

Método de análisis de la técnica del nadador

Andreu Roig
Ventura Ferrer
Xavier Balius
Carles Turró
Xantal Borràs

*Licenciados en Educación Física - INEFC Barcelona
 Departamento de Biomecánica
 del Centre d'Alt Rendiment Esportiu (CAR). Sant Cugat*

Palabras clave

análisis de la técnica, apoyo al entrenador, *feedback*, velocímetro intraciclo, videografía

Abstract

As a means of getting over the difficulties encountered by trainers and swimmers in bettering technique, a method of analysis and correction of errors as applied in training has been designed.

The swimmer was filmed with a video camera and simultaneously the speed of displacement of the swimmer was registered with a speedometer intracycle.

As a result the trainer and swimmer can see in the swimming pool itself the curve of velocity superimposed on the swimmer's image. A double project, both in the laboratory and field, was undertaken, to demonstrate the validity and reliability of the method.

Resumen

Para superar las dificultades de entrenadores y nadadores en la mejora de la técnica, se ha diseñado un método de análisis y corrección de errores que se aplica en el entrenamiento.

Se registra al nadador con una cámara de vídeo y, simultáneamente, se recoge su velocidad de desplazamiento con un velocímetro intraciclo.

Esto provoca que entrenador y nadador puedan ver en la misma piscina la curva de velocidad superpuesta a la imagen del nadador.

Se ha realizado un proyecto doble, de laboratorio y de campo, para demostrar la validez y fiabilidad del método.

Planteamiento del problema y objetivos

La experiencia acumulada en el departamento de Biomecánica durante estos años, parece indicar que a medida que el nadador crece y evoluciona en el mundo de la natación (y también en otros deportes), las deficiencias técnicas son más difíciles de corregir. En primer lugar, los errores son más sutiles y se ha de ir con más cuidado. Por otro lado, estos errores se perpetúan durante muchos años y muchos metros. Se produce un "estancamiento" y, modificar estos pequeños vicios realizados tantas veces, representa una mayor dificultad.

Para poder superar las dificultades de entrenadores y nadadores en la mejora de la técnica, se ha diseñado un método de análisis y corrección de errores que se aplica en el entrenamiento.

Se registra al nadador con una cámara de vídeo y, simultáneamente, se recoge la velocidad de desplazamiento del nadador con un velocímetro.

Como resultado, el entrenador y el nadador reciben un *feedback* en tiempo real (mientras el nadador está en el agua) de la curva de velocidad intraciclo superpuesta a la imagen del nadador.

La videografía (supraacuática y subacuática) permite reconocer errores cometidos por el nadador, analizar modelos de realización "correcta" y observar modificaciones/mejoras obtenidas con las correcciones técnicas.

Al trabajar con imágenes registradas, podemos hacer más lenta, parar y acelerar la acción del nadador y, de esta manera, hacer un estudio más esmerado y preciso.

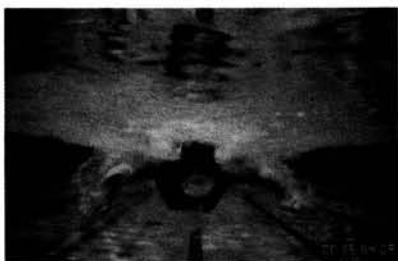


Imagen 1. Imagen frontal de una nadadora del estilo mariposa.

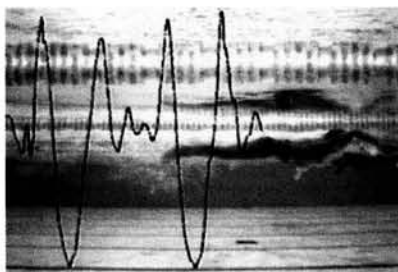


Imagen 2. Braza. Curva de velocidad superpuesta a la imagen del nadador.

El velocímetro intraciclo es un dispositivo que, mediante un hilo atado a la cintura del nadador, evalúa su velocidad de desplazamiento en el agua y permite corroborar y cuantificar el error o la modificación/mejora. Al superponer la curva de velocidad con la imagen del vídeo, relacionamos directamente las acciones del nadador y la velocidad resultante.

