



Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte

Facultad Villa Clara.

*Correcciones biocinemáticas para la ejecución técnica de la
arrancada en nadadores escolares de 8-10 años del Semi-
internado “Orestes de la Torre Morgado”.*

*Tesis en opción al título de Licenciado en
Cultura Física.*

Autora: Greilyn Batule Herrera.

Tutores: MSc. Alexander de la Celda Brovkina.

MSc. Lillien Espino Morales.

Santa Clara

2012



PENSAMIENTO

"La actividad física del deporte es necesaria para el país (...)El deporte es fuente de voluntad, constancia, vigor físico y agilidad mental".



AGRADECIMIENTOS

La vida es un reto, que todo persona debemos valorar, meditar, y proyectarse hacia el futuro, el agradecimiento es señal de afecto con uno mismo y hacia otras personas maravillosas:

- A mi Tutores: Msc. Msc Lillien Espino Morales y Alexander de la Celda Brovkina: por su respeto, por su amistad y por ser guía en mi investigación.
- A mis padres, hermano y esposo.
- Muy especial, a todos mis compañeros, amigos y amistades que de una forma u otra hicieron posible que se realizara este sueño.
- A todas las personas que colaboraron para el logro de este sueño



DEDICATORIA

- A mis tutores Lillien Espino Morales y Alexander de la Celda Brovkina, quienes me brindaron ayuda con sus valiosos conocimientos.
- A mi familia especialmente a mis padres que me brindaron todo el amor y el apoyo del mundo.
- A mis compañeras y compañeros de toda la carrera.
- A mi esposo quien he tenido siempre a mi lado para transmitirme confianza.
- A quienes debo mis progresos en la vida personal, estudiantil y social; a la Revolución, a nuestro invicto Fidel Castro.

¡Muchas gracias!

Resumen

La biomecánica deportiva juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz, puesto que puede ayudar a comprenderla y mejorar su enseñanza y su entrenamiento, una de las áreas de conocimiento científico que ha ido ganando espacio e importancia en el deporte, Teniendo en cuenta la significación que tiene la misma para el perfeccionamiento de las ejecuciones técnicas, las ventajas de la correcta ejecución de la salida para los nadadores y nadadoras, así como las pocas posibilidades que tienen los entrenadores de registrar el comportamiento biomecánico cinemático de dicha ejecución técnica deviene la existencia de deficiencias técnicas en la ejecución de la arrancada en nadadores escolares del Semi-internado "Orestes de la Torre Morgado" del municipio Santa Clara, por lo que se requiere de la definición de correcciones biocinemáticas que contribuyan a la corrección de la ejecución técnica de la arrancada en nadadores escolares. El trabajo se realizó con una población de 8 atletas. Los métodos empleados fueron la observación, la medición y el pre - experimento. Los resultados obtenidos arrojaron incorrecta posición de las piernas en la fase de vuelo, producto de la anticipación de una de las piernas trayendo como consecuencia la entrada plana al agua.

Índice

Introducción	1
Capítulo1: Marco Teórico Referencial	
1.1- Consideraciones teóricas metodológicas para el análisis biomecánico de la arrancada en nadadores.....	8
1.2- Mecanismo de empuje desde el apoyo en la fase fundamental de la arrancada en natación.....	15
1.3- Características cinemáticas de los movimientos en el análisis de la arrancada en nadadores.....	18
Capítulo 2: Marco Metodológico de la investigación.	
2.1- Metodología empleada.....	20
2.2- Métodos y Técnicas.....	21
Capitulo 3: Análisis de los resultados	34
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Bibliografía	50
Anexos	52

Introducción:

El avance logrado por la Natación en los últimos años hace que se catalogue como la modalidad deportiva que más progreso ha alcanzado últimamente, por la cantidad de récords mundiales implantados.

Ello ha sido el fruto de un gran apoyo científico y metodológico por parte de los entrenadores, médicos, fisiólogos, bioquímicos, biomecánicos y psicólogos entre otros, buscando cada día algo nuevo que conlleve al éxito deseado.

En la última década la arrancada ha tomado una parte muy importante en la natación, sobre todo en los eventos de velocidad y medio fondo, ya que mientras más corta sea la distancia de nado mayor será la importancia que juega la arrancada en el resultado de la misma, combinada con las diferentes partes del evento, como la fluidez del nado, sus vueltas y llegadas.

El evento más característico en que se pone de manifiesto la importancia de la arrancada son los 50 metros ya que al tomar o ganar una cierta ventaja en esta se termina con la victoria en la mayoría de los eventos de esta clase.

En los eventos de 100 metros de las diferentes técnicas, 200 metros combinados, 4 por 100 metros libres relevo, combinados; 4 por 200 metros libres y combinados, que son pruebas en que cada integrante nada un máximo de 200 y 100 metros, y son catalogados como eventos de velocidad, la arrancada se hace más importante y su potencia sirve para ganar ventaja.

