

ENTRENAMIENTO TÉCNICO Y BIOMECÁNICO EN NATACIÓN: EL MODELO DEL CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO DE SIERRA NEVADA

Blanca de la Fuente Caynzos¹ *

¹ Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada, Consejo Superior de Deportes (España).

OPEN ACCES

***Correspondencia:**
Blanca de la Fuente Caynzos
Biomecánica y Análisis del
Rendimiento, CAR de Sierra Nevada,
Consejo Superior de Deportes (CSD).
Blanca.delafuente@csd.gob.es

Funciones de los autores:
Descripción, desarrollo y explicación de los métodos biomecánicos empleados para la mejora del rendimiento en nadadores y triatletas en el CAR de Sierra Nevada.

Recibido: 12/11/2022
Aceptado: 24/02/2023
Publicado: 02/05/2023

Citación:
De la Fuente, B. (2023). Entrenamiento técnico y biomecánico en Natación: El modelo del Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada. *Revista de Investigación en Actividades Acuáticas*, 7(13), 22-27. <https://doi.org/10.21134/riaa.v7i13.2001>



Creative Commons License
Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir-Igual 4.0 Internacional

Resumen

Desde el comienzo de su actividad, La Unidad de Análisis del Rendimiento Deportivo (UARD) del C.A.R. de Sierra Nevada ha desarrollado protocolos de análisis técnico y de control del entrenamiento que han sido utilizados por nadadores y entrenadores durante sus estancias en el centro. Algunos de los trabajos realizados en este departamento, son: Test de 50 m + Viraje (Arellano, Pardillo & García, 1999), Desarrollo de bases de datos de errores técnicos para la corrección del nado, la salida o los virajes, Pruebas de análisis de la velocidad intraciclo, Análisis tridimensional de la fuerza y la trayectoria de la brazada, etc. La elección de uno u otro test se consensua con los entrenadores en función de la prontitud con la que requieran los resultados, eligiendo métodos que requieren procesamiento de los datos tras la realización de los test o bien sesiones de entrenamiento específico en las que existe aportación de feedback inmediato tras cada ensayo. En cualquier caso, se gestionan y entregan los resultados a través de bases de datos que permiten comparar la evolución de los nadadores a lo largo de sus estancias en el centro o bien comparar la ejecución con otros nadadores de la misma especialidad.

Palabras clave: Evaluación, Rendimiento, Natación, Feedback Inmediato, Corrección, Fuerzas, Coordinación, Propulsión.

Technical and biomechanical training in swimming: The Sierra Nevada High Performance Centre Model Abstract

Since the beginning of its activity, the Sports Performance Analysis Unit (UARD) of the Sierra Nevada High Performance Training Centre has developed protocols for technical analysis and training control that have been used by swimmers and coaches during their stays at the centre. Some of the work carried out in this department include: 50 m + Turn test (Arellano, Pardillo & García, 1999), Development of databases of technical items for correcting the swimming technique as well as the starts or the turns one, test for analysing the intracycle speed, Three-dimensional analysis of the strength and trajectory of the stroke, among others. The choice of one test or another is agreed with the coaches depending on how quickly they require the results, choosing methods that require data processing after the tests have been carried out or specific training sessions in which there is immediate feedback after each test. In either case, the results are managed and delivered through databases that allow the evolution of the swimmers to be compared throughout their stay at the centre or to compare their performance with other swimmers in the same speciality.

Keywords: Assessment, Performance, Swimming, Immediate Feedback, Correction, Forces, Coordination, Propulsion.

Treinamento técnico e biomecânico em Natação: O modelo Sierra Nevada High Performance Center Resumo

Desde o início da sua actividade, a Unidade de Análise do Desempenho Desportivo (UARD) do C.A.R. da Serra Nevada desenvolveu protocolos de análise técnica e controlo de treino que têm sido utilizados por nadadores e treinadores durante as suas estadias no centro. Alguns dos trabalhos realizados neste departamento incluem: 50 m + Teste de viragem (Arellano, Pardillo & García, 1999), Desenvolvimento de bases de dados de erros técnicos para a correção da natação, do início ou das viragens, testes de análise da velocidade Intracycle, análise tridimensional da força e trajetória do curso, etc. A escolha de um ou outro teste é acordada com os treinadores, dependendo da rapidez com que requerem os resultados, escolhendo métodos que requerem processamento de dados após a realização dos testes ou sessões de treino específicas nas quais há feedback imediato após cada teste. Em qualquer dos casos, os resultados são geridos e entregues através de bases de dados que permitem comparar a evolução dos nadadores durante a sua estadia no centro ou comparar o seu desempenho com outros nadadores da mesma especialidade.

