



**U.C.C.F.D.
"MANUEL FAJARDO"
VILLA CLARA**

TRABAJO DE DIPLOMA

“Correcciones biocinemáticas para mejorar el coeficiente de reactividad, en la ejecución de la salida por un nadador juvenil villaclareño”.

AUTOR: Sandor Santos Mederos.

TUTOR: Lic. Alexander de la Celda Brovkina.

2010-2011

Resumen:

La siguiente investigación se titula “Correcciones biomecánicas cinemáticas para mejorar el coeficiente de reactividad, en la ejecución de la salida por un nadador juvenil villaclareño” y tiene como diseño un pre-experimento que constó de cuatro etapas, en la primera etapa se realizó la determinación de deficiencias técnicas que limitaban el coeficiente de reactividad, se llevó a cabo durante la tercera semana del mes de marzo del 2011 al inicio del periodo competitivo de la atleta estudiada. En una segunda etapa se definieron las correcciones biocinemáticas para mejorar las posibilidades de aplicar fuerza durante la salida. Se aplicaron las correcciones durante la tercera etapa, la cual se desarrolló del 21 de marzo al 4 de abril del 2011, ya en la cuarta etapa se valoró la viabilidad de las correcciones biocinemáticas propuestas para mejorar el coeficiente de reactividad en la salida del atleta estudiado. Los métodos fundamentales de la investigación los constituyeron la observación, la medición y la modelación. Como técnicas para apoyar dichos métodos se utilizaron la filmación, videografía y el software hu-ma-an. Se obtuvo como resultado de la investigación que las correcciones definidas propiciaron que se redujera en 0,53s la fase de empuje, aumentara la velocidad de salida en 1,1m/s, la aceleración a 9m/s², lo cual permitió que el coeficiente de reactividad mejorara 12 m/s³ después de aplicadas las correcciones biocinemáticas.

Índice:

Introducción.....página 1

Desarrollo

Fundamentos teóricos.....página 8

Fundamentos metodológicos.....página 31

Análisis de los resultados.....página 45

Conclusiones.....página 56

Recomendaciones.....página 57

Introducción:

De manera elemental se reconoce la natación como el “arte” de sostenerse en el agua y avanzar usando brazos y piernas sobre o bajo el agua. (Encarta, 2006) Es un ejercicio físico valioso y se practica como deporte.

Constituye a su vez, una serie de destrezas motrices más complejas que las presentes en otros deportes, pues está basado en la interacción del nadador con el agua (apoyo variable) durante la cual se originan fuerzas que también son variables y actúan constantemente.

La natación de competición se instituyó en la era moderna, desde finales del siglo XVIII, en Gran Bretaña. La primera organización de este tipo fue la National Swimming Society, fundada en Londres en 1837. Más tarde fue introducida en Australia, Nueva Zelandia y USA. Se introdujo como deporte olímpico en Atenas en 1896.

La Federación Internacional de Natación Amateur (FINA), se crea en 1908. La competición femenina se incluyó por primera vez en los Juegos Olímpicos de 1912.

Los primeros campeonatos mundiales comienzan en 1973. De manera competitiva en Europa comenzó alrededor del año 1938, usando principalmente el estilo crol. “El estilo crol proviene del inglés crawl, entonces llamado "trudgen", ya que fue introducido en 1873 por el inglés John Arthur Trudgen, que lo copió de los indios nativos de América”.

En Cuba, como deporte de competición su desarrollo no ha sido sostenido. La natación cubana está presente desde los más antiguos juegos regionales del mundo, los Centroamericanos, luego Centroamericanos y del Caribe (iniciados en México 1926), juegos panamericanos y lides mundiales, pero pasó desde 1954 hasta 1982 (28 años) sin ganar un título, cosa que no ha ocurrido en otro deporte.

Actualmente, la natación está reconocida como el segundo deporte olímpico después del atletismo. Es un deporte cuya competencia se centra en el tiempo y batir records y distancias. Tiene 4 estilos de competición y algunas combinaciones:

Mariposa (butterfly). Este estilo es el que exige más fuerza y el que consume más energía de todos. Los eventos se hacen en distancias de 50 m, 100 m, y 200m. Espalda (backstart). Los eventos se realizan a distancias de 50 m, 100 m, y 200m.

Pecho (gran tracción, breaststroke, braza). Los eventos se realizan a distancias de 50 m, 100 m, y 200 m. En este estilo es el que las piernas proporcionan la mayor fuerza para el avance.

Libre (crawl). Por tradición y velocidad, se utiliza el crawl para nadar las pruebas de estilo libre. Se caracteriza por ser el más rápido de todos los estilos que se utilizan en la natación competitiva.

Este estilo es de carácter asimétrico, ya que la parte derecha del cuerpo efectúa los movimientos inversos a los que realiza la parte izquierda, y el eje vertical del cuerpo constituye la separación. Esto es válido tanto para los brazos como para las piernas.

La salida se realiza desde una plataforma. Durante el vuelo, la cabeza se coloca entre los brazos estirados, intentando realizar una entrada en el agua lo mas hidrodinámica posible. Los eventos se hacen en distancias de 50 m, 100 m, 200 m, 400 m, 800 m y 1500 m.

Pocos trabajos se han desarrollado utilizando la Biomecánica de la natación. Actualmente se reconocen, además de los textos especializados que abordan esta temática (Hay, James G.; Zatsiorski, V.; Klaus Reischle; D.L. Costill, E.W. Maglischo y A. B. Richardson) los trabajos de C. Silva y Mihai Zissu (2006) y Molina B. (2003) en Venezuela; de J. A. Duque Muñoz y N. D. Sequeda Gamboa de la Universidad de Antioquia; de A. Ferrer (2008) y L. Leyva (2008) en Cuba; González Romo, M. E. (2010)

en España y la conferencia ofrecida por el Dr C. Eugenio Doria en el marco de las actividades del Primer Congreso Internacional de Biomecánica en Venezuela (2006), pero en Cuba, dedicados al análisis de sus movimientos desde el punto de vista biomecánico, y específicamente de la salida –su primera acción motriz– son aun insuficientes.

Al mismo tiempo, los resultados deportivos de Cuba, en esta disciplina tampoco son relevantes.

Esto impone la necesidad de acometer con urgencia trabajos encaminados a desarrollar investigaciones, utilizando la Biomecánica aplicada, en aras de contribuir a mejorar la preparación física de los atletas y consecuentemente incrementar los resultados deportivos.

Cualquiera sea el estilo que utilice el nadador, el objetivo de la tarea es “nadar una distancia determinada en el menor tiempo posible, esto es, alcanzar la mayor velocidad promedio que él sea capaz (de acuerdo con las reglas que rigen la salida, los giros, el final y la ejecución de la brazada”.

Para el logro de este objetivo resulta determinante la ejecución de la salida (comienzo de la tarea) del nadador.

La relevante contribución de la salida en natación, al rendimiento total de la prueba –especialmente en las de velocidad– y a su éxito en el logro del objetivo, es fundamental en este deporte, ya que de su ejecución depende parte del tiempo empleado en una competencia.

La salida es una fase que se realiza en un corto espacio de tiempo, sin embargo. Según Maglischo (1998), con la salida, el nadador debe lograr una rápida reacción en el taco, alta fuerza impulsora para obtener velocidad y distancia, entrar al agua con una mínima resistencia y una vez en el agua, mantener una posición alineada del cuerpo para preservar la velocidad generada en el taco de salida.

Ente sentido el objetivo de la arrancada es lograr la mayor distancia horizontal en el menor tiempo posible y ocupar una posición favorable en el agua para completar la tarea.

Una mejora significativa de la salida, puede reducir el tiempo de la prueba hasta en 0,1 s, tiempo que puede significar la diferencia entre ganar o perderla. De ahí la necesidad de buscar vías de análisis más precisos que la simple observación para conocer de forma fiable y objetiva el conocimiento de los resultados del entrenamiento.

La salida en natación es un movimiento deportivo que se realiza en menos de un segundo, de ahí que sea considerado un movimiento explosivo ya que se trata de aplicar la mayor cantidad de fuerza posible al carril en el menor espacio de tiempo.

La velocidad de incremento de la fuerza o coeficiente de reactividad, desempeña un importante papel en los movimientos rápidos. A medida que aumenta el nivel deportivo del atleta, generalmente disminuye el tiempo de ejecución de los movimientos, por eso el papel que desempeña el coeficiente de reactividad adquiere mayor relevancia.

La fuerza explosiva es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. Por tanto, la misma es la producción de fuerza en la unidad tiempo, y viene expresada en N/s. Esta es la manera más exacta, simple e inequívoca de definirla según (Duchateau y Hainaut, 1984; en Sale, 1992).

La fuerza aplicada depende entre otros factores, de la técnica del atleta en la ejecución movimiento deportivo que se mide y valora. En este sentido la medición de la fuerza aplicada es uno de los criterios de mayor validez para hacer una valoración de la propia técnica deportiva.

En este sentido se coincide con (Álvarez del Villar 1983; Verjonschanski 1990) en que la programación y organización del proceso de preparación técnica exige de conocimientos teóricos y datos obtenidos a partir de los resultados de investigaciones

científicas como condición indispensable para obtener éxito durante su planificación, aplicación y control.

De este modo, el sentido del entrenamiento desde el punto de vista biomecánico reside en organizar el trabajo motriz y las interacciones externas del deportista de modo que se aprovechen al máximo las fuerzas que entran en juego para la ejecución del ejercicio de competición primero, de acuerdo con la normativa de la competición y, segundo, con la máxima potencia posible (velocidad, exactitud, etc.). (Verkhoshansky 2002).

Lo anterior presupone un reto para los entrenadores del equipo paralímpico de natación en Villa Clara, ya que los entrenadores solo tienen posibilidades de registrar el tiempo de ejecución de la arrancada, pero no la velocidad con que varía la fuerza en dicho movimiento.

Esta situación constituye un limitante en el proceso de preparación de un atleta en especial, el cual es débil visual y se desarrolla en eventos de velocidad, según su entrenador dicho atleta no logra realizar con explosividad las arrancadas de ahí que aunque ha obtenido resultados tanto nacionales como internacionales, no son los esperados por el entrenador.

Teniendo en cuenta la importancia del perfeccionamiento técnico para aumentar las posibilidades de aplicar fuerza en la realización de un movimiento, las ventajas de la realización explosiva de la arrancada en nadadores, así como las pocas posibilidades que tienen los entrenadores de registrar las características dinámicas de la ejecución de la salida desde el bloque, se pone de manifiesto que existe limitado coeficiente de reactividad en la ejecución de la salida por un nadador juvenil villaclareño. Esta situación problemática nos conduce al siguiente problema científico: ¿Cómo mejorar el coeficiente de reactividad en la ejecución de la salida por un nadador juvenil villaclareño?

La interrogante científica anterior encuentra respuesta anticipada en la siguiente hipótesis: Si se aplican correcciones biocinemáticas, se mejorará el coeficiente de reactividad, en la ejecución de la salida en un nadador juvenil villaclareño.

Teniendo en cuenta todo lo anterior nos planteamos el siguiente objetivo general para guiar el curso de nuestra investigación:

➤ Proponer correcciones biomecánicas cinemáticas para mejorar el coeficiente de reactividad en la ejecución de la salida por un nadador juvenil villaclareño

Constituyen objetivos específicos de nuestra investigación:

1. Determinar las deficiencias técnicas que limitan el coeficiente de reactividad.
2. Definir las correcciones biocinemáticas, para mejorar el coeficiente de reactividad.
3. Aplicar correcciones biocinemáticas, para mejorar el coeficiente de reactividad.
4. Valorar la viabilidad de las correcciones biocinemáticas para mejorar el coeficiente de reactividad.

La investigación se desarrolló durante el periodo competitivo de la primera periodización de atleta estudiada. Se utilizó un diseño de investigación pre-experimental, ya que solo se contó con un grupo experimental, constituido por el propio atleta, sin la presencia de un grupo de control.

El diseño de la investigación fue escogido con total intención del investigador, ya que defiende la idea de que no es necesario comparar el coeficiente de reactividad del atleta con el de otros, sino contra el mismo luego de aplicadas las correcciones biocinemáticas.

Los métodos y técnicas aplicados en la investigación, mantuvieron una estrecha relación con los objetivos propuestos. Dicha metodología se desarrolló en cuatro etapas interrelacionadas.

En la primera etapa de la investigación se aplicaron los métodos observación, medición y modelación para la determinación de los errores técnicos que limitan el coeficiente de reactividad. Esta etapa se llevó a cabo durante la tercera semana del mes de marzo del 2011 al inicio del periodo competitivo de la atleta estudiada.