Estos factores hacen indispensable tener en cuenta la arrancada como parte importante de la estrategia del nado.

De ahí la importancia de la correcta enseñanza y perfeccionamiento ulterior de la arrancada en noveles atletas, ya que las dificultades en la ejecución que no se logren arraigar en las primeras etapas de la carrera deportiva de un atleta, serán muy difícil de mitigar con el paso de los años.

Un ejemplo de esto lo constituye la ejecución de la arrancada por el mejor nadador de distancias cortas que ha pasado por la natación cubana “Hanser García”, quien ha logrado ubicarse entre los 12 mejores del 2011 en los 100 m libres, sin embargo una mejor ejecución de arrancada le permitiría realizar mejores cronos.

Esta realidad se refleja también en nadadores en formación de la provincia de Villa Clara, ya que en informes de visitas nacionales, regionales, provinciales y municipales, quedan plasmadas las dificultades en la ejecución de la arrancada por los atletas.

La biomecánica deportiva juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento (Bartlett, 1997).

En este sentido, Jaramillo (1999) señala que una de las áreas de conocimiento científico que ha ido ganando espacio e importancia en el deporte es la Biomecánica, haciendo que el rendimiento deportivo alcance niveles insospechados.

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).

El conocimiento de la terminología, de las bases y de los principios biomecánicos por parte de los entrenadores resulta fundamental para el control del entrenamiento, la mejora de la técnica deportiva y del rendimiento.

Teniendo en cuenta la importancia del papel de la biomecánica deportiva para el perfeccionamiento de las ejecuciones técnicas, las ventajas de la correcta ejecución de la salida para los nadadores y nadadoras que compiten en eventos de velocidad, así como las pocas posibilidades que tienen los entrenadores de registrar el comportamiento biomecánico cinemático de dicha ejecución técnica se define la siguiente **situación problémica**:

Existen deficiencias técnicas en la ejecución de la arrancada en nadadores escolares del Semi- internado "Orestes de la Torre Morgado" del municipio Santa Clara.

La misma da origen al siguiente **problema científico**:

¿Cómo contribuir a la de la ejecución técnica de la arrancada en nadadores escolares de 8-10 años del Semi- internado Orestes de La Torre Morgado del municipio de Santa Clara?

Objeto de estudio: proceso de la preparación técnica

Objetivo General

Valorar la optimización de la ejecución técnica de la arrancada en nadadores escolares de 8-10 años del Semi-internado: "Orestes de la Torre Morgado" del municipio de Santa Clara.

Para darle cumplimiento a este problema se plantearon los siguientes **objetivos específicos**:

1. Diagnosticar las deficiencias técnicas en la ejecución de la arrancada en nadadores escolares del Semi-internado: "Orestes de la Torre Morgado" del municipio de Santa Clara.
2. Definir las correcciones biocinemáticas para optimizar la ejecución técnica de la arrancada en nadadores escolares del Semi-internado:"Orestes de la Torre Morgado" del municipio de Santa Clara.

3. Aplicar las correcciones biocinemática para optimizar la ejecución de la técnica de la arrancada en nadadores escolares del Semi-internado: "Orestes de la Torre Morgado" del municipio de Santa Clara.

Los objetivos propuestos nos llevan a plantear la siguiente **Hipótesis Científica**:

Si se aplican las correcciones biomecánicas en la arrancada, entonces se contribuirá a la optimización técnica de la arrancada en nadadores del Semi-internado "Orestes de la Torre Morgado" del municipio Santa Clara.

El trabajo se desarrolló con 8 estudiantes de la categoría 8-10 años del Semi-internado "Orestes de la Torre Morgado" del municipio Santa Clara.

Población: 8 atletas nadadores de la categoría escolar 8-10 años del Semi-internado "Oreste de la Torre Morgado"

Muestra: 2 atletas nadadores de la categoria escolear 8-10 años. La selección de la muestra se realizó intencionalmente atendiendo a los siguientes criterios de inclusión:

- Mejores resultados deportivos.
- Perspectiva inmediata para la EIDE.

Descripción de los sujetos

- Edad:8 años.
- Sexo:Femenino y masculino.

- Peso:48 y 49 Kg.
- Experiencia Deportiva:3 años.

En el proceso de obtención de la información necesaria para desarrollar nuestra investigación se utilizaron los siguientes métodos: la observación, el análisis cualitativo con el entrenador, la medición y la modelación utilizados durante la determinación de los errores presentes durante la ejecución técnica de la arrancada, sus causas y consecuencias.

También se utilizaron dichos métodos durante la valoración de la viabilidad de las correcciones biomecánicas cinemáticas para perfeccionar la ejecución técnica de la arrancada.

La técnica de triangulación por métodos permitió contrastar los resultados obtenidos de la observación con los arrojados por la medición, de esa forma fue posible en la primera etapa de la investigación determinar los errores en la ejecución y sus causas así como sus consecuencias.