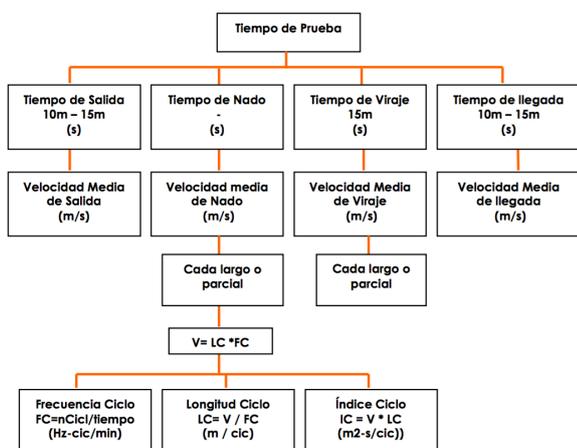
Palavras chaves: Avaliação, Desempenho, Natação, Feedback Imediato, Correção, Forças, Coordenação, Propulsão.

Introducción

El rendimiento de un nadador en competición se determina en función del tiempo total transcurrido desde la señal de salida hasta finalizar la distancia de la prueba, definida en cada caso por el reglamento (Absaliyev & Timakovoy, 1990; Arellano, 1991; Mason, 1999a). En la actualidad, la concepción de las pruebas de natación difiere bastante de las primeras competiciones regulares que datan de mediados del siglo XIX en Inglaterra (Pease, 1999), donde el único criterio para determinar el rendimiento era el tiempo total invertido en la prueba. Sin duda es cierto que el nadador que obtenga menor tiempo en su prueba, será el que obtenga la victoria en competición. Sin embargo, se pueden seguir distintos planteamientos con vistas a afrontar dicha competición.

Hay, Guimaraes & Grimston, (1983), abandonaron esta perspectiva global de las pruebas de natación al concebirlas no como un todo, sino como la sucesión de varias fases intermedias. Así el nivel de un nadador, determinado hasta entonces por el tiempo de prueba, se entendió a partir de entonces como la suma del rendimiento alcanzado en cada una de las fases que la componen: Tiempo de salida, Tiempo de Nado y Tiempo de Virajes. En su día éstos autores no consideraron la llegada como una fase específica, sin embargo en la actualidad esta fase se define como el tiempo que invierte el nadador en recorrer los últimos 5 metros de la prueba (Absaliyev, & Timakovoy, 1990). Las variaciones en la frecuencia de ciclo y el contacto de las manos con la pared justifican la definición de esta fase, a pesar de que la técnica empleada en esta fase es la misma que la empleada durante el tiempo de nado. La figura 1 muestra de forma esquemática las fases consideradas en la actualidad en el análisis de la competición.

Figura 1. Variables cuantitativas utilizadas en el análisis de la competición adaptado de (Hay, et al., 1983).



El nivel de maestría adquirido en una determinada fase, no implica necesariamente un nivel semejante en el resto de las fases que componen una prueba, ya que el tipo de habilidad que se lleva a cabo en cada una de ellas es totalmente distinto. Aunque la habilidad de natación se considera una modalidad deportiva cíclica (Ruiz, 1994), solamente entre el 75% - 80% de la distancia total recorrida por el nadador, responde fielmente a movimientos de carácter cíclico, mientras que el resto de la distancia recorrida, entre un 20% y un 25%, (Sanchez & Arellano, 2001), se cubre mediante movimientos acíclicos, como son la salida, la ejecución de los virajes junto con su preparación previa y posterior deslizamiento y por último, la llegada, que pretende en los últimos metros de la prueba, la adecuación del nado al contacto con la pared.

La estructuración de las pruebas de natación como la sucesión de diversas fases facilita el análisis cuantitativo de las mismas. El estudio y la interpretación de las relaciones que se establecen entre las fases de la prueba, así como entre ellas y el tiempo total permite extraer

conclusiones relevantes que resultan de gran utilidad a entrenadores y nadadores. Así, se puede planificar la mejora global de una prueba basándonos únicamente en los resultados globales, tratando de mejorar ligeramente cada una de las fases que componen la prueba o bien mejorando específicamente la fase más deficiente (Absaliyev, 1984). Sin embargo, resulta más eficiente mejorar el rendimiento de un nadador trabajando sobre sus puntos débiles más que entrenando todas sus cualidades (Mason, 1999a, 1999b); (Mason & Cossor, 2000). Así, dependiendo de la especialidad del nadador en lo que respecta a la distancia de prueba, será más importante consolidar o mejorar específicamente determinadas fases. Esto es debido a que el porcentaje de tiempo empleado en cada fase y por lo tanto su importancia relativa, varía en función de la distancia de la prueba (Thayer & Hay, 1984). Igualmente, dependiendo del tipo de piscina en que se lleve a cabo la competición (50 m o 25 m), la importancia de cada fase será diferente. Así, en piscina larga, la importancia de los virajes disminuye, llegando incluso a desaparecer como sucede en las pruebas de 50 m. En las pruebas del hectómetro, tan sólo se efectúa un viraje a lo largo de toda la prueba, por lo que su contribución al tiempo total, también tendrá menos relevancia.

