 6	33	37	37	38	34	38	38	38	32	38	36	37	32	37	37	37	33	38	37	38	33	37	38	38	34	38	39	40	34	38	39	40		
	PROMEDIO	32,5	36	35,5	36	32,5	35	34,5	35	31,5	35	34,5	34,5	32,5	35,5	36	36	33	36	36	36	32	36	37	36	33,5	37,5	38	39	33,5	37	39	40		
	DESVIAT	0,71	1,41	2,12	2,83	2,12	4,24	4,95	4,24	0,71	4,24	2,12	3,54	0,71	2,12	1,41	1,41	0	2,83	1,41	2,83	1,41	1,41	1,41	2,83	0,71	0,71	1,41	1,41	0,71	1,41	0	0		
ESTILOS	SUJETO 7	18	28	14	31	19	28	14	31	19	28	14	31	20	29	16	34	20	30	16	34	20	30	17	35	20	31	17	39	21	33	17	40		
	SUJETO 8	25	42	19	42	24	42	19	44	24	43	19	43	25	43	20	45	26	45	19	45	27	45	20	46	27	46	20	48	27	46	21	48		
	PROMEDIO	21,5	35	16,5	36,5	21,5	35	16,5	37,5	21,5	35,5	16,5	37	22,5	36	18	39,5	23	37,5	17,5	39,5	23,5	37,5	18,5	40,5	23,5	38,5	18,5	43,5	24	39,5	19	44		
	DESVIAT	4,95	9,9	3,54	7,78	3,54	9,9	3,54	9,19	3,54	10,6	3,54	8,49	3,54	9,9	2,83	7,78	4,24	10,6	2,12	7,78	4,95	10,6	2,12	7,78	4,95	10,6	2,12	7,78	4,95	10,6	2,12	2,83		
BRAZA	SUJETO 9	19	20	20	20	20	20	20	20	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19	10	21	20	21	21	21	
	SUJETO 12	23	23	23	24	21	22	23	23	21	21	22	23	21	22	22	23	21	21	23	23	22	23	23	23	22	22	23	24	21	22	24	25		
	PROMEDIO	21	21,5	21,5	22	20,5	21	21,5	21,5	20	20	20,5	21,5	20,5	21	21	21,5	20,5	20,5	21,5	21,5	21	21,5	21,5	21,5	21	20,5	16,5	22,5	20,5	21,5	22,5	23		
	DESVIAT	2,83	2,12	2,12	2,83	0,71	1,41	2,12	2,12	1,41	1,41	2,12	2,12	0,71	1,41	1,41	2,12	0,71	0,71	2,12	2,12	1,41	2,12	2,12	2,12	1,41	2,12	9,19	2,12	0,71	0,71	2,12	2,83		

En esta tabla se observa la diferencia del número de brazadas por largo que existe entre cada estilo. El valor más bajo lo obtienen los estilos simétricos, largos a braza y a mariposa (primer 50 de los estilos), mientras que los valores más altos pertenecen a los estilos asimétricos, largos a crol y espalda. También se puede observar que para un mismo estilo, los sujetos femeninos tienen un valor más alto que los sujetos masculinos, es decir, necesitan un mayor número de brazadas por largo.

Tabla 6. Frecuencia cardiaca lat/min por sujeto medida en cada serie.