Por su parte la modelación permitió obtener los valores de las características biomecánicas cinemáticas en condiciones de laboratorio mediante la utilización del software de análisis de movimiento humano Hu-ma-an.

Línea de investigación .Optimización del proceso de preparación técnica.

Proyecto al que tributa: Proyecto de Biomecánica para los deportes estratégicos

La investigación responde a un estudio descriptivo con propuesta de solución. Lo cual se justifica en el hecho de que al entrenador, a simple vista no le es posible observar ni calcular todas las características biomecánicas que se manifiestan en la ejecución de la arrancada.

De lo anterior se infiere que los entrenadores no cuentan con las herramientas necesarias para obtener información lo suficientemente objetiva, para direccional la preparación de los atletas. Lo cual tratamos de solventar con nuestra investigación.

La memoria escrita de la tesis consta de una introducción en la que se caracteriza la significación de su tema en los momentos actuales, en consecuencia se reconocen los antecedentes investigativos y se presenta el diseño teórico –metodológico de la investigación.

El desarrollo se presentará en 3 capítulos: primer capítulo referido al marco teórico referencial mediante consideraciones teóricas metodológicas para el análisis biomecánico de la arrancada en nadadores, el segundo capítulo relacionado con el marco metodológico de la investigación y el tercero al análisis de los resultados, en consecuencia las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía empleada así como los anexos aplicados con su correspondiente análisis cualitativo y cuantitativo que se presentan en las tablas.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1-Consideraciones teóricas metodológicas para el análisis biomecánico de la arrancada 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 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 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. Maglischo1998).

En el sistema de movimientos los elementos temporales se determinan entre los instantes dados, y 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 cuándo comienzan las fases del movimiento, en qué tiempo transcurren y cuándo 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 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 tres 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, cuándo 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 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 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.

1.2-Mecanismo de empuje desde el apoyo en la fase fundamental de la arrancada 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 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 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, 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 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.

Fases de la ejecución técnica de la arrancada 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.

1.3-Características cinemáticas de los movimientos en el análisis de la arrancada en nadadores.

Las características biomecánicas cinemáticas que se manifiestan en la ejecución de la salida 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. Maglisco.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.

Capitulo 2: Marco metodológico de la investigación.

2.1-Metodología empleada.

Nuestra investigación se desarrolló con dos atletas de la categoría escolar

Los mismos desarrollan su preparación en la piscina del combinado deportivo “Mártires de Barbados” localizado en la provincia Villa Clara en el municipio Santa Clara. El horario en que se entrenan corresponde al de 11: 00 am a 1:00 pm, de lunes a viernes generalmente.

En este sentido tanto el horario de entrenamiento, la duración de las sesiones de entrenamiento así como la frecuencia semanal, varían en función de las condiciones ambientales y materiales con que cuentan para desarrollar la preparación.

Se incluyó a su vez para la investigación al entrenador de los atletas antes mencionados. 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 segunda etapa contribuyó a identificar los criterios para la optimización de la técnica.

Etapas de la investigación.

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

Primera etapa: Diagnóstico de los errores causas y consecuencias en la ejecución técnica. Esta etapa se llevó a cabo durante la primera semana del mes de Noviembre del 2011.

En esta etapa de la investigación se realizó una caracterización cualitativa de la ejecución con el fin de establecer la relación sistémica estructural que se establece entre los movimientos realizados por los atletas estudiados.

Segunda etapa: En esta etapa se caracterizó cuantitativamente la ejecución de cada atleta, lo cual dio paso a la definición de los criterios para la optimización de la ejecución técnica de cada atleta.

- Esta etapa se llevó a cabo durante la tercera semana del mes de Abril del 2012.

2.2-Métodos y Técnicas.

- **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 biomecánicas cinemáticas 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 (ver anexo 1) 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.

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 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 igual 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. Se utilizó fundamentalmente en 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 Tracker 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 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 Tracker.

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 se utilizó el siguiente procedimiento:

- Elaboración del Modelo Espacial: se definieron los señaldadores 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 videografía:

Esta técnica permitió reforzar el método de la medición ya que posibilitó 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.

Esta técnica se utilizó en la primera etapa en función de determinar los errores presentes en la ejecución técnica y en la segunda con el fin de definir los requisitos biomecánicos que deben cumplir los ejercicios físicos para optimizar la ejecución técnica.

Al ser proyectado el video, imagen por imagen, y sometido a las posibilidades que brinda el software Tracker, 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 por método: Mediante ella se comprobó si la información aportada por la observación de la ejecución técnica de la salida en los

nadadores estudiados, se confirmaba a través de la medición realizada a dicha ejecución técnica mediante la utilización del software de análisis de movimiento humano Hu-ma-an.

Esta estrategia metodológica permitió determinar los errores presentes durante la ejecución técnica de la salida, sus causas y consecuencias en la primera etapa de la investigación. A su vez en la segunda etapa permitió definir los requisitos biomecánicos para optimizar la técnica de la arrancada.