Importancia del control del entrenamiento

Tras la adecuada planificación del entrenamiento, una forma de comprobar la progresión y eficacia del mismo es evaluando al nadador a lo largo de la temporada. La finalidad de la evaluación es por tanto, facilitar y mejorar el proceso de aprendizaje o entrenamiento, planteando de forma estratégica actuaciones futuras con el objetivo de elevar el nivel inicial de rendimiento, considerando las posibilidades reales para perfeccionar la habilidad relativa a cada tramo específico de la prueba. Dependiendo del momento en que se lleve a cabo la evaluación podemos hablar de "Evaluación Inicial", que pretende emitir un diagnóstico previo que permita establecer los objetivos y pautas de actuación o bien de "Evaluación Global", que lo que pretende es valorar una progresión comparando la actuación del nadador respecto a un referente externo (otros competidores) o bien comparándola con ejecuciones anteriores.

Independientemente del tipo de evaluación que se lleve a cabo debemos cerciorarnos de ser rigurosos y objetivos en el proceso para que los datos que se extraigan nos permitan establecer pautas de actuación concisas a la hora de planificar futuros entrenamientos. La evaluación tradicionalmente empleada por los entrenadores, puede enmascarar la evolución de los resultados por los errores cometidos en el proceso de evaluación. Así en lo que se refiere a la evaluación de la ejecución técnica nos encontramos ante un escaso tiempo de observación en gestos como las salidas y los virajes; cierta subjetividad en la observación en función de los conocimientos del entrenador y también los condicionantes espaciales debido a que los gestos se realizan entre un medio aéreo y acuático con la distorsión visual que esto puede provocar.

Tabla 1. Diferencias entre tiempo manual y tiempo obtenido a través de fotogrametría. (De la Fuente, B. 2003).

Tiempos de salida en 15 m obtenidos mediante cronometraje manual y a través de fotogrametría.					
N= 43	T. MANUAL		T. FOTOGRAMETRÍA		
VARIABLE	Media	D.T.	Media	D.T.	Dif.
T15 m	8.76	1.42	9.20	1.45	***
*** p<.001					

Por otro lado, en lo que se refiere a la evaluación del resultado, es decir la cuantificación de determinadas fases, encontramos también cierta subjetividad a la hora de determinar la distancia sometida a estudio y también un error generado por las diferencias entre cronometraje manual, comúnmente empleado por los entrenadores y cronometraje

electrónico. La tabla 1 muestra las diferencias obtenidas entre tiempos obtenidos con cronometraje manual y a través de fotogrametría.

Para asegurar esta objetividad en la evaluación de nuestros nadadores podemos recurrir a los análisis de la competición que se llevan a cabo en los eventos de carácter nacional y/o internacional por equipos experimentados y la tecnología apropiada o bien recurrir al registro en vídeo durante los entrenamientos o sesiones específicas de evaluación y realizar el posterior análisis para obtener las variables que deseamos someter a estudio. En cualquier caso, ambas alternativas ofrecen una serie de ventajas e inconvenientes. Así, los Análisis de la Competición ofrecen: Objetividad en los resultados obtenidos, la posibilidad de comparación con futuros rivales en cada prueba lo que implica la facilidad de planificar futuras actuaciones, y también la comparación a largo plazo en los eventos de más relevancia. Sin embargo, este tipo de análisis tan puntuales, se tornan insuficientes para determinar la progresión a lo largo de una temporada, ya que no permiten evaluaciones intermedias para ajustar las pautas de actuación. Por otro lado hay que decir que requieren, además, un cierto nivel del nadador siendo necesario que el nadador acceda a las finales para que éste pueda ser evaluado.