	BLOQUE 1			BLOQUE 2		BLOQUE 3	BLOQUE 4	BLOQUE 5
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	SERIE 4	SERIE 5	SERIE 6	SERIE 7	SERIE 8
SUJETO 1	170	166	168	176	179	180	181	186
SUJETO 2	170	170	174	180	175	183	188	190
SUJETO 3	151	160	166	163	170	174	180	184
SUJETO 4	150	152	154	156	160	166	170	172
SUJETO 5	168	168	170	175	179	186	188	191
SUJETO 6	165	170	167	168	170	175	178	182
SUJETO 7	148	152	152	167	173	181	185	188
SUJETO 8	150	154	156	160	175	180	185	188
SUJETO 9	148	150	148	156	155	168	180	181
SUJETO 10	151	156	156	166	170	186	192	192
SUJETO 11	150	153	155	159	162	164	174	166
SUJETO 12	174	176	181	180	183	179	178	185
SUJETO 13	164	162	164	172	173	177	186	198
PROMEDIO	158,38	160,69	162,38	167,54	171,08	176,85	181,92	184,85
DESVIAT	10,07	8,58	9,70	8,55	8,03	7,19	6,16	8,43

Tabla 7. Percepción de esfuerzo subjetivo (1-10) por sujeto en cada serie.

	BLOQUE 1			BLOQUE 2		BLOQUE 3	BLOQUE 4	BLOQUE 5
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	SERIE 4	SERIE 5	SERIE 6	SERIE 7	SERIE 8
SUJETO 1	6	7	8	9	9	9	10	10
SUJETO 2	8	8	8	9	9	9	10	10
SUJETO 3	7	8	8	7	8	8	9	10
SUJETO 4	5	5	6	6	7	7	8	9
SUJETO 5	6	5	6	7	7	8	9	10
SUJETO 6	6	6	6	7	8	8	9	10
SUJETO 7	5	6	6	7	8	9	10	10
SUJETO 8	5	6	6	7	8	9	10	10
SUJETO 9	6	6	6	7	7	8	9	10
SUJETO 10	5	5	5	7	8	8	9	10
SUJETO 11	6	6	6	7	7	8	9	10
SUJETO 12	7	7	7	8	8	8	9	10
SUJETO 13	7	6	6	7	7	8	9	10
PROMEDIO	6,08	6,23	6,46	7,31	7,77	8,23	9,23	9,92
DESVIAT	0,95	1,01	0,97	0,85	0,73	0,60	0,60	0,28

Gráfico 1. Relación entre concentración de lactato mmol/l y el tiempo en cada serie en libritas.

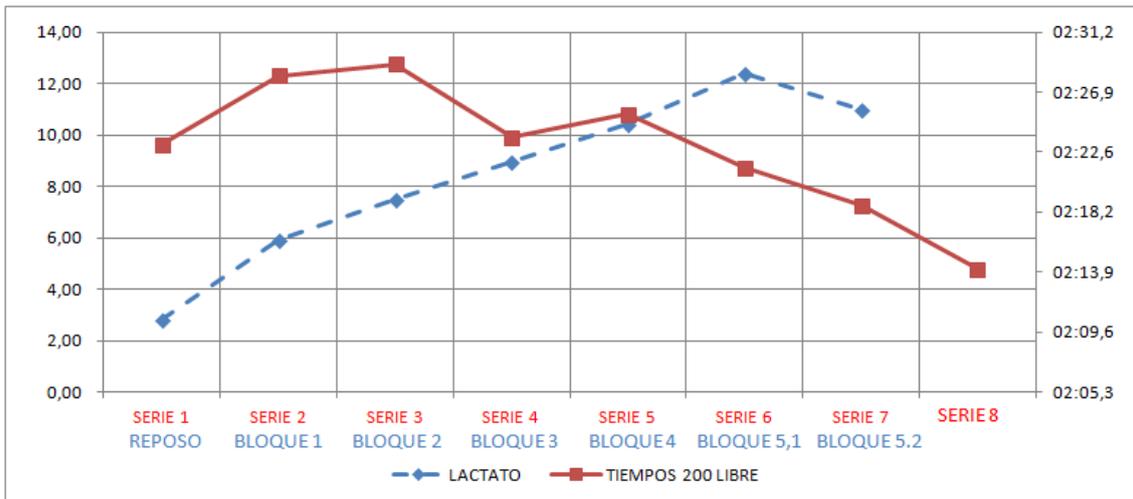


Gráfico 2. Relación entre concentración de lactato mmol/l y el tiempo en cada serie en espaldistas.