2. Triangulación interna: Se contrasta la información entre el investigador y entrenador para detectar las coincidencias y las divergencias entre las informaciones obtenidas. Esta variante, jugó un papel fundamental durante la primera etapa de la investigación en función de determinar los errores presentes durante la ejecución técnica de la salida, sus causas y consecuencias.

3. Modelación.

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 permitió determinar en la primera etapa, 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. Esto facilitó la definición de los requisitos biomecánicos que deben cumplir los ejercicios físicos, para optimizar para la ejecución de la arrancada en nadadores escolares.

Pre-experimento: Se desarrolla en dos etapas

1ra: Se desarrolló del 4 al 6 de Noviembre del 2011

Métodos aplicados:

- Observación:
 - Estructurada ya que se elaboró una planificación de la misma para organizarla de forma tal que facilitara la aplicación de este.
 - De campo ya que los atletas fueron observados en el propio medio donde se desenvuelven en un estado natural por estar en contacto directo con el objeto de estudio en su situación real.
 - Carácter externa, o no incluida. al encontrarse el investigador fuera del objeto de estudio y observar desde afuera los procesos que allí tienen lugar sin intervenir en su curso.

- Técnica auxiliar de observación, la filmación para observar la ejecución de la salida en natación, desde la posición preparatoria hasta que el cuerpo entre completamente al agua.
- Medición: Se utilizó para la caracterización cuantitativa del comportamiento biomecánico de las características cinemáticas, que se manifiestan durante la ejecución de la salida.
- Triangulación: Para recoger y analizar datos desde distintos ángulos a fin de contrastarlos e interpretarlos.

2da: Se desarrolló el 18 de abril del 2012, Para evaluar en la práctica la viabilidad de las correcciones biomecánicas para el perfeccionamiento técnico de la ejecución de la arrancada en la natación.

Temporalización: La intervención tuvo una duración de cinco meses y comprendió el período establecido entre el mes de Noviembre (2011) hasta Abril del (2012).

Variables operacionales: La variable dependiente del pre-experimento es la arrancada y la variable independiente son las correcciones biocinemáticas.

Capitulo 3: Análisis de los resultados

Atleta # 6.

Análisis cualitativo de la ejecución:

El análisis se realizó teniendo en cuenta las fases de la ejecución hasta el instante antes de entrar al agua o realizar el deslizamiento, se tuvo en cuenta para el mismo la evaluación cualitativa realizada por el entrenador, acerca de la ejecución de la arrancada por sus atletas.

Posición inicial:

En esta fase no se encontraron dificultades en su ejecución.

Fase principal: Despegue o fase de empuje sobre el carril.

Durante la ejecución por este atleta se detectaron diferentes irregularidades en los movimientos realizados por el atleta en cuestión, primero que todo se observó un movimiento incorrecto de los brazos, debido a que los mismos realizan una retroversión innecesaria, luego una adducción con anterversión para lograr la extensión al frente de los mismos.

Este error provoca una pérdida de tiempo en la acción de llevar los brazos al frente lo cual se convierte en una posible causa para que el vector velocidad máxima del centro de gravedad del cuerpo del atleta no alcance su magnitud máxima ni su correcta orientación.

Con respecto al movimiento de las piernas se observó que las mismas no realizan una completa extensión ya que las mismas quedan flexionadas en el último instante de la fase de empuje.

Otra de las dificultades que se manifiestan en la ejecución de este atleta consiste en que no realiza empuje paralelo con las extremidades inferiores. Este error se detectó durante la observación de la salida anticipada de una de las piernas del atleta.

Estas inconsistencias con el modelo teórico de la ejecución tienen una influencia directa en que no se cumpla el propósito mecánico de esta fase y como consecuencia se afecta tanto el tiempo como la distancia recorrida durante esta fase.

Vuelo

En el análisis de esta fase se detectó que el atleta no mantiene los brazos extendidos al frente, y la cabeza no se encuentre entre los mismos. Esta posición incorrecta atenta con que el atleta realice una correcta entrada al agua.

La observación del movimiento de las piernas arrojó que las mismas se encuentran flexionadas en los primeros instantes de esta fase, a su vez la pierna derecha realiza un movimiento innecesario de anteversión del muslo con flexión de la pierna.

Las irregularidades comentadas anteriormente conllevan a que la entrada al agua se realice paralela a la componente horizontal del movimiento. Lo cual a su vez provoca que se vea comprometida la correcta ejecución de la siguiente fase de deslizamiento.

Teniendo en cuenta todo lo anterior podemos establecer la relación causa efecto en la ejecución del atleta analizado. El error en la técnica de la arrancada está localizado en la incorrecta posición de las piernas durante la fase de vuelo, lo cual está causado por la salida anticipada de una de las piernas durante la fase de empuje, lo cual tiene como consecuencia que se realice una entrada al agua plana o paralela a la componente horizontal del movimiento.