Por otro lado, el registro en vídeo y posterior análisis de variables tiene también sus ventajas e inconvenientes, que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de llevar a cabo una evaluación. El registro en vídeo de los entrenamientos permite el aprendizaje y/o entrenamiento del modelo técnico, cosa que no puede llevarse a cabo en el análisis de la competición. Por otra parte, permite el análisis cuantitativo del rendimiento así como la posibilidad de obtener mayor número de parámetros. Además una ventaja añadida es que posibilita la evaluación a corto, medio y largo plazo pudiendo realizar ajustes a lo largo de la planificación de una o varias temporadas. Sin embargo, uno de los inconvenientes que plantea es la disponibilidad del material necesario para llevarlo a cabo. Sin embargo los costes de este tipo de tecnología se abaratan cada vez más haciéndolas más accesibles a todo el mundo. Del mismo modo, dependiendo del número de variables que queramos someter a estudio podemos entender como un cierto handicap la demora en la obtención de los resultados. En cambio, simplificando los sistemas de medida así como las evaluaciones se pueden conseguir resultados rápidamente o incluso ofrecer feedback inmediato durante las sesiones de entrenamiento.

Parece oportuno por tanto establecer un plan periódico de evaluación de los componentes de la prueba para determinar las mejoras en la técnica y el rendimiento en natación. La posibilidad de comparar los datos permite orientar con más precisión los objetivos en posteriores ciclos de entrenamiento. El momento más efectivo para valorar el rendimiento de nuestro nadador será sin duda durante las competiciones principales pues es ahí donde el nadador compite al límite de sus posibilidades (Mason, 1999a). Sin embargo, los sistemas de evaluación explicados con anterioridad deben complementarse en la medida de lo posible para asegurar una correcta planificación a corto, medio y largo plazo.

Metodología empleada en el CAR de sierra nevada

En la Unidad de Análisis del Rendimiento del C.A.R. de Sierra Nevada, se tienen en cuenta las consideraciones citadas anteriormente sobre la correcta forma de evaluación del rendimiento de los nadadores. En base a ello y a las posibilidades existentes en la actualidad, podemos analizar la progresión en el rendimiento a lo largo de las distintas estancias en el centro. A continuación detallamos la forma de actuación:

1. Recopilación de información actualizada de los modelos técnicos y su fundamentación biomecánica.

2. Búsqueda de resultados cuantitativos de deportistas de nivel o edad similar (Mejores deportistas Europeos / Mundiales).
3. Recopilación de información cuantitativa y/o cualitativa de los deportistas a evaluar (Competiciones recientes / Protocolos previos realizados en el CAR).
4. Selección de los protocolos a realizar durante la concentración (Coordinación con el programa de trabajo / Disponibilidad de la instalación).
5. Su aplicación como elemento de evaluación o como elemento integrado en el entrenamiento.
6. Propuesta de un programa de trabajo a medio plazo con los entrenadores y deportistas, y su futura evaluación.
7. Comunicación con el entrenador y deportista vía Internet, distribuyendo información adicional o recomendaciones

Protocolos desarrollados en el CAR de sierra nevada

La altitud a la que se encuentra el CAR de Sierra Nevada (2.320 m) condiciona la duración y las características de las estancias de los equipos que nos visitan. El hecho de ser un centro de entrenamiento en altura hace que la duración de las concentraciones oscile en la mayoría de los casos entre 3 y 5 semanas. Esto condiciona el planteamiento que se propone para evaluar a los nadadores, ya que se deben tener en cuenta muchos factores a la hora de establecer un plan de actuación.

En primer lugar debemos tener en cuenta que las sesiones de evaluación no deben distorsionar ni modificar la planificación prevista para esas semanas ya que los entrenadores no quieren "sacrificar una sesión de volumen" por una sesión de evaluación. Por este motivo tratamos de reducir al máximo la duración de las sesiones de evaluación para que el entrenador pueda contabilizar esa sesión como un esfuerzo máximo e incluirlo como una carga más de entrenamiento en la sesión que más le convenga. Además de ello, también tenemos en cuenta la demora que necesitamos para entregar los resultados. En un centro de entrenamiento permanente se puede recurrir a la evaluación siempre que el entrenador lo requiera. Sin embargo, en nuestro Centro, debemos ofrecer los resultados de las evaluaciones rápidamente si pretendemos que el entrenador pueda hacer uso de ellos para modificar o adaptar su planificación prevista. En muchas ocasiones se plantea una sesión de evaluación a principio de la estancia. Al día siguiente o a los dos días los entrenadores y nadadores reciben los resultados y tras trabajar sobre ellos, se plantea otra sesión de evaluación al final de la concentración que permite comprobar la progresión de los nadadores en lo referente a determinadas variables.

En otras ocasiones, cuando los entrenadores conocen los sistemas que ofertamos y organizan las sesiones de evaluación sin temor a perder volumen dentro de la planificación, podemos orientar las sesiones de evaluación de otro modo, ofreciendo en cada sesión de entrenamiento información visual y objetiva a través de fotogrametría, y aportando feedback inmediato tras cada ensayo. En estos casos se trabaja directamente con el nadador tratando de modificar su patrón técnico erróneo y empleando por tanto el número de ensayos necesarios hasta que se vislumbra el nuevo patrón motor que el nadador debe asimilar.