Con los resultados obtenidos en la etapa anterior se definieron en una segunda, las correcciones biocinemáticas para mejorar el coeficiente de reactividad durante la salida del nadador estudiado.

Esta etapa se llevó a cabo durante la tercera semana del mes de marzo del 2011 al inicio del periodo competitivo de la atleta estudiada.

Durante la tercera etapa se aplicaron las correcciones biocinemáticas para mejorar el coeficiente de reactividad durante la salida del nadador estudiado. Esta etapa se desarrolló del 21 de marzo al 4 de abril del 2011.

En la cuarta etapa se valoró la viabilidad de las correcciones biocinemáticas propuestas para mejorar el coeficiente de reactividad en la ejecución técnica de la salida. En este sentido se analizó el cumplimiento de los criterios de valoración planteados en la segunda etapa, así como la repercusión de los mismos en el mejoramiento del coeficiente de reactividad. Esta fase se desarrolló al final del periodo competitivo durante la primera semana del mes de abril de 2011.

Desarrollo:

Consideraciones teóricas metodológicas para el análisis biomecánico de la salida de pista en nadadores.

En el estudio de la técnica deportiva es necesario según los objetivos de la investigación que se desarrolle, tener en cuenta aspectos tales como los sistemas materiales, referidos precisamente a los componentes del sistema locomotor que participan en la ejecución, los sistemas que garantizan la ejecución, donde se incluye el aseguramiento energético de los movimientos y la dirección de todos estos procesos.

En este sentido en nuestra investigación cobra gran importancia la composición del sistema de movimientos, es decir considerar a la acción motora como sistema de movimientos, el cual se refiere específicamente a los movimientos de los que consta dicho sistema.

Teniendo en cuenta las características de la natación en general y la salida de pista en nadadores en particular, esta clasifica dentro del grupo de ejercicios con estabilización de la estructura dinámica según (D. Donskoi 1988).

Debido a que las acciones motoras se ejecutan mediante los movimientos de los diferentes segmentos del cuerpo en el espacio durante el transcurso de determinado tiempo se coincide con (D. Donskoi 1988) en que en el sistema de movimientos se distinguen sus elementos a partir de sus indicadores espaciales y temporales.

Con respecto a los elementos espaciales, los mismos se determinan en el sistema de movimientos, a partir de la variación de las posiciones recíprocas de los miembros del cuerpo en las distintas articulaciones implicadas en las acciones elementales del movimiento.

Las acciones elementales según (D. Donskoi 1988) “son el menor elemento espacial del sistema de movimientos, que posee una importancia relativamente autónoma, un sentido conocido y cumple con determinada tarea”.

En este sentido los movimientos articulares simples están agrupados en acciones elementales, o sea, conforman grupos de movimientos simultáneos y series de movimientos sucesivos. De aquí es fácil comprender que diferentes acciones elementales pueden coincidir en un mismo tiempo, por lo cual al analizarlas son partes de todo el sistema conformando en este sentido subsistemas.

Teniendo en cuenta lo anterior las acciones elementales conforman subsistemas menores, los cuales conforman los subsistemas mayores. Un ejemplo de esto son las acciones preparatorias y las fundamentales en la ejecución de la salida de pista en natación.

De esta forma se puede ver como en una de las acciones fundamentales de la salida de pista en natación, despegue del bloque, consta de acciones elementales tales como despegue de las piernas delantera y trasera, extensión máxima de la pierna delantera, movimiento al frente de los brazos, así como impulsión del tronco y cabeza hacia adelante y arriba (Costill, Richardson y Ernest W. Maglischo 1998).

En el sistema de movimientos los elementos temporales se determinan entre los instantes dados, que reciben el nombre de fases para su mejor comprensión en el ámbito deportivo. En este sentido se coincide con (D. Donskoi 1988) en que “la fase es el menor elemento temporal del sistema de movimientos, que incluye todos los movimientos desde el principio hasta el final y que cumple determinada tarea.

Tomando en consideración lo anteriormente planteado en nuestra investigación resulta medular establecer cuando comienzan las fases del movimiento, en que tiempo transcurren y cuando terminan las mismas. La importancia de realizar esta tarea radica en que las fases se suceden en el tiempo unas a otras.

De este modo al estudiar la salida de pista en natación, se deben determinar las fases de la misma en el tiempo, así como diferenciarlas unas de otras según sus características. Esto se puede realizar gracias a que cada fase se diferencia de la precedente y de la siguiente.

Las fases generalmente están separadas por determinado instante, el cual delimita las fases, por lo que en los mismos se produce el cambio de fases. En este sentido las posturas del cuerpo en el límite de dos fases se denominan límites.

De esta forma cada postura límite sirve de posición final para la fase que culmina y de posición inicial para la fase siguiente. En cada fase se debe cumplir con una tarea motora rectora, lo cual presupone que el cambio de fases coincida necesariamente con un cambio de las tareas del movimiento en cuestión.

En este sentido en cada fase los movimientos hacia el instante de su cambio deben conducir hacia la postura límite más conveniente para la solución de la tarea de la siguiente fase a ejecutar. Por lo cual dichas posturas sirven como buenos orientadores para controlar la correcta realización de los movimientos.

Teniendo en cuenta lo anterior se decide dividir el movimiento de arrancada para la investigación en 3 fases fundamentales:

Preparatoria: Posición estática sobre el bloque de arrancada hasta el instante antes del sonido de comienzo del evento.

Principal: Tiempo que transcurre desde el instante en que comienza el evento, hasta el instante de último contacto con el bloque de salida.

Final: Tiempo transcurrido desde el último instante de contacto con el bloque de salida hasta el primer contacto con el agua.

En el deporte los movimientos se distinguen por su armonía y concordancia. Por lo que se coincide con (D. Donskoi 1988) en que “mediante la observación se determina el cuadro externo del movimiento”. Lo cual se refiere a la forma de las trayectorias en el espacio y el carácter de los movimientos.

A partir de las características espaciales se puede determinar cómo están recíprocamente relacionadas las trayectorias de los movimientos, cuáles son las posturas iniciales, intermedias y finales, por lo que se devela el dibujo espacial de los movimientos, así como la concordancia de los movimientos en el espacio.

Por su parte las características temporales permiten establecer cómo los movimientos están interrelacionados y coordinados antes y después con respecto al tiempo, cuánto duran estos, cuando sustituye uno a otro, cuál es la sucesión, el ritmo y el tempo de ellos.

En el caso de las velocidades y las aceleraciones como características espacio-temporales, en conjunto con las temporales, determinan el carácter de los movimientos. De esta forma todas las correlaciones de los movimientos en el espacio y el tiempo se determinan según (D. Donskoi 1988) por su estructura cinemática, por el hecho de cómo estén organizados externamente.

Cada uno de los tipos de estructura cinemática pone al descubierto solo uno u otro aspecto de la cinemática del sistema y en su conjunto develan el cuadro externo del sistema de forma íntegra.

La acciones de arrancada.

Las acciones de arrancada por la general están incluidas en sobre todo en los deportes cíclicos en eventos de carreras y cobran mayor importancia en las pruebas de velocidad, ya que en las mismas se necesita comenzar el desplazamiento incrementando rápidamente la velocidad.

Las arrancadas también se realizan en deportes de combate, juegos deportivos y otras modalidades deportivas, ya que son el movimiento previo para superar distancias todas las distancias, así como para realizar desplazamientos.

En este sentido se concuerda con (D. Donskoi 1988) en que las posiciones de arrancada: “son las posturas iniciales para el desplazamiento subsiguiente, que garantizan las mejores condiciones para el desarrollo de la aceleración de la arrancada”. Generalmente las posiciones de arrancada, entiéndase arrancada sin impulso, están reglamentadas y responden a requisitos biomecánicos que se derivan de las tareas de la arrancada.

La posición inicial garantiza el surgimiento desde el primer momento, la aceleración y desplazamiento del centro de gravedad del cuerpo en una dirección dada. Esto se logra mediante el desplazamiento de la proyección del centro de gravedad del cuerpo sobre una superficie horizontal, hacia el límite anterior del área de apoyo.

Teniendo en cuenta lo anterior cuando se proyecta el centro de gravedad del cuerpo al frente y su posición es más baja, se incrementa la componente horizontal de la velocidad inicial.

Los ángulos articulares en la posición inicial deben corresponder a las particularidades individuales de la correlación entre las palancas, al nivel de preparación de fuerza del atleta y a las condiciones de la acción de la arrancada.

Los movimientos de arrancada:

Los movimientos de arrancada son los primeros movimientos a partir de la posición inicial, que garantizan el incremento de la velocidad y el pasar seguidamente al impulso de la arrancada (D. Donskoi 1988).

Durante la arrancada el centro de gravedad del cuerpo del atleta experimenta una aceleración, resultado de los esfuerzos musculares. Como fuerzas internas, estos

esfuerzos están dirigidos en sentidos contrarios, al frente acelerando a los miembros móviles y atrás presionando los miembros de apoyo hacia este.

Por su parte el impulso de arrancada según (D. Donskoi 1988) garantiza: el incremento de la velocidad hasta que se alcanza la requerida para el recorrido de la distancia. En las carreras de distancias cortas, el impulso de arrancada coincide con los pasos transitorios y la velocidad se incrementa hasta el máximo.

Mecanismo de empuje desde el apoyo en la fase fundamental de la salida de pista en natación.

En los movimientos ejecutados por los deportistas que dependen del empuje desde el apoyo inferior para el desplazamiento del centro de gravedad del cuerpo, dicho empuje se realiza en primer lugar mediante el propio empuje de las piernas desde el apoyo y en segundo lugar, a través de los movimientos pendulares con los miembros libres y otros miembros del cuerpo.

En el caso de la salida de pista estos movimientos tienen que estar estrechamente interrelacionados en una acción única, para lograr el empuje necesario. El refinamiento del empuje depende en gran medida, de la coordinación de los movimientos que se realicen.

En la ejecución de la salida de pista se distinguen como eslabón fundamental de la técnica el despegue que se realiza desde el bloque de arrancada con las piernas y como detalles de la misma, los movimientos pendulares realizados por los brazos, así como el movimiento del tronco.

La fase de empuje está delimitada por las posiciones que adquiere el atleta, primero por la posición del atleta antes del disparo y en segundo lugar por la posición en el instante que la última pierna abandona el bloque de arrancada.

Durante el empuje en la fase de despegue de la salida de pista, los miembros inferiores derecho e izquierdo tienen la mayor implicación en el mismo. Aunque el mayor esfuerzo lo realiza la pierna ubicada más cercana al borde del cajón de salida. Estas conforman dos cadenas biocinemáticas compuestas por pie pierna muslo cada una, a la vez que se encuentran unidas por la cadera en su extremo proximal y por el cajón de salida en su extremo distal en la fase de preparatoria.

Otro papel importante lo juega el segmento tronco ya que tiene gran implicación en el ángulo de salida del nadador, así como los miembros superiores al realizar movimientos pendulares imprescindibles para la coordinación de este movimiento.

En este sentido podemos plantear que en la fase fundamental de la salida de pista en nadadores, representada por el despegue de los bloques, se encuentran implicados tres mecanismos fundamentales. Uno conformado por los miembros inferiores, otro formado por el segmento tronco y uno final compuesto por los miembros superiores.

En la realización del empuje, los miembros de apoyo, representados por los miembros inferiores, los cuales conforman el mecanismo fundamental de esta acción motora, permanecen inmóviles respecto al apoyo, fijos al cajón de salida.

Al mismo tiempo los miembros móviles conformados por el tronco y miembros superiores, bajo la acción de la fuerza muscular se desplazan en la misma dirección del empuje durante la realización de este movimiento.

Durante el movimiento acelerado de los miembros superiores, sobre los mismos actúan las fuerzas de frenaje, representadas por la fuerza de gravedad y de inercia, de los restantes miembros, así como las fuerzas de resistencia de los músculos antagonistas.

En este sentido los miembros del cuerpo reciben aceleración como resultado de que existan fuerzas motrices cuya acción sobrepasa la resistencia de las fuerzas de frenaje que se influyen durante la ejecución del movimiento.

La salida con agarre: particularidades de la estructura del movimiento.

La salida es la primera acción en la natación cuyo objetivo principal es alcanzar la mayor distancia horizontal en el menor tiempo posible.

Está establecido que en la posición de salida el nadador debe tener por lo menos un pie en la parte delantera del banco de salida sin importar cual es la posición de las manos. Se entiende entonces que pueden existir varias posiciones para ello. Sin embargo son muy eficientes las salidas con agarre: aquellas en que en la posición inicial el nadador está sujeto con una o las dos manos.