Análisis cuantitativo de la ejecución:

El análisis se realizó teniendo en cuenta los resultados obtenidos a través de la medición de las características biomecánicas que se manifiestan en la ejecución de la arrancada realizada por los sujetos estudiados.

Fase inicial:

Teniendo en cuenta que en esta fase las contracciones musculares se encuentran en función de mantener una posición estática, las características biocinemáticas que cobran mayor importancia son las espaciales, de ahí que serán tenidas en cuenta para la descripción cuantitativa de esta fase.

El atleta muestra un ángulo en la articulación del hombro, el cual relaciona los segmentos tronco y brazo de $103,8^\circ$, a su vez el ángulo conformado por el segmento tronco con respecto a la componente horizontal del movimiento tiene un valor de $-11,2^\circ$.

La rodilla alcanza una amplitud de $120,9^\circ$, por su parte el ángulo de la cadera tiene un valor de $35,3^\circ$, por su parte el ángulo del tobillo tiene un amplitud de $91,5^\circ$. Todo esto conlleva a que la altura del centro de gravedad del cuerpo en esta posición tenga un valor de $0,58$ m.

Fase principal.

Características espaciales:

El ángulo del segmento brazo con respecto a la componente horizontal del movimiento tiene un valor de $-31,6^\circ$, el ángulo conformado por el tronco y el brazo con vértice en el hombro muestra una amplitud de $135,5^\circ$.

A su vez el compuesto por el tronco y el muslo derecho con vértice en la cadera tiene una amplitud de $97,1^\circ$, por su parte su homólogo en el otro hemicuerpo alcanza una amplitud de $163,7^\circ$.

El ángulo del tronco con respecto a la componente horizontal del movimiento muestra una amplitud de 16° . Por su parte el ángulo del muslo derecho con respecto a la horizontal $-76,8^\circ$. En el caso de la rodilla izquierda, tiene una amplitud de $147,5^\circ$, la derecha $71,3^\circ$, por su parte el tobillo derecho $74,7^\circ$ y el

izquierdo $106,5^{\circ}$. El ángulo de salida de la velocidad del centro de gravedad del cuerpo $-43,4^{\circ}$ y el de la posición del mismo $14,3^{\circ}$

Todo se corresponde con que la distancia recorrida por el centro de gravedad del cuerpo durante esta fase sea de 0,64 m, la distancia recorrida por las manos de 1,29 m, el punto hombro 1 m y la cadera 0,98 m.

Características temporales:

El tiempo en que el atleta está reaccionando con el bloque de salida es de 1,04 s, a su vez el tiempo de empuje con ambas piernas es de 0,88 s y el que corresponde a la pierna izquierda es de 0,16 s.

Características espacio-temporales:

La velocidad angular relativa alcanzada por los segmentos que convergen en la articulación del hombro es de $37,4^{\circ}/s$. por su parte la velocidad angular relativa del tronco y el muslo derecho con vértice en la cadera alcanza los $63,2^{\circ}/s$ y su homólogo del otro hemicuerpo $129,8^{\circ}/s$

En el caso de la velocidad angular relativa de los ángulos de la rodilla derecha e izquierda, en el primer caso alcanza $-44,95^{\circ}/s$ y en el segundo $31,25^{\circ}/s$. en el caso de las articulaciones de los tobillos el derecho adquiere los $-13,3^{\circ}/s$ y el izquierdo los $18,5^{\circ}/s$.

Con respecto a las velocidades angulares absolutas de los segmentos, se registró que tanto el segmento brazo derecho como el izquierdo alcanzan los 54,16 °/s, por su parte el tronco logra 26,8 °/s.

En este sentido al muslo derecho se le registró -34,4 °/s y al izquierdo -111,7 °/s. continuando con las extremidades inferiores al pie derecho se le registraron 63,4 °/s y al izquierdo 71,1 °/s.

Todo lo anterior contribuye a que la velocidad de salida del centro de gravedad del cuerpo en la componente horizontal del movimiento sea de 2,09 m/s, en la vertical -1,97 m/s y como resultante 2,87 m/s.

Fase final.

Las características biomecánicas de la fase final o de vuelo no se registraron ya que el comportamiento de las mismas está sujeto a los resultados obtenidos en la fase principal.

Requisitos biocinemáticos para optimizar la ejecución de la arrancada.

Teniendo en cuenta la relación causa-efecto en la ejecución del atleta. El error en la técnica de la arrancada está determinado por la incorrecta posición de las piernas durante la fase de vuelo.

Lo cual está ocasionado por la baja velocidad angular tanto relativa como absoluta de las articulaciones de las caderas, rodillas y tobillos, así como la salida anticipada del pie derecho en 0,16 s del bloque de arrancada.

Esto tiene como consecuencia el pobre desplazamiento de los ángulos articulares relativos correspondientes a la cadera, rodilla y tobillos, ya que en ninguno de los casos se alcanzó una amplitud de 170° .