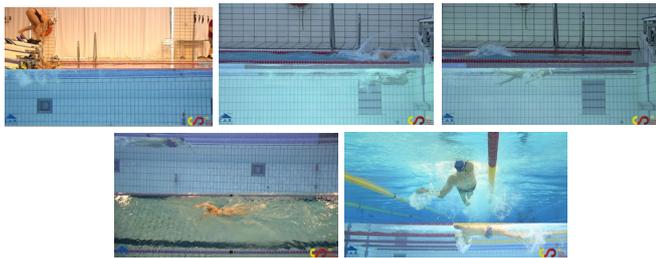
Del mismo modo se aporta tras cada ensayo el tiempo empleado en cada fase. El hecho de conocer el tiempo invertido en la ejecución y la visualización de su propia ejecución permiten al nadador modificar el patrón motor de su ejecución gracias al feedback intrínseco generado tras cada ensayo (De la Fuente, 2003). Por otro lado debemos enfatizar que el feedback intrínseco del nadador contrastado objetivamente con el feedback informativo visual mejora no sólo el proceso de corrección técnica sino también la uniformidad de la ejecución tendiendo a unificar los tiempos de ejecución.

Teniendo en cuenta estas peculiaridades a la hora de planificar un tipo u otro de evaluación durante las estancias en el CAR de Sierra Nevada, pasamos a explicar cada uno de los protocolos ofertados.

Entrega de resultados tras el procesamiento de datos.

Cuando la evaluación de los nadadores se realiza dentro de una sesión de entrenamiento, lo primordial es interferir lo menos posible en el planning y la carga de trabajo prevista para esa sesión. Por ese motivo registramos uno o dos ensayos máximos del gesto a analizar para, a continuación, proceder al análisis de las imágenes y entregar los informes y resultados en el menor tiempo posible. En este tipo de protocolos podemos analizar la calidad de la ejecución técnica, desde un punto de vista cualitativo o bien centrarnos en el análisis cuantitativo de determinadas variables como indicadores de rendimiento.

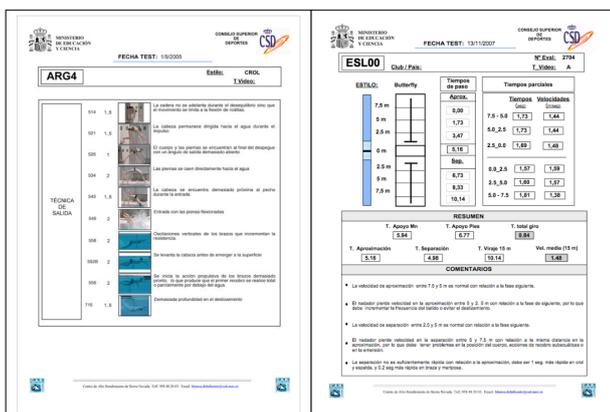
Figura 2. Fotogramas tipo de distintos protocolos ofertados: Salida, Viraje, Llegada, Técnica Nado (vista sagital y frontal).



Para el *análisis cualitativo* de la ejecución técnica procedemos al registro en vídeo en el plano lateral y/o frontal a través de una o más cámaras dependiendo del gesto que queramos analizar. En el caso de la salida, el viraje o la llegada se colocan dos cámaras sagitalmente al desplazamiento del nadador (una aérea y otra subacuática). En el caso de estudio de la técnica de nado, las cámaras se colocan bien lateralmente o frontalmente tal y como se muestra en la figura 2.

Una vez obtenidas las imágenes se procede al análisis de las mismas. Cuando lo que se pretende es llevar a cabo un análisis cualitativo se determinan los errores técnicos tipificándolos a través de una base de datos que nos permita comparar la progresión de los nadadores a lo largo de las sesiones de evaluación llevadas a cabo en el centro. Esta base de datos codifica los errores en función de su importancia y genera de forma inmediata los informes para entregarlos al entrenador junto con la grabación completa de la sesión de evaluación. Esto permite al entrenador priorizar los ejercicios de corrección técnica basándose en la posibilidad de mejora del rendimiento. En ocasiones el tipo de informe que se entrega es el propio video de la ejecución técnica comentada mediante un audio explicativo remarcando los detalles a corregir y la ejecución esperada.

Figura 3. Informes tipo de los protocolos con procesamiento de datos: Informe cualitativo y cinemático de virajes.