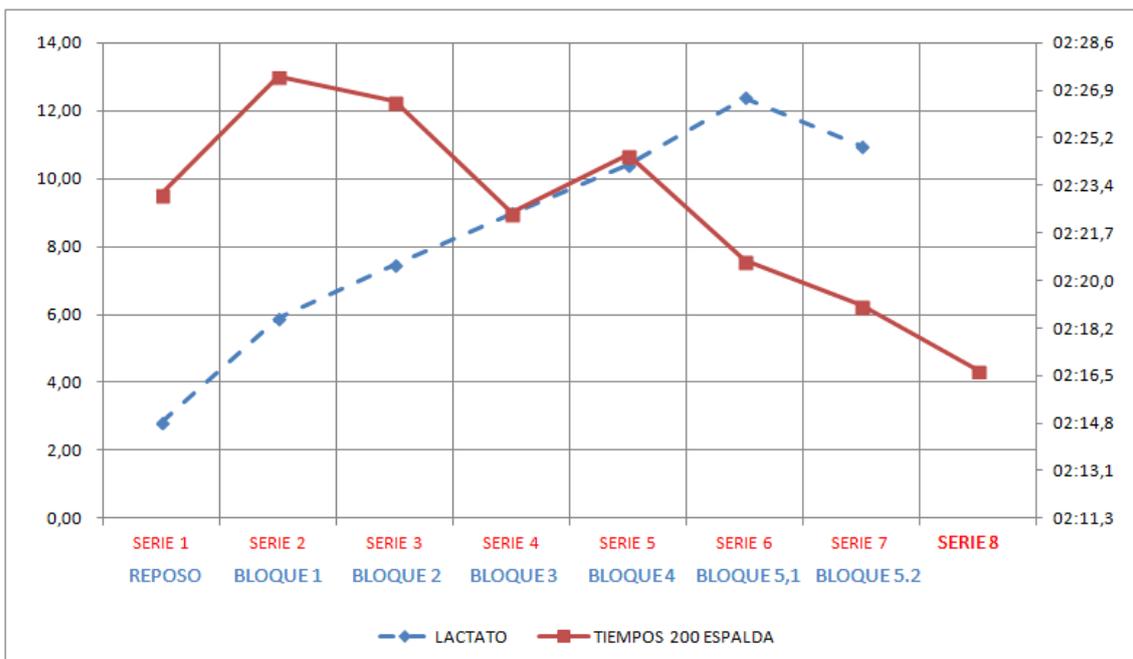


Gráfico 3. Relación entre concentración de lactato mmol/l y el tiempo en cada serie en estilistas.