Las más usadas son las de gancho (agarre convencional) y las de pista o paso. La salida con agarre ha ganado popularidad rápidamente desde que fue introducida en 1967. La diferencia entre esta modalidad y las salidas más utilizadas con anterioridad es que los nadadores se agarran a la parte frontal del bloque a esperar la señal de salida. Al sonar la señal, tiran de su cuerpo hacia adelante, más allá de la plataforma de salida.

Varios estudios (Counsilman y colaboradores, Thorsen: citado por Maglischo) han demostrado que la salida de agarre es superior en comparación con las otras existentes, por varias razones:

- Permite que los nadadores desplacen sus cuerpos hacia el agua con más rapidez tirando de su cuerpo contra la plataforma por medio de las manos que balanceando los brazos hacia atrás.
- Con esta salida, los brazos se desaceleran más rápidamente una vez que entran en el agua, debido a que no generan la fuerza que puede producirse con el balanceo y circunducción hacia atrás.
- El hecho de lograr que el cuerpo arranque rápidamente, supera con ventaja la pérdida de impulso que tiene lugar después de la salida. Por lo tanto, los tiempos empleados para recorrer la distancia hasta el lugar determinado en que normalmente los nadadores salen a la superficie, son menores.

En esta salida puede realizarse el salto con vuelo carpado (por su elevada trayectoria aérea y la posición corporal durante la misma). “Los nadadores se desplazan a través del aire trazando un arco amplio doblándose a menudo a nivel de la cintura de forma que puedan entrar en el agua con un ángulo muy pronunciado.

La principal ventaja del salto carpado a diferencia del salto plano es el que el cuerpo del nadador contacta y entra en el agua por varios sitios al mismo tiempo, reside en que los nadadores encuentran una menor resistencia al avance al entrar en el agua, desplazándose por consiguiente más rápidamente durante su deslizamiento y desplazamiento subacuático.

Los nadadores que utilizan el salto carpado generalmente alcanzan una distancia de vuelo mayor antes de entrar en el agua. En el salto con trayectoria de vuelo alta o carpada y entrada en picada, todo el cuerpo del nadador entra en el agua prácticamente por el mismo punto. El cuerpo se desliza por debajo del agua con menos turbulencia, hecho que permite un deslizamiento subacuático más rápido”.

Características técnicas de la salida de pista en nadadores.

La salida de pista o también llamada de atletismo es una reciente adaptación de la salida con agarre, que se ha desarrollado especialmente para la prevención de lesiones. La principal diferencia entre ésta y la salida de agarre convencional estriba en la posición preparatoria sobre la plataforma de salida. El nadador debe tener un pie más atrasado que el otro.

Se atribuyen fundamentalmente dos ventajas a la aplicación de este estilo.

En primer lugar los nadadores pueden entrar antes en el agua. Esto ocurre porque su centro de gravedad se desplaza prácticamente en línea recta hacia adelante más allá de la plataforma de salida hasta alcanzar el punto en el que empieza a caer hacia el agua. Con el vuelo de trayectoria elevada (carpado) el centro de gravedad se desplaza hacia arriba una mayor distancia después de haber abandonado el bloque, aumentando el intervalo de tiempo que transcurre hasta alcanzar el punto de entrada.

En segundo lugar, las piernas del nadador pueden desarrollar una mayor impulsión hacia adelante al recibir dos impulsos en vez de uno. En la salida de atletismo los nadadores se empujan primero con la pierna que está situada detrás y después con la adelantada.

Aun no está debidamente fundamentada cual de las dos es superior, por lo que hay que evaluarlas con más detalle, pues, los nadadores que utilizan la modalidad de atletismo parecen conseguir una puesta en movimiento más rápida desde el bloque, pero entran en el agua en un ángulo algo más plano y pierden tiempo durante el deslizamiento, mientras que los que utilizan la posición convencional son más lentos en abandonar el bloque, pero entran en el agua con un ángulo que les permite deslizarse mejor.

En la salida de atletismo, un pie atrasado respecto al que se encuentra en el borde frontal del bloque, se reconocen las mismas fases utilizadas para la descripción de la salida de agarre convencional.

Lo cierto es que, para lograr su objetivo de alcanzar la mayor distancia horizontal en el menor tiempo posible, el nadador debe:

- Tener un rápido tiempo de reacción (que depende de las capacidades neuromusculares)
- Tener una gran fuerza de impulso o gran aceleración del cuerpo (posición de manos y pies)
- Minimizar la resistencia del agua en la entrada (posición hidrodinámica).

1.5 Fases de la ejecución técnica de la salida de pista en nadadores

Los autores de la bibliografía consultada (Costill, Richardson y Ernest W. Maglischo.1998; Reischle, Klaus, 1993, entre otros) reconocen las siguientes fases para la salida en natación:

1. La posición preparatoria.
2. El tirón (o tracción).
3. El impulso desde el bloque.
4. El vuelo.
5. La entrada.

6. El deslizamiento.

7. Propulsión y salida a la superficie.

Esta división en fase describe satisfactoriamente la estructura del movimiento de la salida con agarre en natación, donde pueden identificarse las características biomecánicas involucradas. No se detalla el contenido de cada una debido a que se han realizado determinadas precisiones que serán analizadas en el próximo epígrafe. No obstante, el texto insertado en la figura explica lo suficiente para entenderlas.

Características cinemáticas de los movimientos en el análisis de la salida de pista en nadadores.

Las características biocinemáticas que se manifiestan en la ejecución de la salida de pista en nadadores, determinan la geometría de dicho movimiento deportivo, así como su variación en el tiempo, sin considerar las masas ni las fuerzas que intervienen en este, por lo que solo ofrecen un cuadro externo de esta tarea motora.

Teniendo en cuenta lo planteado por (Donskoi 1988) compartimos el criterio acerca de que las características cinemáticas del cuerpo humano y de sus movimientos, constituyen la medida de la situación y del movimiento del hombre en el espacio y en el tiempo. Estas características pueden ser espaciales, temporales y espacio-temporales.

Los estudios que contemplan las características cinemáticas de los movimientos, ofrecen resultados respecto a comparaciones de dimensiones del cuerpo y de sus miembros, así como información acerca de las particularidades cinemáticas de los movimientos de diferentes deportistas.

Es por todo lo anterior que coincidimos con (Donskoi 1988; Gordon y Claye, 1970) en que la individualización de la preparación técnica de los deportistas, la búsqueda de las particularidades de los movimientos que resulten óptimas específicamente para cada

atleta, depende en gran medida de la valoración de las características cinemáticas de los movimientos.

En este sentido se muestran investigaciones donde se estudia la influencia de diferentes tipos de salida desde los cajones (Costill, Richardson y Ernest W. Maglischo.1998; Reischle, Klaus, 1993, entre otros) teniendo en cuenta las distancias entre los pies durante la salida, así como las características de los nadadores, durante la posición de listos.

Se destacan las investigaciones de (Zissu y Silva 2006) donde analizan las características biomecánicas que inciden en salidas con agarre. En este estudio se realiza una comparación entre la salida de gancho y la de pista.

De todo lo anterior asumimos que la determinación del comportamiento biomecánico cinemático en la ejecución de la salida de pista en la atleta estudiada, es el punto de partida para la individualización de la preparación técnica. Por esta razón el conocimiento de las particularidades cinemáticas de las ejecuciones, permite desde la corrección hasta el perfeccionamiento de una técnica deportiva.

Sistema de referencia de la distancia y el tiempo en el análisis de la salida de pista en nadadores.

El sistema de referencia de la distancia, es un cuerpo rígido tomado como referencia, respecto al cual se determina la situación de otros cuerpos en los diferentes instantes (Hainaut 1976; Donskoi 1988).

Los sistemas de referencia son de vital importancia en el estudio de los movimientos de arrancada, pues sin la utilización de los mismos sería muy difícil homologar los datos obtenidos mediante las mediciones. Por lo que carecerían de confiabilidad los resultados conseguidos, durante el procesamiento de la información acerca de las características cinemáticas estudiadas.

La dirección de la medición de la distancia y el establecimiento de las unidades de referencia, están en estrecha relación con el cuerpo de referencia. Para determinar con precisión un resultado deportivo, tienen un papel fundamental las reglas de competencia que prevén el punto de referencia a partir del cual se realizará la medición.

En la práctica durante el estudio del comportamiento de las características biocinemáticas, suele utilizarse como sistema de referencia el área del cajón de salida, así como las paredes de la piscina y las carrileras que separan los nadadores.

Teniendo en cuenta lo anterior el investigador debe tener un riguroso control y precisión en la determinación del sistema de referencia a utilizar durante las mediciones, para disminuir la posibilidad de entrada de un error durante el proceso de medición, que atente contra la confiabilidad de los resultados que se puedan obtener.

En el caso que sea necesario estudiar el sistema biomecánico de forma general, el cuerpo del atleta en movimiento se analiza como un punto material cuya situación en el espacio se determina. Otra variante puede ser señalar sobre el propio cuerpo del atleta puntos de referencia, cuando es necesario estudiar el movimiento de las partes del cuerpo.

Con respecto al origen de referencia del tiempo en el análisis de las arrancadas se toma como referencia el momento en que comienza el movimiento, así como los instantes que dividen cada una de sus fases. Lo cual permite determinar los movimientos que se realizan entre los espacios de tiempos seleccionados.

La unidad de referencia del tiempo es la hora, minuto, segundo, centésimas y milésimas de segundo. El trascurso del tiempo se analiza partiendo de lo que sucedió hacia lo que puede ejecutar el atleta, pero durante el análisis de los movimientos con frecuencia resulta conveniente realizar el análisis en sentido contrario.

Características espaciales de los movimientos en el análisis de la salida de pista en nadadores.

Los movimientos de los velocistas en la salida de pista pueden estudiarse analizando su cuerpo como un punto material, un cuerpo rígido o como un sistema de cuerpos. El criterio que se tome para el estudio, depende precisamente de los objetivos de la investigación que se esté llevando a cabo.

El cuerpo del atleta se considera como un punto material cuando el desplazamiento de dicho cuerpo es mucho mayor que sus dimensiones (Donskoi 1988). Además en este caso no se investigan ni tienen en consideración, los movimientos de las partes del cuerpo, ni la rotación de este.

Se toma como un cuerpo rígido al cuerpo del atleta cuando es posible no tener en cuenta los desplazamientos recíprocos de sus miembros ni las deformaciones de los tejidos (Donskoi 1988). En este caso lo importante es tomar en consideración solo sus dimensiones, su disposición en el espacio, así como su orientación. Este hecho se evidencia cuando se estudian las condiciones de equilibrio y las rotaciones del cuerpo en una postura constante.

En nuestro caso coincidiendo con (Donskoi 1988), consideramos el cuerpo del atleta para su estudio como un sistema de cuerpos, ya que es importante para la investigación que se lleva a cabo, analizar las particularidades de los movimientos de los miembros del cuerpo, que influyen sobre la ejecución de acción motora.

Coordenadas del punto, del cuerpo y del sistema de cuerpos en el análisis de la salida de pista en nadadores.

Las coordenadas de un punto son la medida espacial de la situación del punto respecto a un sistema referencia. (Donskoi 1988). En este sentido las coordenadas muestran donde se encuentra situado el punto estudiado respecto al origen de la referencia. En el

caso de terminar la situación de un punto sobre una línea es suficiente una coordenada, para la situación de un punto en un plano, dos coordenadas y en plano tres coordenadas.

La situación de un cuerpo rígido en el espacio se puede determinar a partir de las coordenadas de tres de sus puntos que no se encuentren sobre la misma recta. Es posible también determinar la situación de uno de los puntos del cuerpo, mediante sus coordenadas lineales, y la orientación del cuerpo respecto al sistema de referencias, a partir de las coordenadas angulares (Donskoi 1988).

En el caso de nuestra investigación donde se considera al atleta como un sistema de cuerpos, los miembros superiores, inferiores así como el tronco, que conforman dicho sistema, pueden variar su configuración o disposición recíproca. Por tal motivo la situación del atleta durante la ejecución de la arrancada se determina a partir de la disposición de cada miembro en el espacio (Donskoi 1988).

En toda investigación donde se analice la ejecución técnica deportiva, es necesario determinar primero ante todo la posición inicial a partir de la cual comienza el movimiento. Luego la posición final, en la cual termina dicho movimiento. Para a continuación ser capaces de determinar una serie de posiciones intermedias que adopta el cuerpo durante la realización del movimiento, por tal motivo coincidimos con: (Donskoi 1988) en que... “los cuadros de cualquier película son muestra de este procedimiento”...