De esta manera, el nadador puede ver que:

- Una colocación deficiente del cuerpo produce un freno y dificulta el desplazamiento del cuerpo en el agua. **Los valles de una curva de velocidad son demasiado bajos o profundos, tienen una duración excesiva...** Se observan normalmente en la/s fase/s de recuperación.
- La deficiente aplicación de las fuerzas en duración, dirección, sentido e intensidad, provoca una propulsión defectuosa. **Los picos de la curva de velocidad no son lo bastante altos o no duran lo suficiente (tienen poca amplitud).**

A diferencia de una fotografía, el hecho de que sea una película, permite estudiar la coordinación entre los diferentes segmentos corporales y ver como unos afectan a los otros.

Objetivos

1. Validar el método propuesto para el análisis de la técnica del nadador, mediante un estudio comparativo de la fiabilidad en la medida de la velocidad entre videografía y velocímetro.
2. Usar la videografía y el velocímetro intraciclo para el estudio de la técnica, en la observación de errores técnicos del nadador y su corrección.
3. Cálculo de datos cinemáticos: velocidades instantáneas y medias, longitud y frecuencia del ciclo del nadador en cada brazada.

Material y método

Material

- 2 Videocámaras, supra y subacuática.
- 2 Magnetoscopios 50 Hz (50 imágenes/segundo).
- 1 Velocímetro 260 Hz (260 datos/segundo). Swim-Speedo-Meter (Fahnemann).
- 1 Ordenador personal.
- 1 Programa informático "SwimItEz".
- 1 VineGen. Dispositivo para superponer la imagen del ordenador (curvas de velocidad) a la imagen de vídeo.
- 1 Tarjeta convertora de señal analógica a digital, para pasar los datos de velocidad al ordenador.

Método

Se han realizado dos proyectos de forma paralela.

El **primero**, en condiciones de laboratorio, sirve sólo para comprobar la validez y fiabilidad de los datos obtenidos con el velocímetro, comparándolos con las velocidades extraídas con fotometría (videografía 50Hz); se demuestra así el primer objetivo planteado.

El testador ha realizado 15 tracciones del hilo del velocímetro, que se han agrupado en 3 grupos de velocidad creciente: a) 1 m/s aprox.; b) 2m/s aprox.; i c) 3 m/s aprox. De cada velocidad se han realizado 5 repeticiones de una duración de dos segundos.



Imagen 3. Crol. Deficiente aplicación de la fuerza al final de la brazada.

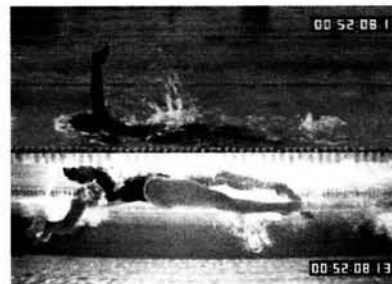


Imagen 4. Espalda. Superposición de cámaras supra y subacuática sincronizadas en el tiempo.

Las repeticiones se han registrado en los dos sistemas de medida de la velocidad.

- Velocímetro:
 1. Recogida de los valores de velocidad "vírgenes" sin suavizado (Raw Data)
 2. Aplicación de diferentes tipos de suavizados (mediana móvil, mínimos cuadrados lineales y cúbicos, butterworth), con diferente carga de filtrado u "orden".
- Videografía: una cámara dispuesta lateralmente permite:
 1. Captura de películas
 2. Calibrado del espacio estudiado.
 3. Digitalización de la trayectoria de un punto
 4. Cálculo de la velocidad realizada. $Velocidad (m/s) = Posición (m) / Tiempo$ entre fotogramas (0,02 s)

Finalmente, se ha hecho un estudio comparativo de la correlación existente entre los datos de uno y otro sistema.

Los datos directos obtenidos del velocímetro han sido finalmente suavizados por Mínimos Cuadrados Lineales, de orden 5.