En este sentido se recomienda:

Aumentar a 170° la amplitud de los ángulos relativos de las, rodillas y tobillos, y el de las caderas a 150° .

Aumentar a $163,5^{\circ}/s$ la velocidad angular relativa de los ángulos de las rodillas y tobillos, y la de las caderas a $144^{\circ}/s$.

Aumentar a $21,5^{\circ}$ el ángulo de la posición del centro de gravedad del cuerpo en el último instante de la fase principal.

Aumentar 10 cm la altura de salida del centro de gravedad del cuerpo.

Criterio de rendimiento:

Aumentar en 17 cm la distancia de vuelo.

Coeficiente de reactividad mayor a $8,02 \text{ m/s}^3$.

Atleta # 2.

Análisis cualitativo de la ejecución.

Posición inicial:

En la observación de la ejecución de esta fase por este atleta se detectaron varias irregularidades en la postura adoptada. En este sentido el atleta mantiene una hiperextensión de la cabeza con la vista al frente, lo cual está en estrecha relación con que el segmento tronco lo mantenga separado de los muslos.

Fase principal: Despegue o fase de empuje sobre el carril.

En la ejecución de la fase de empuje sobre el carril por esta atleta se detectaron diferentes irregularidades en los movimientos ejecutados por la misma, observándose primeramente un movimiento incorrecto de los brazos, debido a que los mismos efectúan una retroversión innecesaria, luego una adducción con anterversión para alcanzar la extensión al frente de los mismos.

Este error provoca una pérdida de tiempo en la acción de trasladar los brazos al frente lo cual se convierte en una posible causa para que el vector velocidad máxima del centro de gravedad del cuerpo de la atleta no alcance su magnitud máxima ni su correcta orientación.

Respecto al movimiento de las piernas se observó que las mismas no realizan una completa extensión ya que quedan flexionadas en el último instante de la fase de empuje.

Otra de las dificultades que se manifiestan en la ejecución de esta atleta radica en que no realiza un empuje paralelo con las extremidades inferiores. Este error se detecto durante la observación de la salida anticipada de una de las piernas de la atleta.

Estas inconsistencias con el modelo teórico de la ejecución tienen un influjo directo en que no se cumpla el propósito mecánico de esta fase y como resultado se afecta tanto el tiempo como la distancia recorrida durante esta fase.

Vuelo

Durante el análisis de esta fase se reveló que la atleta no mantiene los brazos extendidos al frente, y la cabeza no se encuentra entre los mismos. Esta posición incorrecta rompe con la realización de una correcta entrada al agua de la atleta. La observación del movimiento de las piernas arrojó que las mismas se encuentran flexionadas en los primeros instantes de esta fase, a su vez la pierna derecha realiza un movimiento innecesario de anteversión del muslo con flexión de la pierna.

Las irregularidades comentadas anteriormente conllevan a que la entrada al agua se efectúe paralela a la componente horizontal del movimiento. Lo cual provoca que se vea comprometido el correcto cumplimiento de la fase de deslizamiento.

Tomando en cuenta todo lo anterior podemos establecer la relación causa-efecto en la ejecución de la atleta analizada. El error en la técnica de la arrancada está determinado por la incorrecta posición de las piernas durante la fase de vuelo, lo cual está ocasionado por la salida anticipada de una de las piernas durante la fase de empuje, lo cual ocasiona que se realice una entrada al agua plana o paralela a la componente horizontal del movimiento.

Análisis cuantitativo de la ejecución:

Fase inicial:

Características espaciales:

El atleta muestra en la articulación del hombro, el cual relaciona los segmentos tronco y brazo un ángulo de $106,5^{\circ}$. A su vez el ángulo conformado por el segmento tronco con respecto a la componente horizontal del movimiento tiene un valor de $-11,3^{\circ}$.

La rodilla alcanza una amplitud de $142,6^{\circ}$, por su parte el ángulo de la cadera tiene un valor de $66,6^{\circ}$, por su parte el ángulo del tobillo tiene un amplitud de $76,2^{\circ}$. Todo esto conlleva a que la altura del centro de gravedad del cuerpo en esta posición tenga un valor de 0,56 m.

Fase principal.

Características espaciales:

El ángulo del segmento brazo con respecto a la componente horizontal del movimiento tiene un valor de $-59,6^{\circ}$, el ángulo conformado por el tronco y el brazo con vértice en el hombro muestra una amplitud de $126,6^{\circ}$.

A su vez el compuesto por el tronco y el muslo derecho con vértice en la cadera tiene una amplitud de $75,5^{\circ}$, por su parte su homólogo en el otro hemicuerpo alcanza una amplitud de $143,5^{\circ}$.