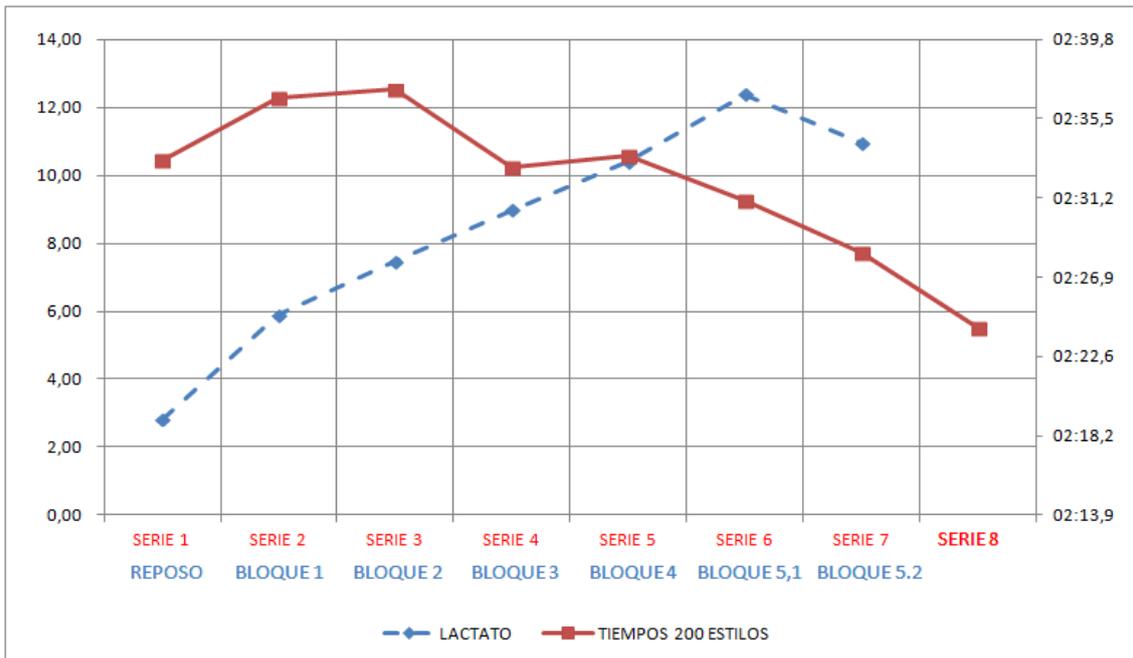
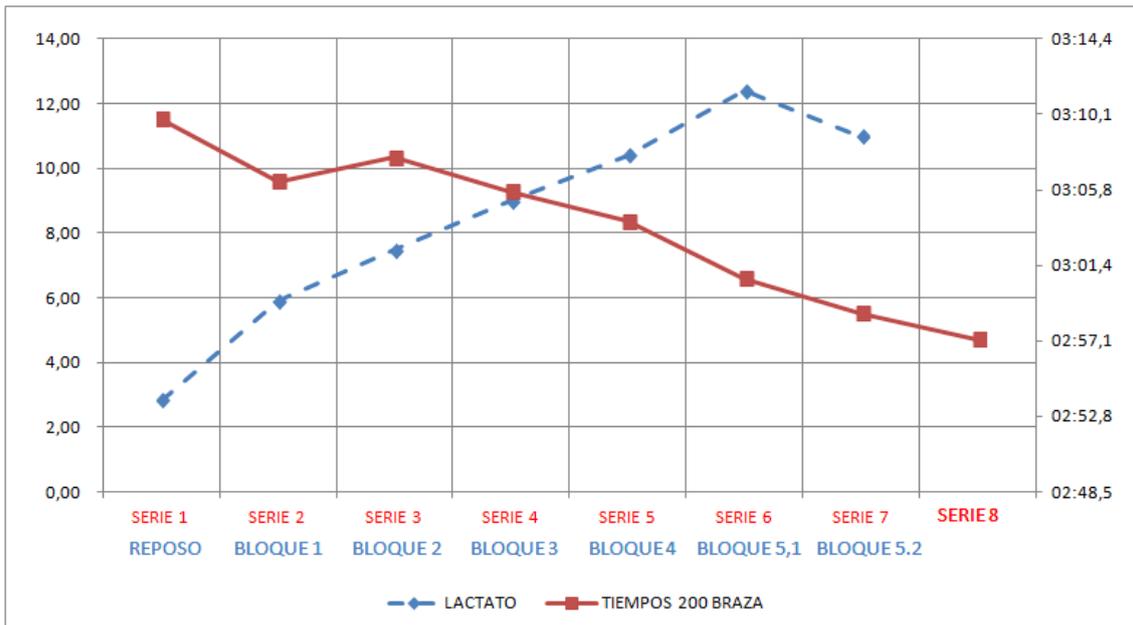
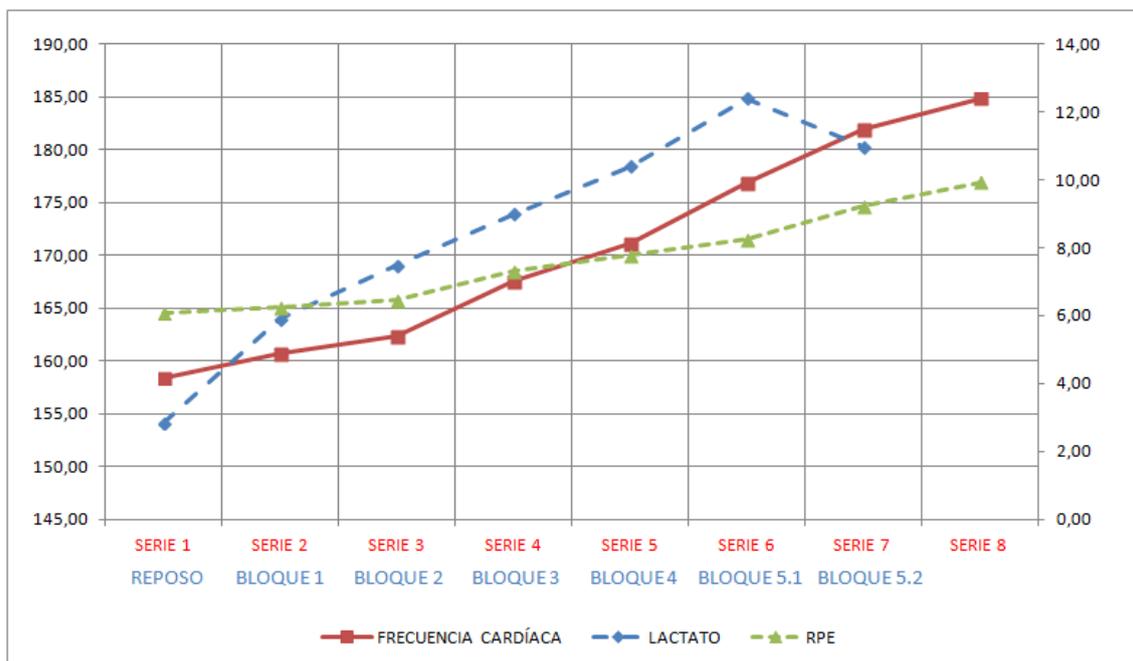