Se ha colocado un marcador-reflector en la zona de fijación del hilo del velocímetro para facilitar la digitalización. Al tomar esas medidas de precaución, hemos mejorado

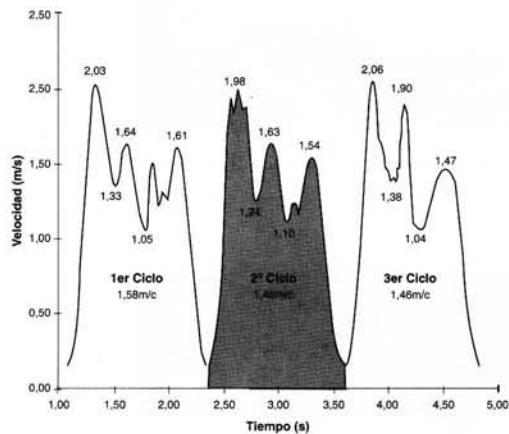


Imagen 5. Cálculo de la longitud del ciclo de un bracista.

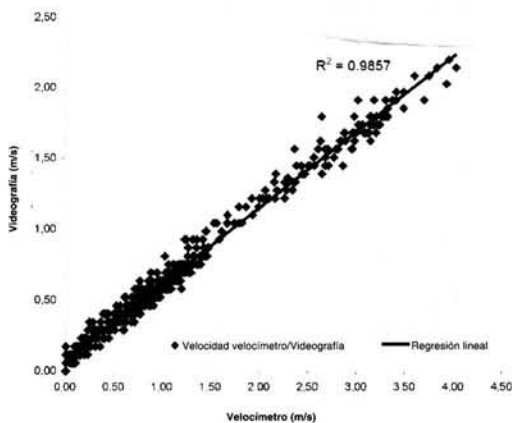


Imagen 6. Correlación entre velocidades con videografía y velocímetro.

la precisión en la digitalización de la imagen y disminuido el error al mínimo. Se tendrá en cuenta que la videografía únicamente registra 50 imágenes/segundo, mientras que con el velocímetro intraciclo se recogen 260 datos/segundo. En el caso del bracista de la imagen 5, por ejemplo, la duración de la brazada es de unos 1,4 segundos. Con videografía se recogerán unos 70 datos/brazada y unos 364 datos/brazada con velocímetro. Esta elevada frecuencia de medición, nos permite identificar muy acertadamente las pequeñas modificaciones de la velocidad durante el ciclo.

El **segundo** proyecto se realiza en la piscina, para observar las imágenes y las curvas de velocidad realizadas por el deportista mientras nada.

Cada nadador ha recorrido una distancia de 25 metros. Entre los 15 y los 20 metros, coincidiendo con la posición de la cámara subacuática, se ha registrado la velocidad durante 5 segundos.

También, de forma simultánea, se han grabado las imágenes del nadador.

Las curvas de velocidad se han superpuesto en tiempo real a las imágenes grabadas.

La cámara subacuática y/o exterior se ha colocado lateralmente (perpendicular a la dirección de desplazamiento del nadador) o frontalmente (a un extremo de la calle ocupada por el nadador) según lo que queramos observar. Una correcta colocación de la cámara nos permitirá una mejor observación de lo que queremos estudiar.

Posteriormente, se ha realizado el cálculo de datos cinemáticos a partir de los valores del velocímetro. Conociendo la duración de los ciclos de brazada, obtenemos la frecuencia.

$$\text{Frecuencia de ciclo (m)} = 60 \text{ (s/min)} / \text{Duración (s)}$$

La longitud de ciclo para cada brazada se obtiene midiendo el área descrita por debajo de la curva de velocidad.

$$\text{Longitud de ciclo (m)} = \Sigma \text{Velocidad (m/s)} * \text{Tiempo (s)}$$

Resultados y discusión

Resultados

El análisis de los datos obtenidos en el estudio comparativo de la medida de velocidad, indica que el método es un instrumento **válido** porque valora realmente la velocidad y los valores obtenidos son correctos al compararlos con los de la videografía.

Se ha encontrado un elevado coeficiente de correlación R^2 entre los valores de velocidad obtenidos en los dos sistemas, videografía y velocímetro, de 0,9857. Un coeficiente tan alto indica que los dos sistemas

miden por un igual y que, por tanto, nuestro instrumento de medida de la velocidad es preciso.

Por otro lado, esta alta correlación y una gran amplitud de la muestra (15 tracciones x 517 datos por tracción) permiten asegurar la **fiabilidad** del método.