Trayectoria del punto en el análisis de la salida de pista en nadadores.

La trayectoria del punto es la característica espacial del movimiento. Es el lugar geométrico de las situaciones del punto que se mueve en el sistema de referencia que se analiza. De dicha trayectoria se determina su longitud, curvatura y orientación en el espacio, así como el desplazamiento del punto (Donskoi 1988).

La trayectoria de un punto seleccionado sobre el atleta durante la ejecución de la salida de pista, se muestra como una línea continua que devela la huella de dicho punto en su

movimiento. Esta trayectoria nos muestra el dibujo espacial del movimiento del punto objeto de estudio, así como la distancia sobre la trayectoria muestra cuál es el espacio recorrido por el punto. (Donskoi 1988).

La orientación de la trayectoria en el espacio puede ser diferente, aunque tenga una misma forma. En la trayectoria rectilínea se determina su orientación tomando como base las coordenadas de los puntos de las posiciones inicial y final. En la trayectoria curvilínea, tomando como base las coordenadas de los puntos de las posiciones inicial y final, además de un tercer punto que no se encuentra sobre la misma recta de ellos.

La suma geométrica de los desplazamientos elementales realizados por los puntos marcados sobre el cuerpo del atleta, es igual al desplazamiento final, desde la posición inicial hasta la final. En la trayectoria curvilínea se considera que el desplazamiento elemental es igual al espacio.

En los movimientos de traslación y rotación el desplazamiento se mide de forma diferente. El desplazamiento lineal del cuerpo, puede determinarse por el desplazamiento lineal de cualquiera de sus puntos. Por lo que en el movimiento de traslación la recta que une dos puntos cualesquiera del cuerpo, al desplazarse rectilínea o curvilíneamente, se mantiene paralela a su posición inicial.

El desplazamiento angular del cuerpo, en su movimiento de rotación, se determina por el ángulo de giro. En el movimiento de rotación del cuerpo se muestra una línea cuyos puntos se mantienen inmóviles durante todo el movimiento, ya que descansan sobre un eje. Todos los restantes puntos del cuerpo se mueven en arcos de circunferencias, cuyos centros se encuentran sobre la línea inmóvil antes descrita, la cual se convierte en el eje de rotación.

Cualquier movimiento en el espacio de un cuerpo puede representarse como la suma geométrica de sus movimientos de rotación y traslación, respecto a cualquier polo, en particular a su centro de masa (Donskoi 1988).

Es una tarea mucho más compleja determinar el desplazamiento de un atleta en movimiento, al considerarlo un sistema de cuerpos que varía su configuración. En los casos más simplificados, su movimiento se analiza como el movimiento de un punto material.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede seguir el desplazamiento de todo el cuerpo humano, para valorar en cierta medida el resultado general de su actividad motora (Donskoi 1988). En este sentido se analiza el desplazamiento del centro de gravedad de todo el cuerpo, como un punto material. Esto tiene como consecuencia según: (Donskoi 1988)...“el desconocimiento de los movimientos que provocan específicamente el desplazamiento del centro de masa del cuerpo”...

En este sentido el estudio de los movimientos de los miembros del cuerpo humano permite analizar de manera más detallada el desplazamiento de su cuerpo. En algunos casos varias partes móviles se analizan como un miembro, de esta forma es posible definir a rasgos generales las particularidades de los movimientos, aunque el movimiento recíproco de muchos miembros no se tenga en cuenta y sus deformaciones se desprecien (Donskoi 1988).

Por tal motivo en el orden de conocer los movimientos que influyen en el desplazamiento del centro de gravedad del cuerpo durante las acciones de arrancada, es necesario determinar el desplazamiento de los centros de gravedad común tanto de los miembros inferiores, los superiores así como el tronco, para determinar la influencia de estos sobre el de todo el cuerpo.

Características temporales de los movimientos en el análisis de la salida de pista en nadadores.

Las características temporales develan al movimiento en el tiempo. En este sentido brindan información acerca de los instantes en que comienza y termina, la duración del

mismo, veces que se ejecutó este, así como la estructuración del mismo en el tiempo.

Las características temporales en conjunto con las espacio-temporales, definen el carácter de los movimientos del atleta durante la ejecución de la salida, al determinar dónde estuvo el punto estudiado en el espacio, hay que determinar cuándo estuvo allí (Donskoi 1988).

El instante es la medida temporal de la situación del punto del cuerpo y del sistema. Se determina para el comienzo, final del movimiento y para otras situaciones instantáneas importantes. Estas situaciones instantáneas importantes son los instantes de variación esencial del movimiento. Por medio de los instantes se determina la duración del movimiento (Donskoi 1988).

La duración del movimiento es el intervalo de tiempo transcurrido entre los dos instantes que lo limitan. Los instantes como límites entre dos intervalos de tiempo limítrofes, no tienen duración. En este sentido al medir la duración se emplea un mismo sistema de referencia del tiempo.

Si se conoce la distancia recorrida por el punto y la duración de su movimiento, se puede determinar su velocidad, además, conociendo la duración de los movimientos, se determina también el tempo y el ritmo de ellos (Donskoi 1988).

En los movimientos reiterados de igual duración, el tempo caracteriza el transcurso de ellos en el tiempo. El tempo de los movimientos es la medida temporal de la repetición de dichos movimientos. Se mide por la cantidad de movimientos que se repiten en una unidad de tiempo (Donskoi 1988).

El tempo es una magnitud inversa a la duración de los movimientos, mientras mayor es la duración de cada movimiento, menor es el tempo y viceversa. En los movimientos cíclicos el tempo puede servir como indicador de la perfección de la técnica (Donskoi 1988).

A la medida temporal de la correlación entre las partes de los movimientos se le denomina ritmo de los movimientos. Cuando varía el tempo de los movimientos, varía también el ritmo de estos. Además de los indicadores temporales, pueden determinarse también los indicadores espaciales del ritmo.

Durante la tarea de determinar el ritmo se hacen muy necesarias las fases, las cuales se distinguen por la tarea del movimiento, por su dirección, velocidad, aceleración y otras características. El ritmo refleja los esfuerzos aplicados, depende de la magnitud de estos, del tiempo de aplicación y de otras particularidades del movimiento.

Durante el tiempo en que un atleta está dominando la técnica, en muchas ocasiones es más conveniente proporcionar inicialmente el ritmo de los movimientos que describir detalladamente los movimientos. Esto ayuda a entender más rápidamente las particularidades del ejercicio a realizar, así como su estructuración en el tiempo (Donskoi 1988).

En cada movimiento existen partes que se distinguen unas de otras, como son los movimientos preparatorios y los principales, el impulso y el frenaje. Es decir el ritmo puede determinarse en cada ejercicio (Donskoi 1988).

Lo anterior facilita el estudio del comportamiento de las características biocinemáticas durante la ejecución de la salida de pista. Esto se debe a que posibilita la división del movimiento para su estudio en dos sentidos. En el primer caso permite distinguir los movimientos preparatorios de los principales en función del tiempo. En el segundo caso permite conocer cuáles son las fases de frenaje y las de impulso durante la ejecución.

En este sentido se puede determinar donde se puedan estar cometiendo los principales errores durante la ejecución de la salida, al identificar sobre las partes del movimiento, cómo se manifiestan las fases de frenaje, así como las de impulso.

Características espacio-temporales en el análisis de la salida de pista en nadadores.

Gracias a las características espacio-temporales se puede determinar cómo varían las posiciones y los movimientos de los atletas durante la ejecución de la salida de pista en el tiempo, con qué rapidez varían su situación y dichos movimientos.

La velocidad del punto es la medida espacio-temporal de su movimiento. Se determina por la variación de las coordenadas en el tiempo. Es una magnitud vectorial y caracteriza la rapidez del movimiento, su dirección y sentido.

En el caso del estudio de la velocidad de los movimientos durante la ejecución de la salida de pista, al esta no ser constante, sino variable, para el análisis de los ejercicios, se determinan las velocidades instantáneas (Hainaut 1976; Donskoi 1988). Se denomina velocidad instantánea a la velocidad en un instante dado de la trayectoria.

La velocidad media por su parte es aquella con la cual el punto en el movimiento uniforme, recorrería todo el espacio dado en ese mismo tiempo. La misma permite comparar los movimientos no uniformes (Donskoi 1988).

La velocidad lineal del punto en el movimiento rectilíneo está dirigida por la trayectoria. En el caso del curvilíneo, sobre la tangente de la trayectoria en cada uno de sus puntos analizados. Teniendo en cuenta lo anterior la velocidad del cuerpo se determina por la velocidad de sus puntos.

En el movimiento de traslación del cuerpo las velocidades lineales de todos sus puntos son de igual magnitud y sentido. En el caso del movimiento de rotación la velocidad angular se define como la medida de la rapidez de variación de la posición angular del cuerpo. (Donskoi 1988).

La velocidad de un sistema de cuerpos que varía su configuración, no puede ser calculada de la misma forma que la velocidad angular de un cuerpo rígido. Para estos

casos es más recomendable calcular la velocidad lineal del centro de masa del sistema (Donskoi 1988).

En este mismo sentido cuando varía la postura, se determinan las velocidades angulares de los miembros del cuerpo con respecto a los ejes del movimiento. Para la fundamentación biomecánica de la técnica se hace necesario elegir y determinar, en cada caso concreto, las velocidades de los miembros y puntos del cuerpo (Hainaut 1976; Donskoi 1988).

Se denomina aceleración del punto a la medida espacio-temporal de la variación del movimiento del punto, o sea, la rapidez de variación del movimiento cuando varía la magnitud o la dirección de la velocidad o ambas (Donskoi 1988).

En el caso de la aceleración se determina por la variación de su velocidad respecto al tiempo. La aceleración es una magnitud vectorial que caracteriza la rapidez de variación de la velocidad en lo que respecta a su magnitud y dirección, en un instante dado (Donskoi 1988).

Se distingue la aceleración lineal del cuerpo en el movimiento de traslación y la aceleración angular del cuerpo en el movimiento de rotación. La relación entre la aceleración lineal de cada punto del cuerpo en rotación y su radio es igual a la aceleración angular en radianes por segundo al cuadrado (Donskoi 1988).

En el caso de la aceleración de un sistema de cuerpos, el cual varía su configuración, se determina de una forma más compleja que su velocidad. La aceleración sirve como un buen indicador de la calidad de los esfuerzos aplicados (Donskoi 1988).

Los errores durante las ejecuciones técnicas.

Los errores durante las ejecuciones técnicas constituyen desviaciones de las características de los movimientos, las cuales se salen de los límites permitidos y que comprometen en mayor o menor medida el resultado del ejercicio (Donskoi 1980). Teniendo en cuenta la influencia de los errores en el resultado de la ejecución técnica, se distinguen dos tipos de errores, los fundamentales y parciales.

Los errores fundamentales alteran el mecanismo fundamental del ejercicio. Por su parte los parciales son aquellos errores que alteran las exigencias de calidad de la ejecución del ejercicio, pero no las particularidades principales, a la vez que se mantiene una ejecución correcta del mecanismo fundamental.

Coincidimos con (Donskoi 1980) en que es necesario diferenciar los errores de los defectos que según este autor son: ... “el retraso cuantitativo de unas u otras características y que no altera considerablemente la calidad”...

Las causas de los errores pueden ser muy variadas:

- a) Familiarización insuficiente con el ejercicio, por lo que existe una comprensión incorrecta de las exigencias para su ejecución.
- b) Dominio insuficiente del ejercicio, debido a la falta de elaboración de los elementos, interacción incorrecta de ellos, ausencia del nivel de preparación física imprescindible.
- c) Estabilidad insuficiente ante las interferencias, lo que impide realizar con éxito el ejercicio en condiciones complejas.

Las consecuencias de los errores dependen de las interrelaciones entre los movimientos y de su importancia en el sistema. En muchos casos los errores se ponen de manifiesto tanto simultáneamente (en diferentes miembros del cuerpo) como sucesivamente (en sus fases sucesivas).

El carácter en cadena (unos tras otro) y reticular (varios simultáneamente), explica por qué con mayor frecuencia, se encuentran inmediatamente varios errores. En este caso

surge un sistema variado distorsionado de movimientos, en comparación con el sistema exigido.

La eliminación de los errores comienza a partir del momento en que se determina en que consiste el mismo, donde están sus causas y cuáles son sus consecuencias. Es necesario analizar cuál es el papel que desempeñan y el lugar que ocupan en el ejercicio.

En los niveles más altos de perfeccionamiento de la técnica, con mayor frecuencia se encuentran defectos y no errores. A veces resulta diferenciarlos de las particularidades individuales de la técnica.