Gráfico 4. Relación entre concentración de lactato mmol/l y el tiempo en cada serie en bracistas.



Como se puede observar en las gráficas anteriores, independiente del estilo de nado, a medida que se aumenta la velocidad de nado disminuyendo el tiempo de la serie, es decir, se nada a una mayor intensidad, la acumulación de lactato aumenta.

Gráfico 5. Relación entre la RPE (1-10) y la frecuencia cardíaca lat/min tomada en cada serie y la toma de lactato mmol/l en reposo y después de cada bloque.



En esta gráfica se muestra como existe una relación directa entre las tres variables. A medida que se requiere más intensidad en cada serie, la frecuencia cardíaca, la RPE y la acumulación de lactato aumentan.

6 DISCUSIÓN.

Se ha contrastando los datos obtenidos con otros estudios en los que se obtienen datos sobre las mismas variables y protocolos estableciendo similitudes y diferencias.

En un estudio sobre la concentración de lactato con un protocolo de 5 series de 200 metros, en el que se emplea el mismo analizador de lactato, se obtuvieron resultados similares en cuanto a la máxima concentración de lactato. Sin embargo los valores anteriores de esta variable difieren, siendo datos más altos en nuestros resultados, debido al mayor número de series realizadas. En cuanto al protocolo, consiste en realizar 5 series de 200 metros con un descanso de dos minutos entre serie. Las intensidades a las que se deben de realizar, se corresponden con las de los bloques del protocolo utilizado en nuestro estudio (Thanopoulos, 2010).