El ángulo del tronco con respecto a la componente horizontal del movimiento muestra una amplitud de $1,9^{\circ}$. Por su parte el ángulo del muslo derecho con respecto a la horizontal $-77,1^{\circ}$. En el caso de la rodilla izquierda, tiene una amplitud de $131,9^{\circ}$, la derecha 98° , por su parte el tobillo derecho $92,7^{\circ}$ y el izquierdo $92,7^{\circ}$. El ángulo de salida de la velocidad del centro de gravedad del cuerpo $-47,5^{\circ}$ y el de la posición del mismo $9,3^{\circ}$

Todo se corresponde con que la distancia recorrida por el centro de gravedad del cuerpo durante esta fase sea de 0,73 m, la distancia recorrida por las manos de 0,76 m, el punto hombro 0,71m y la cadera 0,71 m.

Características temporales:

El tiempo en que el atleta está reaccionando con el bloque de salida es de 0,4 s, a su vez el tiempo de empuje con ambas piernas es de 0,16 s y el que corresponde a la pierna izquierda es de 0,28 s.

Características espacio-temporales:

La velocidad angular relativa alcanzada por los segmentos que convergen en la articulación del hombro es de 50,25 °/s. por su parte la velocidad angular relativa del tronco y el muslo derecho con vértice en la cadera alcanza los 22,3 °/s y su homólogo del otro hemicuerpo 192,3 °/s

En el caso de la velocidad angular relativa de los ángulos de la rodilla derecha e izquierda, en el primer caso alcanza -111,5 °/s y en el segundo -26,75 °/s. en el caso de las articulaciones de los tobillos el derecho adquiere los 41,25 °/s y el izquierdo los 41,25°/s.

Con respecto a las velocidades angulares absolutas de los segmentos, se registró que tanto el segmento brazo derecho como el izquierdo alcanzan los 61,3 °/s, por su parte el tronco logra 33 °/s.

En este sentido al muslo derecho se le registró $-2,25$ °/s y al izquierdo $-184,3$ °/s. continuando con las extremidades inferiores al pie derecho se le registraron $77,8$ °/s y al izquierdo 228 °/s.

Todo lo anterior contribuye a que la velocidad de salida del centro de gravedad del cuerpo en la componente horizontal del movimiento sea de $1,98$ m/s, en la vertical $-2,16$ m/s y como resultante $2,93$ m/s.

Fase final.

Las características biomecánicas de la fase final o de vuelo no se registraron ya que el comportamiento de las mismas está sujeto a los resultados obtenidos en la fase principal.

Requisitos biocinemáticos para optimizar la ejecución de la arrancada.

Teniendo en cuenta la relación causa-efecto en la ejecución del atleta # 2. El error en la técnica de la arrancada está determinado por la incorrecta posición de las piernas durante la fase de vuelo.

Dicho error está ocasionado gracias a la pobre velocidad angular tanto relativa como absoluta de las articulaciones de las caderas, rodillas y tobillos, así como la salida anticipada del pie derecho en $0,28$ s del bloque de arrancada.

Lo antes mencionado tiene como consecuencia para la ejecución el pobre desplazamiento de los ángulos articulares relativos correspondientes a la cadera, rodilla y tobillos, ya que como en el caso anterior en ninguno de los casos se alcanzó una amplitud de 170° .

En este sentido se recomienda:

Aumentar a 170° la amplitud de los ángulos relativos de las rodillas y tobillos, y a 150° el de la cadera.

Aumentar a $425^\circ/\text{s}$ la velocidad angular relativa de los ángulos, rodilla y tobillos, y a $375^\circ/\text{s}$ la de la cadera.

Aumentar a $24,02^\circ$ el ángulo de la posición del centro de gravedad del cuerpo en el último instante de la fase principal.

Aumentar 17 cm la altura de salida del centro de gravedad del cuerpo.

Criterios de rendimiento:

Aumentar en 31 cm la distancia de vuelo.

Coefficiente de reactividad sea mayor a $3,10 \text{ m/s}^3$.

Conclusiones

- 1) Los ángulos relativos correspondientes a las articulaciones de las caderas, rodillas, tobillo y la salida anticipada del pie derecho durante la fase de empuje, limitan el espacio de aceleración durante la fase de vuelo.
- 2) Se registró una disminución de la distancia de empuje, determinado por el pobre desplazamiento de los ángulos articulares relativos correspondientes a la cadera, rodilla y tobillos debido a la realización de movimientos innecesarios.
- 3) La aplicación de las correcciones biocinemáticas contribuyeron a la optimización técnica de la arrancada en nadadores del Semi- internado "Orestes de la Torre Morgado" del municipio Santa Clara.