Metodología empleada:

La investigación se realiza por encargo de un entrenador de natación, el cual estaba interesado en realizar un estudio biomecánico cinemático a la ejecución técnica de la arrancada de una de sus atletas, con el fin de perfeccionar dicha ejecución.

El atleta en cuestión es miembro del equipo paralímpico de Villa Clara. Desarrolla su preparación en la piscina del combinado deportivo "Mártires de Barbados" localizado en áreas del Sandino en la ciudad de Santa Clara.

Las sesiones de entrenamiento las realiza en horario de la mañana a partir de las 8:00am con una duración promedio de 2 a 3 horas en dependencia del periodo de entrenamiento.

Se incluyó a su vez para la investigación al entrenador del atleta antes mencionado. El mismo brindó información de gran importancia durante toda la investigación. En la primera etapa el trabajo con el entrenador permitió determinar cualitativamente los errores presentes en la ejecución.

Durante la tercera etapa se encargó de aplicar las correcciones biocinemáticas con asesoría teórica del investigador, ya en la cuarta etapa la opinión del entrenador fue fundamental en función de valorar la viabilidad de las correcciones biocinemáticas, para perfeccionar la ejecución técnica de la arrancada, en el atleta estudiado.

Los métodos y técnicas aplicados en la investigación, mantuvieron una estrecha relación con los objetivos propuestos. Dicha metodología se desarrolló en cuatro etapas interrelacionadas, donde la determinación las deficiencias técnicas que limitan el coeficiente de reactividad constituyó el punto de partida.

Primera etapa: Determinación de los las deficiencias técnicas que limitan el coeficiente de reactividad en la ejecución técnica. Esta etapa se llevó a cabo durante la tercera

semana del mes de marzo del 2011 al inicio del periodo competitivo de la atleta estudiada.

En esta etapa de la investigación se realizó una caracterización tanto cualitativa como cuantitativa de la ejecución técnica de la arrancada con el fin de determinar los errores que limitaban las posibilidades de aplicar fuerza.

Segunda etapa: En esta etapa se definieron las correcciones biocinemáticas, para mejorar el coeficiente de reactividad, a partir de las causas de los errores detectados.

Con este fin se fijaron criterios de valoración para las características biocinemáticas que se manifiestan como las causas de los errores detectados, para que el cumplimiento de dichos criterios posibilitara el cumplimiento del propósito mecánico de cada fase afectada.

Esta etapa se llevó a cabo durante la tercera semana del mes de marzo del 2011 al inicio del periodo competitivo de la atleta estudiada.

Tercera etapa: Durante esta etapa se aplicaron las correcciones biocinemáticas para mejorar el coeficiente de reactividad en la ejecución de la salida por el atleta en estudio. Esta etapa se desarrolló del 21 de marzo al 4 de abril del 2011.

Cuarta etapa: En esta etapa se valoró la viabilidad de las correcciones biocinemáticas propuestas para el coeficiente de reactividad en la ejecución técnica de la salida. En este sentido se analizó el cumplimiento de los criterios de valoración planteados en la segunda etapa, así como la repercusión de los mismos en la eliminación de las causas de los errores detectados. Esta fase se desarrolló al final del periodo competitivo durante la primera semana del mes de abril de 2011.

Métodos y/o técnicas.

- **Histórico-lógico.**

Se vinculó principalmente a la construcción del marco teórico de la investigación, lo que permitió efectuar un estudio alrededor de los conceptos y las teorías existentes en relación al estudio cinemático de los movimientos humanos.

En este sentido al conocer las principales tendencias para abordar el estudio del comportamiento de las variables biocinemáticas en las ejecuciones técnico-deportivas, se pudo justificar el problema y fundamentar el procedimiento utilizado para lograr el objetivo de nuestra investigación.

- **Analítico-sintético.**

Se utilizó durante la descomposición de la ejecución técnica, en sus principales fases desde el punto de vista técnico, para de esta forma facilitar la identificación de los factores biomecánicos que intervienen en la consecución del propósito mecánico de cada fase. Por su parte mediante la síntesis fue posible integrar dichos factores para descubrir sus relaciones con los diferentes aspectos técnicos y sus características generales.

- **Inductivo-deductivo.**

Viabilizó el movimiento de lo particular a lo general (inductivo), lo que permitió el establecimiento de generalizaciones con el movimiento de lo general a lo particular (deducción). De esta forma del estudio y comportamiento de las características biocinemáticas que se manifiestan en la ejecución técnica, fue posible realizar generalizaciones a partir de la ejecución de cada fase. Por otra parte dichas generalizaciones permitieron arribar a conclusiones lógicas.

- **Experimento.**

Se utilizó un diseño de pre-experimento ya que el investigador sólo trabajó con un atleta que constituyó el grupo experimental. En este sentido se determinaron en la primera etapa de la investigación, los errores presentes en la ejecución técnica de la arrancada

por la atleta estudiada, para luego aplicar en la tercera etapa de la investigación las correcciones biocinemáticas definidas para dichos errores, en la segunda etapa.

Luego en la cuarta etapa de investigación, después de la intervención se registró el estado de la ejecución técnica, para valorar la viabilidad de las correcciones biocinemáticas para perfeccionar la ejecución técnica de la arrancada.

Debido al carácter de la estructura lógica de la demostración de la hipótesis, el experimento realizado es considerado sucesivo, ya que se compara la misma ejecución técnica de la arrancada antes y después de aplicar las correcciones biocinemáticas, con el fin de confirmar la hipótesis si el resultado en la cuarta etapa es notablemente superior al de la primera etapa.

Teniendo en cuenta el objetivo que persigue la investigación el experimento realizado es considerado formativo, ya que el investigador se propone intervenir en la ejecución técnica de la atleta, a través de las correcciones biocinemáticas, para perfeccionarla.

En otro sentido por el tipo de validez que predomina en el experimento realizado, el mismo es calificado de natural, ya que el investigador ejerce un control parcial de las variables debido a que el estudio se produce en condiciones reales, sin afectar siquiera las sesiones de entrenamiento.

- **Modelación.**

La modelación es un método lógico general porque toda persona modela en su vida. Es el estudio de un objeto que sustituye al objeto original de la realidad. Muchos de los modelos se mueven en un plano puramente teórico por ello a la modelación frecuentemente se le ubica en los métodos teóricos.

En este sentido por el desarrollo alcanzado como método científico y su amplia y diversificada utilización pudiera transitar desde un método lógico, teórico, hasta un

método integrador con un alto grado de integración al enfoque sistémico y al pronóstico. Valera, O. (1999).

La modelación se utilizó en nuestra investigación en dos sentidos:

1. Para el análisis minucioso de la ejecución técnica de la salida, mediante el estudio de cada una de las fases del movimiento, a través de la reproducción de este en un esquema de posturas. Lo que posibilitó determinar los errores presentes en cada fase, las causas de estos, así como las consecuencias de los mismos para las siguientes fases.

2. Para obtener un pronóstico de posibles resultados de ser eliminados los errores que afectan la ejecución técnica de la salida, del inicio del periodo competitivo al final del mismo. Esto facilitó la identificación de los criterios de valoración para las características biocinemáticas en cada fase y por consiguiente la definición de las correcciones biocinemáticas para el perfeccionamiento técnico de la salida.

- **La observación.**

Debido a la naturaleza del fenómeno que constituye el objeto de la observación científica, la salida en natación como sistema de movimientos, hace que este método presente un grado real de complejidad y exija una cuidadosa preparación a partir de:

- La definición de los objetivos de la observación.
- La delimitación de los aspectos que se van a observar.
- Definición operativa y la precisión de las mejores formas de registrar los datos.

La observación fue utilizada en el transcurso de la investigación, para obtener las imágenes que posteriormente brindarían la información acerca del comportamiento de las variables biocinemáticas que se manifiestan en la ejecución de la salida.

Con este fin se utilizó la observación estructurada, ya que el observador previamente a la observación elabora una guía a partir del objeto de observación, que le permite garantizar las condiciones necesarias para realizar las observaciones.

Los atletas fueron observados en el propio medio donde se desenvuelven en un estado natural. Esto justifica que la observación clasifique dentro de las de campo por estar en contacto directo con el objeto de estudio en su situación real.

Por otra parte al encontrarse el investigador fuera del objeto de estudio y observar desde afuera los procesos que allí tienen lugar sin intervenir en su curso, la observación realizada toma un carácter según González (2004) de externa, o no incluida.

En otro sentido a través de este método se analizaron desde el punto de vista cualitativo las filmaciones obtenidas en el terreno. Por lo cual fue necesario sistematizar dichas observaciones, mediante la reiteración de las mismas.

Lo anterior fue debido a un necesario proceso de retroalimentación entre el investigador y el colectivo técnico de entrenadores de los atletas estudiados. Esto propició que en la medida que se obtenían resultados parciales en la investigación, los mismos se discutieran con los entrenadores.

Dichos debates generaron nuevos puntos de vista, para enriquecer las observaciones realizadas con posterioridad, durante todo el transcurso de la investigación.

Con el fin de llevar a cabo este método se elaboró un registro de información, para registrar el valor de las variables a estudiar. Lo cual permite analizar y comparar los valores obtenidos.

Otro aspecto importante a destacar en nuestro trabajo es la utilización de un medio auxiliar de observación, el cual lo constituyó la filmación. Para garantizar la calidad de este importante proceso se siguió en siguiente procedimiento:

Objetivo de la filmación: Observar la ejecución de la salida de atletismo en natación, desde la posición preparatoria hasta que el cuerpo entre completamente al agua.

Recursos tecnológicos:

- Cámara digital sony DCR-SR85 HYBRID
- Trípode con nivel.

Pasos para la filmación:

- Marque los puntos anatómicos sobre el atleta. Consistió en marcar sobre la fisonomía del atleta utilizando marcadores, cada uno de los orientadores anatómicos de interés para el estudio.
- Colocación de la cámara perpendicular al suelo en el plano sagital, a una distancia donde fuera posible que la mayoría de los segmentos del cuerpo del atleta implicados en la tarea motora, se encontraran en el centro de la filmación. Para esto se hizo coincidir el nivel del trípode con el de la cámara.
- Definición de la referencia en función del ejercicio a analizar. En este sentido se redujo el campo visual mediante un ajuste de la referencia vertical y horizontal = 2 m. Se colocó la referencia justo en el medio de la distancia a recorrer por el atleta.
- Rectificación de la filmación realizada. Para esto se determinó la coincidencia entre la medición de un segmento del atleta antes de la filmación, con el cálculo realizado por el software de ese mismo segmento.

Posteriormente a la video-grabación, las imágenes fueron observadas detenidamente para la realización del análisis cualitativo, con la participación de los expertos en biomecánica y colectivo técnico de entrenadores, utilizando la técnica de la observación directa e indirecta.

- **Medición**

Brindó la posibilidad de expresar mediante números las características biocinemáticas en estudio. Fue empleada tanto en la primera como la segunda etapa de investigación para la caracterización cuantitativa del comportamiento biomecánico de las características cinemáticas, que se manifiestan durante la ejecución de la salida.

En este sentido las filmaciones obtenidas del entrenamiento necesitaron ser procesadas para su posterior utilización. Esta tarea se hace necesaria ya que el programa de análisis de movimientos Hu-ma-an utilizado para la cuantificación de las variables, establece condiciones estrictas para los videos que se cargarán en el mismo.

En función de esto se utilizó el software editor de video TMPGE para Windows xp en su versión portable. Introducida la filmación en el software se procedió a editar el segmento de video necesario para el estudio.

Esta acción fue de vital importancia ya que posibilita el trabajo con los cuadros de filmación necesarios, lo cual evita desviar la atención hacia aspectos que no son tema de la investigación.

La racionalización de los cuadros con los que se realizará la el análisis cinemático de las variables, es necesario por estar limitada a 500 cuadros los que pueden ser cargados en un archivo de video para el trabajo con el software Hu-ma-an.

Otro aspecto importante es darle un formato al archivo de video, el cual debe ser .avi para ser admitido en el analizador de movimientos. Por otra parte el segmento de video una vez cortado y editado necesitó ser codificado con los cambios realizados durante su edición.

Una vez editada la filmación para introducir los datos en el software Hu-ma-an se utilizó el siguiente procedimiento:

- Elaboración del Modelo Espacial: se definieron los señaladores biomecánicos de interés para la investigación. Estos sumaron un total de 15 puntos. Entre estos se encuentran:

Centro de gravedad de la cabeza, hombro, codos, muñecas, cadera, rodillas, tobillos, punta de los pies y talones.