Los resultados obtenidos en otro artículo sobre la concentración de lactato en niños y nadadores jóvenes a intensidades del 95% y 100%, son semejantes en cuanto a la frecuencia cardiaca en las series de nuestro estudio realizadas al 95% y 100%. En nuestro artículo se computan $181,9 \pm 6,16$ y $184,8 \pm 8,4$ respectivamente, mientras que en el artículo comparado se muestran 184 ± 8 en los nadadores adolescentes (Filipatou, y col 2006).

La concentración de lactato tras la repetición de series de velocidad en mariposistas, se obtiene un valor medio de $12,6 \pm 1,7$ mmol/l de concentración de lactato en un protocolo de 8 series de 50 metros al 100% con 30 segundos de descanso entre serie. (Osborough y Peyrebrune 2006). Este valor es bastante similar al obtenido en nuestros sujetos en la variable de concentración de lactato tras la realización de la serie al 100%, $12,3 \pm 4$.

7 CONCLUSIONES.

Según los datos obtenidos se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Se establece una relación entre la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato. Por ello es importante trabajar con la frecuencia cardiaca puesto que como se observa en la gráfica 5,
- Las variables FC y concentración de lactato aumentan de forma lineal a medida que se va avanzando en el test, realizando series a mayor intensidad, por lo que se podría utilizar esta para según su valor, estimar la intensidad a la que habría que realizar la tarea para de manera estimada trabajar en la franja que queremos desarrollar.
- La concentración de lactato con parámetros internos en natación. Las correlaciones encontradas entre las velocidades de nado y la acumulación de ácido láctico en los diferentes estilos, gráficas 1- 4, son bastante altas. A medida que aumenta la velocidad de nado, disminuye el tiempo en 200 metros, aumentando la concentración de lactato.
- Todo esto hace pensar que de cara a afrontar el control de las tareas de entrenamiento además de controlar la velocidad de nado expresada en el tiempo que nuestros nadadores emplean en recorrer las distancias de 200 metros, se debe controlar el número de brazadas empleadas en recorrer esa distancia, por lo que trabajando con esta variable se puede estimar el trabajo por encima de la franja energética que queremos trabajar.
- El protocolo empleado referido a la realización de 8 series de 200, divididas en 5 bloques con intensidad creciente, se considera adecuado debido a que tanto la variable FC, como la concentración de lactato y la variable RPE coinciden en que van de menos a más a medida que avanza el test.

8 PERSPECTIVA DE FUTURO.

Este estudio ha pretendido definir los modelos que se pueden utilizar como una herramienta eficaz en el control del proceso de formación de los nadadores de media distancia. Los resultados obtenidos serán utilizados por los entrenadores para la planificación y control del entrenamiento de sus nadadores.

Uno de los objetivos más importantes que se proponen los entrenadores en natación, es el desarrollo y optimización de la capacidad oxidativa o no oxidativa, construyendo una base para posteriores desarrollos a intensidades elevadas de nivel aeróbico y/o trabajos anaeróbicos y de velocidad competitiva.

Los nadadores para entrenar en esta zona de trabajo, como norma general entrenan a un pulso que puede variar entre 150-180 p/min y una concentración de lactato entre 3-5 mmol/l con una diferencia en el control a la mitad del trabajo y al final, nunca superior a 1 mmol/l. Según los datos obtenidos en este test se puede calcular la velocidad de nado y el número de brazadas a la que deben entrenar los deportistas para trabajar también en esta zona de trabajo. Además se puede estimar la FC exacta para entrenar en la misma zona. También puede servir para la evaluación del estado de los deportistas.

Según los resultados obtenidos se puede calcular la velocidad de nado y el número de brazadas a las que deben entrenar los nadadores para trabajar en la zona deseada sin necesidad de utilizar formas de control de entrenamiento más caras y de más difícil acceso y uso.