Además del análisis cualitativo en este tipo de protocolos (con procesamiento de datos), también se llevan a cabo *análisis cinemáticos* y *cinéticos* de determinadas variables susceptibles de influir en el rendimiento específico de cada fase. Así, de forma independiente analizamos *la fase de salida, la fase de viraje o la llegada*. También se puede realizar un *test completo de 50 m + Viraje* que incluye el análisis de cada una de éstas fases, además de la fase de nado con su correspondiente análisis de frecuencia, longitud e índice de ciclo. Así en función de las necesidades del entrenador ofrecemos 4 niveles de análisis cuantitativo: Tiempos y Velocidades, Posiciones y Desplazamientos, Ángulos y Fuerzas.

Para la realización del análisis disponemos de programas específicos de gestión. Así desentrelazamos el vídeo a 50 Hzs, superponemos las referencias visuales de las distancias sometidas a estudio sobre la imagen de vídeo y mediante bases de datos automatizadas que obtienen el código de tiempo interno del vídeo, obtenemos todos los tiempos y velocidades parciales así como la comparación entre ellas, de forma que se puedan sacar conclusiones con vistas a mejorar las fases más deficientes.

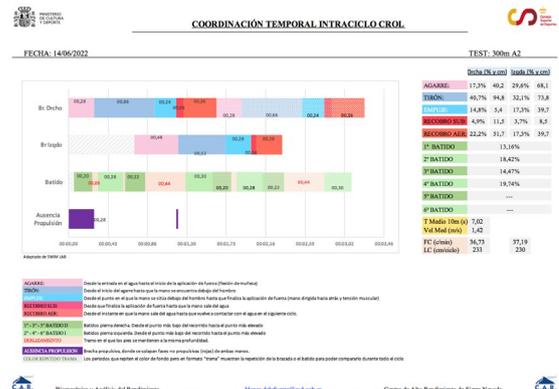
En el caso del segundo nivel de análisis en el que se obtienen distancias y desplazamientos, se procede a la digitalización de cada uno de los fotogramas mediante software específico y se obtienen variables como distancia de vuelo o velocidades parabólicas del centro de gravedad. Finalmente en lo que se refiere al análisis cinético de las fuerzas que intervienen en la salida y/o el viraje se coloca una plataforma de fuerza subacuática Kistler, bien sobre el poyete de salida o bien anclada a la pared de virajes, de modo que se registran las fuerzas (en los 3 ejes) que aplica el nadador para realizar cada una de éstas fases.

El estudio de las fuerzas tanto de sus valores como de la distribución gráfica, nos ayuda a detectar errores técnicos así como a asesorar sobre la forma de aplicación de la fuerza para que ésta sea más efectiva.

En cada caso se entrega con la menor demora posible la correspondiente secuencia de vídeo junto con el informe específico en el nivel de análisis anteriormente consensuado (Figura 3).

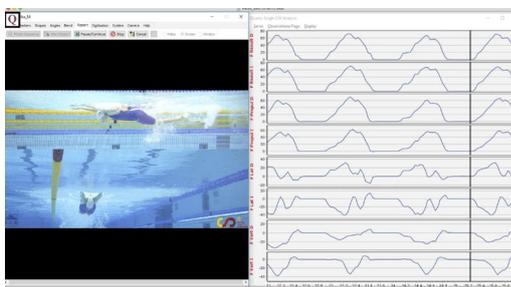
Otro tipo de análisis donde se requiere un procesamiento de datos tras las grabaciones es el *Análisis de la coordinación intraciclo* en los distintos estilos (Figura 4). En este caso se lleva a cabo un análisis temporal pormenorizado de la duración de cada fase de la brazada, así como de las fases del batido o la patada. A partir de ahí se muestra visualmente la secuencia temporal sincronizada de todo el ciclo (tren superior e inferior) de manera que se puedan identificar fases de propulsión solapada entre ambos miembros (tren superior) o entre el tren superior y el inferior o por el contrario detectar si se existen instantes de ausencia completa de propulsión.

Figura 4. Informe tipo del análisis de la coordinación intraciclo en estilo crol.



Finalmente destacamos un protocolo de más reciente creación donde se analizan tanto las fuerzas aplicadas en la brazada como la trayectoria que siguen ambas manos durante la misma: *Análisis tridimensional de la fuerza y la trayectoria de la brazada*. En este caso, mediante dispositivos de medición específicos conectados mediante bluetooth con su propia App de gestión de datos, es posible visualizar y analizar las fuerzas que aplica el nadador con cada una de las manos en tres dimensiones: Fuerzas longitudinales (en el sentido del nado), fuerzas laterales y fuerzas verticales así como la resultante de todas ellas como Fuerza propulsiva. Partiendo de los datos exportados en formato Raw y mediante un software específico de gestión de vídeo se integra la grabación en vídeo, con los datos de fuerza. Así, se entrega un informe audiovisual (Figura 5) con la secuencia completa de vídeo sincronizada con las fuerzas en los 3 ejes, de manera que al detener el vídeo se pueden observar los valores de fuerza aplicada lo que ayuda al nadador y al entrenador a interpretar las oscilaciones de fuerza en los 3 ejes.