- Despliegue del modelo elaborado: para esto fue necesario introducir la secuencia en que serían conectados los puntos definidos en el modelo. Estos deben ser relacionados en orden de proximal a distal, para un correcto despliegue del modelo y evitar errores en la cuantificación de las variables. En este sentido se procedió de la siguiente manera:

El centro de gravedad de la cabeza se dejó aislado, ya que el segmento cuello no sería estudiado.

Para relacionar los miembros superiores se conectaron los puntos hombro, codo y muñeca en este orden en cada miembro. Los miembros entre si no se conectan y se exponen separados, aunque el punto hombro es común para los dos.

El tronco se definió desde el centro de la línea que une los hombros-cintura escápulo humeral- hasta el centro de la línea que une las caderas-cintura pélvica) y es el único caso en que se toma como primer punto el distal y como segundo punto el proximal. Esto se debe a la interpretación de los diseñadores del software acerca de cómo definir dicho segmento.

Los miembros inferiores se relacionaron al igual que los superiores, separados uno del otro aunque conectados por la cadera, para esto se conectaron los puntos cadera, rodilla, tobillo, punta del pie, talón y tobillo nuevamente para cerrar la cadena.

- Definición de los ángulos relativos conformados por los segmentos del cuerpo y las relaciones articulares. Fue necesario definir dichos ángulos de tal forma que los movimientos de rotación quedaran registrados en sentido anti horario. Esto permite organizar la cuantificación de las variables al definirse un criterio en función del sentido del movimiento.

Los ángulos relativos definidos fueron los siguientes:

Ángulo	Vértice del 1er segmento	Segmento distal del 1er segmento	Vértice del 2do segmento	Segmento distal del 2do segmento
--------	--------------------------	----------------------------------	--------------------------	----------------------------------

Cadera	Cadera	Rodilla	Cadera	Hombro
Rodilla D	Rodilla D	Tobillo D	Rodilla D	Cadera
Rodilla I	Rodilla I	Tobillo I	Rodilla I	Cadera
Tobillo D	Tobillo D	P. Pie D	Tobillo D	Rodilla D
Tobillo I	Tobillo I	P. Pie I	Tobillo I	Rodilla I
Codo D	Codo D	Muñeca D	Codo D	Hombro
Codo I	Codo I	Muñeca I	Codo I	Hombro
Hombro D	Hombro D	Cadera	Hombro D	Codo D
Hombro I	Hombro I	Cadera	Hombro I	Codo I

- Definición de los segmentos y ángulos absolutos de interés para el análisis biomecánico cinemático: se definieron desde el punto proximal hasta el distal de cada segmento, a la vez que se introdujeron los datos del peso y radio de cada segmento.
- Determinación del sistema de modelos: se determinaron los modelos que serían objeto de estudio, esta información permitió determinar, tanto los centros de gravedad del cuerpo de la atleta como de los miembros de interés para el estudio. De esta forma se seleccionaron 6 sistemas; entre estos se encuentran, el cuerpo en su totalidad, los miembros inferiores, los miembros superiores y el tronco.
- Introducción de información acerca del sujeto: se introduce la orientación del sujeto hacia la derecha o izquierda, los puntos críticos del movimiento así como la ubicación de la línea horizontal sobre la que se realizan los movimientos.
- Definición de la secuencia del movimiento: se define del archivo de video cargado, el segmento de imagen en que se realiza el movimiento de interés para el análisis. Este paso es importante en aras de evitar un desgaste innecesario en la digitalización de secuencias de imágenes que no arrojen información necesaria.
- Determinación de la escala de conversión de unidades graficas a reales: se introducen el valor real de la escala utilizada así como el aspecto y la referencia horizontal. Este paso es de vital importancia para obtener valores reales a partir del análisis de la filmación.
- Digitalización de los puntos que conforman el modelo: se digitalizaron sobre la filmación cuadro a cuadro los 15 puntos que conformaron el modelo previamente elaborado.
- Cálculo de las variables: se calcularon las variables definidas para el estudio.

Técnica de vidoografía

Esta técnica permitió reforzar el método de la medición ya que permitió efectuar el análisis en dos dimensiones de las ejecuciones de la salida en la atleta estudiada, a partir de la filmación de esta con una cámara de vídeo.

Al ser proyectado el vídeo, imagen por imagen, y sometido a las posibilidades que brinda el software de análisis de movimiento humano Hu-ma-an, se pudieron obtener los valores de las características biocinemáticas de los movimientos seleccionadas previamente.

• Triangulación

Esta es una de las técnicas más características de la metodología cualitativa. Su principio básico consiste en recoger y analizar datos desde distintos ángulos a fin de contrastarlos e interpretarlos. Esta confrontación puede hacerse extensiva a datos, investigadores, teorías, métodos, originando diferentes tipos de triangulación (Cohen y Manion, 1985 y Pourtois y Desmet, 1988).

En nuestro caso utilizamos:

1. La triangulación de fuentes: Mediante ella se trata de comprobar si las informaciones aportadas por una fuente son confirmadas por otra, para esto se contrastaron los resultados de la aplicación de un método cualitativo, la observación científica, con los resultados de la aplicación de otro cuantitativo, la medición. El empleo de esta estrategia metodológica, permitió estudiar desde diversas perspectivas nuestro objeto de estudio, lo cual permitió que las flaquezas de un método fueran superadas con las fortalezas del otro y viceversa.
2. Triangulación interna: Incluye la contrastación entre investigadores, observadores y/o actores. Permite detectar las coincidencias y las divergencias entre las informaciones obtenidas. Esta variante, jugó un papel fundamental durante el análisis cualitativo realizado de las ejecuciones técnicas, en conjunto con el colectivo técnico de entrenadores del equipo en cuestión.

Descripción de las características biocinemáticas presentes en la ejecución de la salida de atletismo en nadadores.

Con objeto de describir las características biocinemáticas presentes en la ejecución de la salida de atletismo en nadadores, se tomó como referencia la metodología propuesta por Ferro y Floria (2007) para el análisis de ejecuciones técnicas.

La utilización de dicha metodología por encima de otras también establecidas, se debe a las posibilidades que brinda la misma al constituir una estructura ordenada en forma de tabla o cuadro, lo cual facilita su utilización.

Dicha estructura alberga indicadores de efectividad, tanto cualitativos como cuantitativos.

Para la creación de dicho cuadro los autores proponen los siguientes pasos:

1. Recopilar la información relevante del movimiento técnico.
2. Fijar el objetivo final del movimiento.
3. Dividir el movimiento en fases.
4. Fijar los criterios de efectividad biomecánica de cada fase.
5. Identificar los aspectos técnicos utilizados por los entrenadores para enseñar la técnica y mejorarla.
6. Identificar y definir las variables biomecánicas que están relacionadas con dichos aspectos técnicos.

Con el fin de identificar y definir las variables biomecánicas que están relacionadas con dichos aspectos técnicos, a partir de los propósitos mecánicos de cada fase se identificaron los principios biomecánicos con mayor implicación durante la ejecución del movimiento técnico y de este análisis se definieron a su vez las características biocinemáticas que se manifiestan durante el logro del propósito mecánico de cada fase.

- Inicial: lograr la máxima reacción con el bloque de salida. El principio de acción y reacción tiene gran implicación pues es precisamente en esta fase donde el atleta reacciona con el bloque, tanto con las manos realizando tracción al borde del carril hacia

abajo y atrás, como con las piernas mediante un empuje al carril hacia atrás y hacia abajo.

En este sentido, estas dos acciones motoras deben realizarse al unísono, para lograr una reacción única con el carril de arrancada, que posibilite realizar con éxito la tarea motora referida a obtener la ventaja en la salida con respecto a los demás competidores.

En esta fase por ser preparatoria para la que le se sucede y consistir en una posición estática, las características que tienen mayor implicación en la misma son las espaciales Tellez y Doolittle (1984); Richburg (1990):

- Ángulo relativo cadera.
 - Ángulo relativo de las articulaciones femurotibiorotulianas.
 - Ángulo relativo en las articulaciones húmerocubitales.
 - Distancia de la proyección del centro de gravedad del cuerpo hasta la línea de salida.
- Principal: alcanzar la máxima velocidad inicial. En esta fase el principio del curso óptimo de aceleración cobra gran importancia, ya que en la misma se realiza un movimiento en el que la trayectoria de aceleración debe ser óptima para aprovechar los niveles de fuerza del atleta.

A su vez el principio de acción y reacción también se pone de manifiesto ya que el movimiento al frente arriba que describe el centro de gravedad del cuerpo en el despegue se logra gracias a la fuerza ejercida por el atleta sobre la superficie del carril.

Características a tener en cuenta:

Espaciales

- Ángulo de salida del centro de gravedad
- Ángulo en las articulaciones femurotibiorotulianas.
- Ángulo relativo cadera.
- Ángulo relativo en las articulaciones escapulohumerales.
- Ángulo relativo de las articulaciones tibioperoneastragalina.

Temporales

- Tiempo de empuje.

Espacio-temporales

- Velocidad horizontal del centro de gravedad del cuerpo
- Velocidad angular del tronco
- Velocidad angular de los segmentos muslos
- Velocidad angular de los segmentos piernas
- Velocidad angular de los segmentos brazos.

Final: adoptar una posición del cuerpo que garantice la correcta entrada al agua.

El principio de acción y reacción se relaciona con esta fase, ya que la postura que adopte el atleta durante el vuelo, influye en la distancia horizontal que este pueda alcanzar. Por otro lado la correcta postura durante la entrada al agua, facilita la ejecución de la próxima fase correspondiente al deslizamiento.

Características a tener en cuenta:

Espaciales

- Ángulo en las articulaciones femurotibiorotulianas.
- Ángulo relativo cadera.
- Ángulo relativo en las articulaciones escapulohumerales.
- Ángulo relativo de las articulaciones tibioperoneastragalina.

Temporales

- Tiempo de vuelo

Espacio-temporales

- Velocidad horizontal del centro de gravedad del cuerpo

Análisis de los resultados de la investigación.

En este acápite se muestran sobre la base de los métodos y técnicas aplicados durante el curso de la investigación, los resultados obtenidos a partir del estudio de las variables tomadas en consideración para la propuesta de correcciones biocinemáticas para

mejorar el coeficiente de reactividad en la ejecución técnica de la arrancada en un nadador juvenil.

A su vez también se reflejan los errores y/o defectos tanto técnicos como biomecánicos, develados mediante la caracterización cualitativa y cuantitativa de la ejecución técnica antes y después de aplicadas las correcciones biocinemáticas.

Resultados de la primera medición:

Análisis cualitativo de la ejecución técnica.

Fase inicial:

En la ejecución de esta fase se observa que la poca flexión del segmento tronco no posibilita al atleta ofrecer resistencia al carril con ambas manos, lo cual viola el principio de fuerza inicial.

La violación de este principio, provoca que el atleta pierda la fuerza elástica que le pudieran ofrecer los músculos que se comportan como antagonistas en el movimiento de agarrar el carril con las manos y desplazar el peso del cuerpo sobre la pierna trasera.

Lo anterior está en estrecha relación con que tanto la pierna adelantada como la atrasada se muestren poco flexionadas, lo cual provoca la elevación de la cadera en la posición adoptada durante esta fase.

Fase principal:

En la ejecución de esta fase se muestra que el atleta no realiza el tirón del carril, a la vez que realiza un movimiento innecesario primero hacia atrás para luego extender los brazos al frente.

Por otra parte la no realización del tirón, provoca que el atleta realice el despegue con poco énfasis en el mismo. Esto provoca que el atleta casi se deje caer del carril, desaprovechando todo el impulso que pudiera adquirir durante el despegue.

De ahí se infiere que la trayectoria de aceleración no sea la óptima para aprovechar los niveles de fuerza del atleta, por lo que no cumple con el principio del curso óptimo de aceleración, ni con el de acción y reacción.

Fase final:

En esta fase se observa cómo el atleta realiza movimientos de pateo durante el vuelo, los cuales son innecesarios, ya que los mismos no propician mayor avance durante el tiempo en que el atleta no está en contacto ni con el carril ni con el agua.

Se observó a su vez que el atleta demora en introducir la cabeza entre los brazos, lo cual no propicia una posición aerodinámica durante el vuelo. En este sentido se muestra una contraposición con el principio de acción y reacción.

Análisis cuantitativo de la ejecución técnica por fases.

Inicial:

En la ejecución de esta fase se observa que la flexión del segmento tronco, representada por el ángulo absoluto de dicho segmento es de 86° . Esto devela una posición casi paralela con la horizontal de dicho segmento, ya que muestra una diferencia de solo 4° con respecto a la misma.