9 BIBLIOGRAFÍA

Alacid Cárceles, F., López-Miñarro, P., Isorna Folgar, M. y Victoria García, D. (2009). Relación entre frecuencia de nado, velocidad de nado, frecuencia cardiaca y ácido láctico para determinar cargas de entrenamiento con un test progresivo de 5 escalones. De <http://altorendimiento.com>

Arellano, R. (2010). *Entrenamiento Técnico de Natación*. Madrid: Editorial A. de Lamo.

Barbany, J. R. (2002). *Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.

Cuartero, M., del Castillo, J.A., Torrallardona, X. y Murio, J. (2010). *Entrenamiento de las especialidades de Natación*. Madrid: Editorial A. de Lamo.

Di-Michele, R., Gatta, G., Di-Leo, A., Cortesi, M., Andina, F., Tam, E., Da-Boit, M. & Merni, F. (2012) Estimation of the anaerobic threshold from heart rate variability in an incremental swimming. *Journal of strength & conditioning research*, vol. 26 issue 11, p3059.

Filipatou, E., Toubekis, A., Douda, H., Pilianidis, T. & Tokmakidis, S. (2006). Lactate and heart rate responses during swimming at 95% and 100% of the critical velocity in children and young swimmers. *Revista portuguesa de ciências do desporto*. Vol. 6, Supl. 1.

Galván-Torregrosa, R. y Rodríguez-Sánchez, A. (2009). Test de campo no invasivos para nadadores entrenados Propuesta práctica: Medición, Seguimiento y Evaluación. De <http://altorendimiento.com>

García-Verdugo, M. (2007) *Resistencia y Entrenamiento. Una metodología práctica*. Badalona: Editorial Paidotribo.

Gomez-Piriz, P. T. y Cabeza, R. (2006). Frecuencia cardiaca máxima. Nuevos planteamientos en su determinación para el deporte escolar. IV Congreso Nacional deporte y salud. Deporte en edad escolar.

Gomez-Piriz, P. T. (2011). *El entrenamiento deportivo en el Siglo XXI*. Alcalá la real: Editorial Formación Alcalá.

- López-Chicharro, J. y Legido Arce, J.C. (1991). *Umbral anaerobio: bases fisiológicas y aplicaciones*. Madrid: Editorial Panamericana.
- Naranjo-Orellana, J. y Centeno-Prada, A. (2000). *Bases fisiológicas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Editorial Wanceulen, S.L.
- Navarro, F., Oca, A. y Castañón, F. (2003). *El entrenamiento del nadador joven*. Madrid: Editorial Gradagymnos.
- Navarro, F., Oca, A. y Rivas, A. (2010). *Planificación del entrenamiento y su control*. Madrid: Editorial A. de Lamo.
- Navarro, F. y Rivas, A. (2001) *Planificación y control del entrenamiento en natación*. Madrid: Editorial Gradagymnos.
- Osborough, C. & Peyrebrune, M. (2006). The influence of repeated sprinting on the kinematics of butterfly swimming. *Revista portuguesa de ciências do desporto*. Vol. 6, Supl. 1.
- Palomino, A., Ortega, E., Limiñana, J., García-Manso, JM., Ruiz, J., Sarmiento, L. y Monpeó, B. (1996). Importancia del volumen de entrenamiento en el rendimiento de la natación. Valoración cineantropométrica. *ENE de la REFEN*. 5: 7-14. ISSN: 1135-111X.
- Thanopoulos, V. (2010). The 5 x 200 m step test lactate curve model: gender specific characteristics in elite greek senior freestyle swimmers. *Serbian Journal of Sports Sciences*; Dec2010, Vol. 4 Issue 4, p153.
- Toubekis-Argyris, G., Tsami-Aikaterini, P., Smilios-Ilias, G., Douda-Helen T. & Tokmakidis-Savvas, P. (2011). Training-induced changes on blood lactate profile and critical velocity in young swimmers. *Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol. 25 Issue 6, p1563.