Figura 5. Fotograma del informe audiovisual de las fuerzas tridimensionales de la brazada.



Feedback inmediato durante los entrenamientos.

Cuando el entrenador busca otro tipo de intervención más directa y continuada durante las sesiones de entrenamiento, se plantean otro tipo de protocolos en los que se ofrece al nadador feedback inmediato informativo con vídeo (FIV) tras cada uno de los ensayos. De ésta forma el nadador puede observar la ejecución técnica y tratar de modificar o corregir los elementos susceptibles de mejorar el rendimiento.

Así en el proceso de corrección de las fases acíclicas (salidas y virajes) la metodología de registro de imágenes es idéntica a la empleada en el análisis cuantitativo (Figura 2). Se colocan cámaras sagitales (aéreas y subacuáticas) de forma que se registre toda la secuencia del gesto. Dichas imágenes se gestionan a través de un servidor de vídeo y se muestran al nadador sobre una pantalla a pie de piscina, de forma que el nadador al finalizar su ejecución pueda visualizar el gesto técnico así como conocer el tiempo empleado en cada ensayo.

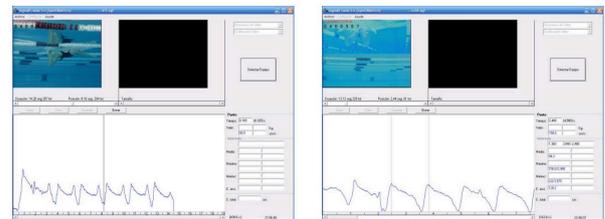
Observando y comparando los distintos ensayos el nadador puede relacionar por un lado el rendimiento técnico junto con el rendimiento temporal de la ejecución así como sus sensaciones intrínsecas al llevar a cabo la ejecución, lo que le permita no sólo mejorar sino también consolidar su rendimiento.

Figura 6. Visualización de la ejecución técnica a pie de piscina. Corrección inmediata y comparación entre ensayos.



En cuanto el análisis inmediato de la técnica de nado, se opta en algunas ocasiones por la mera visualización cualitativa de la ejecución (Figura 6) y en otras ocasiones se emplea un encoder lineal o velocímetro para incrementar la objetividad de la valoración. Se trata de un sensor que registra la velocidad horizontal de la cadera del nadador cuyo software muestra la gráfica de la velocidad sincronizada con las imágenes de vídeo (Figura 7). Esto permite observar de forma detallada qué sucede en la ejecución técnica cuando la velocidad del nadador sufre variaciones o desciende hasta determinados valores. Para ello, se realiza un ensayo a velocidad máxima que permite observar los errores técnicos que el nadador tiene automatizados. A continuación, se observa el registro de velocidad y lo que sucede en la técnica y en función de lo observado se plantean ejercicios de corrección. El nadador repite el ejercicio, ésta vez a menor velocidad tratando de incidir en los puntos clave. Tras registrar el siguiente ensayo se superponen ambas ejecuciones para poder comprobar si ha existido una mejora en las variaciones de velocidad o en la forma de la gráfica que indique ciertas tendencias.

Figura 7. Software que gestiona el Velocímetro: Gráfica general sincronizada con vídeo (izqda) y gráfica ampliada con valores máximo, mínimo y medio en el ciclo seleccionado (Drcha).



Finalmente, enmarcado dentro de los protocolos con aportación de feedback inmediato podemos citar de nuevo el *análisis tridimensional de las fuerzas y la trayectoria de la brazada*. En este caso, en lugar de procesar el vídeo junto con las gráficas y entregar el informe a posteriori lo que se plantea es la visualización de las fuerzas y las trayectorias tras finalizar cada ejecución a través de la propia aplicación de los dispositivos (Figura 8). Esta permite comparar las fuerzas en las 3 direcciones entre ambas manos, o bien comparar ejecución actual con ejecuciones pasadas o con un valor de referencia que se pretenda alcanzar. Del mismo modo además de las fuerzas en las 3 direcciones también se pueden observar las trayectorias de la mano vistas lateralmente, frontalmente y cenitalmente con lo que se pueden extraer conclusiones relacionando las fuerzas con las trayectorias así como con otras variables como la velocidad de la mano o el índice de eficiencia.

Figura 8. Comparación de las fuerzas aplicadas (3D) con ambas manos. Permite detectar falta de propulsión en algunos casos.