La altura del centro de gravedad del cuerpo es de 0,50m. A lo que se le suma que la distancia de proyección del centro de gravedad del cuerpo al límite del carril, sea de 0,35m. En este sentido la pierna derecha o más adelantada muestra un ángulo de 154° y la izquierda de 101° . Con respecto a la extensión de los brazos, se descubre que el ángulo relativo entre los brazos y el tronco tiene una amplitud de 101° .

Principal:

La velocidad angular relativa de la pierna que realiza el mayor empuje, en el caso de el atleta en cuestión la pierna derecha, muestra una velocidad angular relativa de solo $19^{\circ}/s$ y en el caso de la izquierda $80^{\circ}/s$.

Los valores de las velocidades angulares relativas tanto de la pierna derecha como izquierda tienen directa repercusión en que el tiempo de empuje ascienda a $0,80$ s, lo cual excede en $0,17s$ el valor definido para esta características biomecánica por Silva y Zissu (2006). A la vez que la velocidad del centro de gravedad del cuerpo en el instante de despegue sea de solo $3m/s$, con un alcance en el empuje de $1,83m$.

A lo anterior se le suma que el valor del ángulo de salida del centro de gravedad del cuerpo del atleta, con respecto a la horizontal, muestra un valor de -7° lo cual está fuera del rango propuesto por Lytle (2004), el cual plantea que el valor del ángulo de salida del centro de gravedad para una correcta ejecución debe estar entre 0° y 10° .

Final:

Durante la ejecución de esta fase el atleta está en vuelo $0,37s$, excediendo en 6 centésimas de segundo al valor planteado por Silva y Zissu (2006) para la correcta ejecución de la misma.

La velocidad del centro de gravedad del cuerpo de este atleta en el instante de entrada al agua es de $3m/s$. Lo cual influye en que la entrada al agua la realice con un ángulo de 31° , el cual se encuentra por debajo del planteado por Hubert y Shütz (2005). Estos autores describen para la correcta entrada al agua un ángulo de $33,8^{\circ}$.

El tiempo total de ejecución de la arrancada por el atleta fue de $1,17s$, el cual excede en 23 centésimas de segundo al valor planteado por Silva y Zissu (2006) para la correcta ejecución de esta fase. A su vez la distancia recorrida durante la ejecución técnica es de $2,75m$.

Definición de las correcciones biocinemáticas a partir de los errores en la ejecución técnica de la arrancada.

Inicial:

La ejecución de esta fase deleva un error fundamental que se refiere a la postura del tronco, ya que el atleta mantiene un ángulo relativo entre el segmento tronco y la pierna más adelantada de 41° , dicho error tiene como consecuencia que las puntas de las manos y el carril se separen.

Este error tiene su causa en la relación existente entre las alturas tanto del punto cadera la cual es de 81,29cm, como la del punto hombro con un valor de 80,29cm. Los datos registrados para estas características biocinemáticas influyen directamente en que la posición del segmento tronco es casi paralela a la componente horizontal, ya que la diferencia entre ambas es de solo 1cm.

Esta situación tiene influencia directa en que se pierdan 0,50s en la ejecución de la próxima fase, lo cual provoca limitación en el coeficiente de reactividad ya que el atleta toma mayor tiempo para aplicar su fuerza máxima.

Teniendo en cuenta lo anterior se define como corrección 1: Disminuir la altura del punto hombro.

- Criterio de valoración: Disminuir el ángulo relativo con vértice en la cadera a 0° .

Principal:

Durante la ejecución de esta fase se deleva como uno de los errores el aumento de la trayectoria de la cadera en 17,50cm. Este error tiene su causa en que la posición del cuerpo en le fase inicial no garantiza las condiciones para realizar el empuje.

Esta situación limita el coeficiente de reactividad, ya que los centímetros declarados como perdidos no contribuyen al desplazamiento del atleta sobre el bloque de salida, lo cual constituye a su vez en que la aceleración sea solo 1m/s^2 durante la primera parte del empuje.

De lo anterior se define como corrección 2 disminuir la distancia de la proyección del centro de gravedad del cuerpo al borde del bloque de salida.

- Criterio de valoración disminuir en 10cm la distancia de empuje.

Durante el empuje se observa como el atleta no realiza la hiperextensión de la espalda entre los instantes 0,66s y 1,06s. Esta situación tiene como consecuencia que se limite el empuje con las piernas por acción y reacción.

Lo anterior trae como consecuencia que se limite la velocidad de salida del centro de gravedad del cuerpo a solo 4,01m/s. Lo cual afecta al coeficiente de reactividad ya que la aceleración depende de la variación de la velocidad y la disminución de esta presupone una disminución de la fuerza aplicada.

Teniendo en cuenta lo anterior se define como corrección 3 aumentar el empuje con las piernas.

- Criterio de valoración aumentar la aceleración por encima de 10m/s².

Teniendo en cuenta todo lo anterior el coeficiente de reactividad se ve limitado durante la ejecución técnica de la arrancada, en la fase inicial por la posición del tronco en la fase inicial, así como por el aumento innecesario del espacio de aceleración y la no hiperextensión de la espalda durante el empuje en la fase principal.

La suma de los errores antes mencionados provoca que el coeficiente de reactividad en la ejecución de la arrancada sea de solo 12,5m/s³. Los movimientos realizados en la fase final no fueron tomados en consideración ya que no tienen implicación para el coeficiente de reactividad durante el empuje.

Resultados de la segunda medición:

Análisis cualitativo de la ejecución técnica.

En la segunda medición el atleta estudiado presenta dos defectos técnicos, el primero se refiere a un movimiento de flexión dorsal de la cabeza posibilitada por la musculatura del

cuello, acompañada de una extensión de los miembros superiores, que en los primeros instantes del vuelo se encuentran formando un ángulo de 90° con el segmento tronco en la articulación escapulohumeral. Esta acción viola el principio de acción y reacción ya que no garantiza una posición aerodinámica durante el vuelo que disminuya la resistencia del cuerpo al medio.

El segundo defecto técnico también se contrapone al principio de acción y reacción ya que en la entrada al agua el atleta descuida el punteo con los pies, lo cual le ofrece mayor resistencia al agua durante la entrada hacia dicho medio.

Análisis cuantitativo de la ejecución técnica por fases.

Inicial:

En la ejecución de esta fase se observa que la flexión del segmento tronco, representada por el ángulo absoluto de dicho segmento es de 68° . Esto devela una posición alejada en 22° de la horizontal.

El centro de gravedad del cuerpo muestra una altura de 0,46m, con una distancia de proyección del centro de gravedad del cuerpo al límite del carril 0,13m. A lo que se le suma que la pierna más adelantada muestra un ángulo de 140° y la retrazada de 98° . Con respecto a la extensión de los brazos, se registró que el ángulo relativo entre los brazos y el tronco tiene una amplitud de 102° .

Principal:

La velocidad angular relativa de la pierna que realiza el mayor empuje, en el caso del atleta en cuestión la pierna adelantada, muestra una velocidad angular relativa de solo $83^\circ/s$ y en el caso de la retrasada $167^\circ/s$.

Los valores de las velocidades angulares relativas tanto de la pierna derecha como izquierda tienen directa repercusión en que el tiempo de empuje ascienda a 0,63s, lo cual está por debajo en 0,10s del valor definido para estas características biomecánicas por Silva y Zissu (2006). A la vez que la velocidad del centro de gravedad del cuerpo en el instante de despegue sea de 4,1m/s, con un alcance en el empuje de 1,24m.

A lo anterior se le suma que el valor del ángulo de salida del centro de gravedad del cuerpo del atleta, con respecto a la horizontal, muestra un valor de 5° lo cual está dentro del rango propuesto por Lytle (2004), el cual plantea que el valor del ángulo de salida del centro de gravedad para una correcta ejecución debe estar entre 0° y 10° .

Final:

Durante la ejecución de esta fase el atleta está en vuelo $0,37s$, excediendo en 6 centésimas de segundo al valor planteado por Silva y Zissu (2006) para la correcta ejecución de la misma.

La velocidad del centro de gravedad del cuerpo de este atleta en el instante de entrada al agua es de $4,4m/s$. Lo cual influye en que la entrada al agua la realice con un ángulo de 42° , el cual se encuentra por encima del planteado por Hubert y Shütz (2005). Estos autores describen para la correcta entrada al agua un ángulo de $33,8^{\circ}$.

El tiempo total de ejecución de la arrancada por el atleta fue de $0,9s$, el cual está por debajo en $0,04$ segundos del valor planteado por Silva y Zissu (2006) para la correcta ejecución de esta fase. A su vez la distancia recorrida durante la ejecución técnica es de $2,89m$.

Comparación entre la primera y segunda medición de la ejecución técnica por fases.

Inicial:

Con respecto a las características biocinemáticas que caracterizan la ejecución de esta fase se muestra que el ángulo relativo de los segmentos brazos y tronco con vértice en los codos, tiene una diferencia de solo 1° de una medición a otra.

En el caso del ángulo relativo con vértice en la rodilla de la extremidad inferior adelantada muestra una reducción de 14° de la primera a la segunda medición, así como el ángulo relativo referido con vértice en la rodilla de la pierna retrasada muestra una reducción de 3° .

El análisis de la flexión del tronco mostró que se produjo una disminución del ángulo absoluto de este segmento corporal en 18° . La distancia de la proyección del centro de gravedad al borde se redujo en 22cm y la altura del centro de gravedad en 4cm.

Principal:

En el análisis de la extensión del tronco se muestra como con respecto a la horizontal se aumenta en 12° , el ángulo relativo de la cadera con la pierna adelantada se redujo en 3° , por su parte la velocidad absoluta del segmento tronco asciende en $18^{\circ}/s$.

La extensión de los brazos muestra una disminución 63° en la amplitud de los ángulos relativos conformados por los segmentos brazos y tronco con vértices en el hombro.

Con respecto a la extensión de las piernas se registró un aumento en 18° del ángulo relativo entre el muslo y la pierna de la extremidad inferior más adelantada, a su vez la retrasada manifiesta también un aumento pero en 11° .

El ángulo relativo conformado por el pie y la pierna con vértice en el tobillo de la pierna más adelantada no mostró muchas diferencias al aumentar solo 1° de una medición a la otra, por su parte el ángulo relativo del tobillo en la otra pierna disminuyó en 11° . El movimiento de los segmentos muslos de ambas extremidades inferiores, mostró un aumento de 14° en el ángulo absoluto de dichos segmentos.

La velocidad angular relativa de la pierna adelantada aumenta en $64^{\circ}/s$ de una medición a la otra, a su vez la velocidad angular relativa de la pierna retrasada aumenta también en $87^{\circ}/s$.

En este sentido la velocidad angular absoluta tanto del muslo de la pierna adelantada, como la del correspondiente a la pierna atrasada aumentaron en el primer caso $64^{\circ}/s$ y en segundo caso en $48^{\circ}/s$.

La distancia de empuje desde al bloque de una medición a la otra muestra una disminución en 59cm. Por su parte el tiempo de empuje disminuyó en 0,27s. De esta

forma la velocidad horizontal del centro de gravedad del cuerpo aumenta en 0,6m/s y resultante 1,1m/s.

Final:

El análisis de la extensión de los brazos revela que el ángulo relativo del hombro conformado por el segmento brazo de ambos miembros superiores y el segmento tronco disminuye en 10°.

Con respecto a la extensión del tronco, se muestra cómo el ángulo relativo de la cadera conformado por el segmento tronco y los segmentos muslos de ambas piernas, aumenta en 16° de una medición a la otra.

La extensión de las piernas muestra que el ángulo relativo de ambas rodillas disminuye en 6°.

En otro sentido la distancia de vuelo aumenta en 14cm de una medición a la otra y el tiempo total de la ejecución del movimiento disminuye en 0,27s. Por su parte la velocidad horizontal del centro de gravedad del cuerpo aumenta en 1,2m/s y la resultante disminuye en 0,6.

El ángulo de entrada al agua del centro de gravedad del cuerpo manifiesta un aumento de 11° de una medición a la otra.

Valoración de la viabilidad de las correcciones biocinemáticas para perfeccionar la ejecución técnica de la arrancada.

Se describirán los resultados teniendo en cuenta la influencia de las correcciones biocinemáticas sobre los aspectos técnicos de cada fase, así como en el cumplimiento de los criterios de valoración propuestos para cada fase.

En la fase inicial el criterio de valoración se basaba en disminuir el ángulo relativo entre el tronco y el muslo de la pierna adelantada con vértice en la cadera a 0°. Dicho criterio

de valoración se cumplió parcialmente, ya que aunque el ángulo referido disminuyó en 21° , no se redujo lo necesario para llegar a los 0° .