Los gráficos 7 y 8 demuestran la alta correlación entre los dos sistemas de medida a dos niveles diferentes de velocidad.

Por lo tanto, **los valores de velocidad obtenidos con el velocímetro son comparables con los obtenidos con videografía**, que es el primer objetivo del apartado "Planteamiento del problema y objetivos". Una vez probada la validez y fiabilidad de la herramienta del análisis, nos planteamos las siguientes preguntas:

¿Será más capaz el nadador y/o entrenador de identificar cómo está realizando el gesto y los errores técnicos?

¿Les permitirá observar que las mejoras técnicas producen una mejora de la velocidad de desplazamiento?

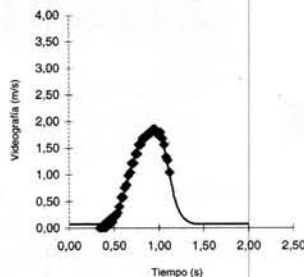
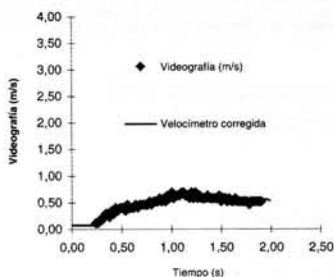
La segunda parte del estudio pretendió llevar el método a la práctica en la piscina.

La experiencia obtenida con entrenadores y, sobre todo, nadadores, parece indicar que son capaces de reconocer mejor el error técnico que realizan cuando nadan, cosa que hace más fácil su corrección.

Los valores de los datos cinemáticos calculados son comparables con los realizados en la competición. A diferencia de otros métodos de valoración, obtenemos:

- Duración de la brazada, o de las diferentes fases que la forman.
- Velocidades instantáneas (valores máximos y mínimos) de la brazada.
- Velocidades medias de uno o de diferentes ciclos.
- Frecuencias de brazada.
- Longitud para cada brazada.

Finalmente, es necesario destacar la gran predisposición e interés de los nadadores y entrenadores con los que hemos colaborado. Agradecemos también a BIOMECHANICS scp la cesión de su material.



Imágenes 7 y 8. Ejemplo de curvas de velocidad obtenidas con videografía y velocímetro.



Imagen 9. Viraje de braza.

De ahora en adelante, nuestro trabajo se centrará en:

1. La aplicación del método en la sesión de entrenamiento. El entrenamiento de la técnica ha de ser un objetivo suficientemente importante para dedicar parte del tiempo de entrenamiento a este único fin. Durante este espacio de tiempo, el nadador revisará, probará y se fijará en aspectos concretos que el técnico (entrenador, biomecánico) le haya propuesto. El soporte biomecánico-técnico permitirá al entrenador confirmar y cuantificar un error que ya conoce y ver qué efecto

produce sobre la velocidad de desplazamiento en el agua (aumentando la propulsión, disminuyendo la resistencia de desplazamiento en el agua...).

2. Descripción de las curvas obtenidas en los diferentes estilos o "CURVA TIPO".
3. Identificación de errores típicos mediante la observación del gesto técnico que realiza el nadador y las oscilaciones de la velocidad superpuestas en la imagen registrada.

Bibliografía

WINTER, D. (1979), *Biomechanics of Human Movement*. Canadá: John Wiley & Sons.

KREIGHBAUM, E. y BARTHELS, K. (1985), *Biomechanics. A qualitative approach for studying Human Movement*. USA: Burgess Publishing Company.

COSTILL, D.; RAYFIELD, F.; KIRWAN, J. y THOMAS, R. (1986), "A Computer Based System for the Measurement of Force and Power During Front Crawl Swimming", *Journal Swimming Research*, vol. 2, n.º 1, pp. 16-19.

COSTILL, D.; LEE G. y D'ACQUISTO, L. (1987), "Video-Computer assisted Analysis of Swimming Technique", *Journal Swimming Research*, vol. 3, n.º 2, pp. 5-9.

AGUADO, X.; IZQUIERDO, M. y GONZÁLEZ, J. L. (1997), *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. León: Ed. Universidad de León.