En todos los protocolos donde se ofrece información inmediata tras la ejecución se busca como objetivo el cambiar el patrón técnico del deportista. En estos casos, la asociación de percepciones, imágenes y gráficas objetivas muestran al nadador la forma de orientar y enfocar

sus futuras sesiones de entrenamiento técnico para tratar de consolidar esas correcciones y automatizar una “nueva” técnica de nado, con un futuro incremento de la velocidad.

Conclusiones

La evaluación de la técnica en deportistas de alto rendimiento conlleva una colaboración estrecha con el cuerpo técnico que programa el entrenamiento del nadador. Los diferentes protocolos a utilizar deben seleccionarse en función de las necesidades del deportista, el momento concreto de la temporada, junto con la posible aportación en la mejora del rendimiento del nadador. Dicha selección y correcto uso, probablemente sea lo más complicado en el proceso de apoyo biomecánico del deportista.

En el presente trabajo se ha mostrado el origen, la filosofía y algunos ejemplos del tipo de trabajo que se lleva a cabo en el Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada.

Unas instalaciones extraordinarias junto con la posibilidad de evaluar a deportistas de todos los niveles, nos ha llevado a desarrollar multitud de procedimientos para evaluar todos los aspectos técnicos que requiere un nadador. La limitación de trabajar durante las concentraciones en altura, impide las posibilidades de realizar un seguimiento más continuado de los deportistas, pero esto se compensa con procedimientos rápidos y precisos de evaluación.

Contribución e implicaciones prácticas

En este trabajo se muestra una forma objetiva y válida de contribuir a la mejora del rendimiento en nadadores. En casos concretos se podrán llevar a cabo protocolos con aplicación más inmediata mientras en otros se llevará a cabo un estudio y posterior entrega de informes. En cualquier caso el foco de atención debe estar en el trabajo diario para tratar de modificar los patrones técnicos primer a velocidades bajas para poco a poco ir automatizando esos patrones técnicos y conseguir aplicar las modificaciones técnicas a velocidades de competición.

Referencias

Absaliamov, T. (Ed.). (1984). *Controlling the Training of Top-Level Swimmers* (1 ed. Vol. 1). Helsinki, Finland: John L. Cramer.
 Absaliamov, T., & Timakovoy. (1990). Análisis de la actividad competitiva del nadador. (A. I. Zvonarev, Trans.). In *Aseguramiento Científico de la Competición* (1 ed., Vol. 1, pp. 58-81). Moscú: Vneshtorgizdat.

Arellano, R. (1991). Análisis Estadístico Básico de los Resultados Obtenidos en los Campus de Promesas Realizados en Cartagena (Informe): Consejo Superior de Deportes - Federación Española de Natación.
 Arellano, R., Pardillo, S., & García, F. (1999). A system for quantitative measurement of swimming technique. In K. L. Keskinen, P. V. Komi & A. P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (1 ed., pp. 269-275). Jyväskylä (Finland): Department of Biology of Physical Activity of the University of Jyväskylä.
 De la Fuente, B. (2003). Desarrollo de un sistema automatizado para la evaluación y el entrenamiento de las salidas en natación: aplicación en deportistas de diferente nivel., Universidad de Granada, Granada.
 Hay, J. G., Guimaraes, A. C. S., & Grimston, S. K. (1983). A Quantitive Look at Swimming Biomechanics. In J. G. Hay (Ed.), *Starting, Stroking & Turning (A Compilation of Research on the Biomechanics of Swimming, The University of Iowa, 1983-86)* (pp. 76-82). Iowa: Biomechanics Laboratory, Department of Exercise Science.
 Mason, B. (1999a). Biomechanical Race Analysis. ASCA Worl Clinic, 99-114.
 Mason, B. (1999b). Where are races won (and lost)? Paper presented at the SWIMMING: Applied Proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports., Perth: Western Australia.
 Mason, B. R., & Cossor, J. M. (Eds.). (2000). What can we learn from competition analysis at the 1999 Pan Pacific Swimming Championships? (Vol. 1). Hong - Kong:
 The Chinese University of Hong Kong.
 Ruiz, L. M. (1994). Deporte y Aprendizaje. Procesos de Adquisición y Desarrollo de Habilidades. Madrid: Visor.
 Sanchez, J. A., & Arellano, R. (2001). El análisis de la competición en natación: estudio de la situación actual, variables y metodología. In R. Arellano & A. Ferro. (Eds.),
 Análisis Biomecánico de la Técnica en Natación: Programa de Control del deportista de Alto Nivel (Vol. 32). Madrid: Ministerio de Educación, cultura y deporte. CSD.
 Thayer, A., & Hay, J. (1984). Motivating Start and Turn Improvement. *Swimming Technique*, 11 (Feb - Apr), 17-20.