En este sentido la disminución del ángulo de la cadera hasta 9° , permitió que disminuyera la altura del punto hombro con respecto a la de la cadera, por tal motivo en la segunda medición la diferencia entre ambos puntos ascendió a 28,4cm.

Lo anterior permitió que la distancia entre las puntas de las manos y el bloque de salida se redujera a cero. Esto propicia que exista una mayor reacción entre el nadador y el bloque, de ahí que se cumpla el propósito mecánico de la fase analizada.

En la fase principal uno de los criterios de valoración propuestos consistió en que se redujera la distancia de empuje en 10cm, ya que la posición del cuerpo en la fase inicial provocaba que se realizara un desplazamiento innecesario sobre el carril.

La distancia de empuje en la segunda medición, es solo 1cm más pequeña que el criterio de valoración propuesto. En este sentido la posición del cuerpo en la fase inicial durante la segunda medición permitió que se recorrieran durante la fase de empuje 9cm menos que en la primera medición.

Lo anterior posibilita que el atleta realice en la segunda medición 0,53s menos durante la fase de empuje, con respecto a la primera medición. De aquí inferimos que la reducción del espacio de aceleración no afectó la ejecución del empuje, pues se redujo en mayor medida el tiempo de empuje, con respecto a la distancia de empuje.

Esta situación propició que la velocidad de salida del centro de gravedad del cuerpo en el atleta estudiado con respecto a la horizontal aumentara 0,06m/s, así como que la resultante manifestara 1,1m/s.

El tercer criterio de valoración consistía en aumentar la aceleración del centro de gravedad del cuerpo por encima de 10m/s^2 , para en este sentido mejorar el coeficiente de reactividad que mostró un valor de solo $12,5\text{m/s}^3$.

En este sentido las mejoras en las características biocinemáticas antes mencionadas posibilitaron que la aceleración del centro de gravedad del cuerpo aumentara 9m/s^2 más que el criterio de valoración propuesto, de la primera a la segunda medición, de ahí que el coeficiente de reactividad ascienda a 38m/s^3 , con una mejoría de $25,5\text{m/s}^3$ después de aplicadas las correcciones biocinemáticas.

Conclusiones:

- El ángulo relativo entre el tronco y la pierna más adelantada durante la fase inicial, limitan el espacio de aceleración durante la fase de empuje.
- Se registró un aumento de la distancia de empuje durante la primera medición, debido a la realización de movimientos innecesarios.
- Las correcciones biocinemáticas propuestas propiciaron que mejorara el coeficiente de reactividad de la primera a la segunda medición.

Recomendaciones:

- Realizar estudios con atletas de diferentes niveles deportivos, para lograr establecer características biomecánicas en función a grupos de distintos niveles, categorías y atletas.
- Realizar estudios similares con equipos de alta velocidad que permitan la captura de más de sesenta campos por segundo, que asegure una información más precisa de los movimientos muy rápidos.

Bibliografía

1. [Arellano Colomina](#), Raúl (2009) Coordinación de la brazada submarina y el batido del delfín en la salida y viraje del estilo braza. Localización: [NSW: Natación, saltos/sincro, waterpolo](#), ISSN 1136-0003, [Nº. 4, 2009](#) , pags. 13-17. Consultado el 18 de octubre del 2010.
2. CD ROM para la universalización de la cultura Física.
3. Cullell Estévez, Migdalia, Margarita Arroyo Mendoza y Cecilia González Terry. (2004) La Investigación Científica en la Actividad Física: su Metodología. Ciudad de la Habana, Editorial Deportes.
4. Colectivo de autores. 1998. Kinesiología y Anatomía aplicada a la actividad física. Editorial Paidotribo. España.
5. Del valle Soto, M. y J. Azpeitia. 1999. Biomecánica y Entrenamiento Deportivo. Editorial Pila Teleña. Argentina.
6. Costill, D. L. / Maglischo, E. W. / Richardson, A. B. 1994. Natación, aspectos biológicos y mecánicos. Técnica y entrenamiento. Disponible en Librería Deportiva. Hispano Europea. <http://www.todonatación.com>. Última actualización: 20 de octubre del 2010. Consultado 23 de Octubre de 2010.
7. [Costill](#), [Richardson](#) y Ernest W. Maglischo.1998. Natación. Publicación del COI en castellano.
8. Donskoi,D.D. y V.M. Zatsiorski. 1988. Biomecánica de los ejercicios físicos. Ciudad de la Habana. Editorial Pueblo y Educación. 312 p.
9. Donskoi.D.D. 1982. Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva. Ciudad de la Habana. Editorial Pueblo y Educación. 306 p.
10. Doria de la Terga, E. 2003. El empleo del análisis biomecánico en la práctica deportiva; su estrecha y lógica relación con la técnica deportiva. Primera parte. <http://www.efdeportes.com> (2010)
11. Doria de la Terga, Eugenio Victor. (2006) La consecución de conocimientos técnicos del movimiento y la comprensión de relaciones de la Biomecánica en la natación. Conferencia. I Congreso Internacional de Biomecánica. Venezuela.

12. Duque Muñoz J. A. y N. D. Sequeda Gamboa. "Análisis biomecánico de la salida en la natación carreras". Universidad de Antioquia. Disponible en: <http://www.es.fitness.com>. Consultado el 22 de febrero del 2010.
13. Fernández Prado. J. y S. C. Martínez. 1985. Cuaderno de trabajo de Biomecánica. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana.
14. Ferro Sánchez, A. y P. Floría Martín. 2007. La aplicación de la biomecánica al entrenamiento deportivo mediante los análisis cualitativo y cuantitativo. International Journal of Sport Science Volumen III. Año III Pág. 49-80 Nº 7 - Abril – 2007. ISSN: 1885 - 3137
15. FEDERACION INTERNACIONAL DE NATACION. (FINA) Reglas de Natación 2005 – 2009. Disponible en: <http://todonatación.com>. Consultado 18 de octubre del 2010.
16. Flores, María Rosa y González, G. 2010. Mecánica de la brazada del nado crol en triatletas venezolanos. Revista Biomecánica del ejercicio y los deportes. Año 7. Vol. 1. Nº 2. Enero - abril, 2010. Mérida. Venezuela. ULA. Pág. 26 – 30. ISSN 1317 - 9925
17. Fucci S. Benigni M. y V. Fornasari. 1998. Biomecánica del aparato locomotor aplicada al acondicionamiento muscular. Tercera edición. Editorial Harcourt Brace de España. S.A. Madrid.
18. Fuente Caynzos, Blanca de la. 2002. Desarrollo de un sistema automatizado para la evaluación y el entrenamiento de las salidas en natación; aplicación en deportistas de diferente nivel. Facultad de ciencias de la actividad física y el deporte. Universidad de Granada.
19. Fuentes Ferrer, B. 2006. Por más de un siglo de actuaciones. Editorial Deporte. Ciudad de la Habana.
20. García, Joel. (2006) Nadar y nadar en Cuba. Somos Jóvenes Digital. Sasa editora Abril. Cuba.
21. González Romo, María Elvira. (España) Efectos del agarre en la salida de natación en pruebas de velocidad. <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 14 - Nº 141 - Febrero de 2010. Consultado el 18 de octubre del 2010
22. Gordon, D. y E. Robertson. 2004. Introduction to Biomechanics for human motion analysis. Second edition. University Ottawa. Canada.

23. Groser, Hermann, Tosker, Zinti (1991) El movimiento deportivo: bases anatómicas y biomecánicas. Deportes Técnica. Ediciones Martínez Roca. S.A.
24. Hay, James G. The Biomechanics of Sports Techniques. University Iova. Cap 15: swimming.
25. Hay, James G. y J. Gavin Reid. 1988. Anatomía, Mecánica y Movimiento Humano.
26. Hernández Castro, René. 2007. Natación para todos. Impreso en el Perú. Disponible en: web: www.nataciononline.com consultado el 23 de febrero del 2010.
27. Hernández Corvo, R. 1984. Morfología funcional deportiva. Sistema locomotor. Editorial Científico Técnica. Ciudad de la Habana.
28. Hochmuth, G. 1973. Biomecánica de los movimientos deportivos. Madrid. Editorial Ciencia y Deporte. 222 p.
29. <http://vallejojames.googlepages.com/Medicionesantropometricas.doc>
30. Instrucciones adicionales para el manejo del sistema. (Hu-m-an) (s/f) Presentación en Power point. Facultad de Cultura Física de Matanzas.
31. Knudson Duane. 2007. Fundamentals of Biomechanics. Second Edition. Department of Kinesiology. California State University at Chico.
32. Labrada, J. (2008) La técnica deportiva: Modelación. Presentación en Power point. Facultad de Cultura Física de Ciego de Ávila.
33. Levitskeii, N. G. Y otros. (1991) Capítulo IX: los saltos. En Atletismo de Ozolin, N.G. y D.P. Markov. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana.
34. Maglischo, E. 1992. Nadar más rápido. Tratado completo de natación. Barcelona, España: Hispano Europea. SA
35. Martínez Fernández, S. C. 2007. El Sistema Biomecánico. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos34/sistema-biomecanico>. Consultado el 16 de junio del 2010.
36. Martínez Fernández, Sixto C. (2006) Captura y edición de videos. Presentación en Power point. Facultad de Cultura Física de Villa Clara. Curso especializado de Biomecánica. Junio 2006
37. [Mazza](#), J C. 2001. Mediciones antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizada según parámetros internacionales.
38. Microsof Encarta (2006).

39. Miralles Marrero, R. 2000. Biomecánica clínica del aparato locomotor. Masson S.A. Barcelona.
40. Molina Briñez, José G. 2003. Análisis Biomecánico de la salida con agarre en el taco en el estilo libre de natación. Memoria de grado para optar por el título de Licenciado en Educación, mención educación Física. Mérida. Venezuela.
41. Nordín M. y V. Frankel. 2001. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. Gea consultoría Editorial, S.L.L
42. Llana Belloch, Salvador. El análisis biomecánico en natación. Disponible en <http://www.notinot.com.es>. Sitio www.biomec-ula.org. Consultado el 21 de octubre del 2010.
43. Ozolin, N.G. y D.P. Markov. 1991. Sistema contemporáneo de entrenamiento deportivo. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana.
44. Plagenhoef, Stanley. 1971. Patterns of human motion a cinematography analysis. University of Massachusetts. New Jersey.
45. Polanco, Alberto. Natación. Disponible en <http://www.monografias.com> Consultado el 16 de junio del 2010.
46. Ramírez Fardo, [Emerson](#). Las características morfofuncionales de los nadadores. Localización: [NSW: Natación, saltos/sincro, waterpolo](#), ISSN 1136-0003, [Nº. 2, 2010](#), págs. 9-17. Consultado el 18 de octubre del 2010.
47. Reischle, Klaus. 1993. Biomecánica de la Natación. Gymnos. Editorial. España.
48. Reischle, Klaus. Biomecánica de la Natación, en <http://www.sportlife.es> consultado el 22 de febrero del 2006.
49. Sánchez del Risco, Salomé Elena y Joyce Oscar Osorio Gutiérrez Ejercicios para la arrancada en las diferentes técnicas de nado. Disponible en <http://www.efdeportes.com/efd116/ejercicios->
50. Silva Fernández, Carmen E. y Mihai Zissu. (2006) Modelo Biomecánico: Salida de agarre en natación. Presentado en el segundo taller de validación de modelos Biomecánicos.
51. Strnad, Raúl. Arrancadas. Material digital. ppt. Sf. Argentina
52. Trujillo Ávila, M. L. 2004. Actualidad y perspectiva de la Biomecánica deportiva. ISCFMF, Ciudad de la Habana.

53. Villarroya Aparicio, A. 1996. Metodología en el análisis del gesto deportivo. <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/5625/1/article7.pdf> Revista.
54. Biomecánica, IV, 7 (117-121) España. Consultado el 23 de octubre del 2010.
55. Wikipedia la enciclopedia libre. Natación. Consultada el 15 de junio del 2010.
56. Zatsiorski, V. (1988) Biomecánica de los ejercicios físicos. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad Habana. Cuba.
57. Zatsiorski. V.M. 1991. Metrología Deportiva. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana.
58. Zaldívar Ochoa, Ibrahin. (2002) La selección de talentos en la natación. Material digitalizado.
59. SA. Historia moderna de la natación. Disponible en <http://www.monografias.com> Consultado el 16 de junio del 2010.
60. SA. Estilos de la natación. Disponible en <http://www.monografias.com> Consultado el 16 de junio del 2010.