Recomendación:

- 1) Realizar estudios similares con otros atletas para lograr establecer características biomecánicas en función a grupos de distintas categorías

Bibliografía

1. Absaljanov, M. (1990) Aseguramiento científico de la preparación de los nadadores .Editorial Vneshtorgizdat
2. Brancacho Gil, Jorge. (1980) Natación: Manual de entrenamiento. Ciudad de la Habana, ISCF/
3. Doria de la Terga, Eugenio Víctor. (2003). El empleo del análisis biomecánico en la práctica deportiva; su estrecha y lógica relación con la técnico deportiva.
4. Doria de la Terga, Eugenio Víctor. (2006) La consecución de conocimientos técnicos del movimiento y la comprensión de relaciones de la Biomecánica en la natación. Venezuela.
5. Curso de educación abierta: nivel 2.Mexico: Editorial Ampronat
6. Donskoj, D. D. (1982). Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva. Ciudad de la Habana. Editorial Pueblo y Educación. 306 p.
7. Donskoj, D.D. y V.M. Zatsiorski. (1988). Biomecánica de los ejercicios físicos. Ciudad de la Habana. Editorial Pueblo y Educación. 312 p.
8. Gerhard, Lewin (1985). La natación deportiva. La Habana, Editorial científico-técnico
9. Haces Germán, Orlando J. Martín Fernández Sonia (1983). Natación La Habana. Editorial Pueblo y Educación
10. Hernández Castro, René.(2007) Natación para todos. Impreso en el Perú.
11. Hiedo, Mida. (1987). Metodología de la enseñanza de la natación
12. INDER. Natación animada.La Habana /s.a./

13. INDER. Natación para pequeños. La Habana. Editorial "José Antonio Huelga"
14. Knudson Duane. (2007). Fundamentals of Biomechanics. Second Edition. Department of Kinesiology. California State University at Chico.
15. Maglisho Ernes W. (1986). Nadar más rápido, Tratado completo de natación. Editorial hispano europea
16. Maglisho, E (1992) Swimming Even Faster .Londres, Editorial Mountain View.
17. Maglisho, E (2004) Swimming Fastest. Barcelona, Editorial Hispano .Europa.
18. Makarenko, L P. (1990) El nadador joven. Moscú .Editorial .TC
19. Martínez Fernández, S. C. (2007). El Sistema Biomecánico.

Anexos

1) Guía de Observación

Objeto de la observación: La técnica de los movimientos de la arrancada en nadadores escolares en la categoría 8-10 años del Semi-internado “Orestes de la Torre Morgado”.

Objetivos de la observación: Determinar los problemas que existen en cuanto al dominio de la ejecución técnica de la arrancada en nadadores escolares en la categoría 8-10 años del Semi-internado “Orestes de la Torre Morgado”..

Tiempo total y frecuencia de las observaciones: 6 meses y frecuencias trimestrales.

Tipos de observación: Estructurada, de campo y no participante.

Aspectos a observar en la unidad de investigación:

Posición Preparatoria

Tirón

Impulso desde el bloque

Vuelo

Identificadores a observar	Lo realiza bien	Lo realiza mal
1--¿Cómo deben estar los dedos de los pies con respecto al borde frontal del bloque de arrancada?		
2-¿Qué separación deben tener los pies entre sí?		
3-¿Qué ángulo deben tener las piernas?		
4-¿Que movimiento realiza el tronco de manera que se alcance con las manos el borde del bloque?		
5- ¿Cómo deben encontrarse los brazos y la cabeza?		
6-Hacia donde se desplaza el centro de gravedad en el momento que el nadador comienza a caer al agua		
7-Que movimiento realizan las piernas		
8-¿Qué ángulo forman con las piernas?		
9-¿Qué movimiento realizan el tronco y la cadera?		
10 -¿Qué movimiento realizan tobillos y las rodillas?		
11-¿Qué trayectoria describen las manos luego de saltar el bloque?		
12-¿Qué movimiento realiza la cabeza con respecto a los brazos?		
13-¿Qué movimiento realiza el tronco al abandonar la plataforma?		
14-¿Qué movimiento realiza el cuerpo en el momento?		
15-¿Qué movimiento realizan las piernas con respecto al tronco?		

Ejercicios físicos

2-Motivación con la que realizan los ejercicios.		
Identificadores a observar	Lo realiza bien	Lo realiza mal
1- Forma en que se realiza los ejercicios.		

Anexo 2:

Tabla 1: Resultados de la ejecución de la arrancada en nadadores escolares del semi- internado "Oreste de la Torre Morgado". (Análisis cualitativo)

Variables	Atleta 1	Atleta 2
Posición Inicial	No se encontraron dificultades	- Hiperextensión de la cabeza.
Fase Principal(Despegue o fase de empuje sobre el carril	-Movimiento incorrecto de los brazos. - No realizan una completa extensión de las piernas. - No realiza un empuje paralelo de las extremidades inferiores.	Iden al atleta 1
Vuelo	-No mantienen los brazos extendidos al frente. - Incorrecta posición de las piernas	Iden al atleta 1

Tabla 2

Atleta 1

Fase Inicial

h	t	r	cd	tob	Acg
103,8°	-11,2°	120,9°	35,3°	91,5°	0,58m

Fase Principal

Espaciales						Temporales			Espacio- Temporales															
b	h	cd		t	r		t		uu	ep		h	cd		r		tob		b		t	m		pi
		α	i		α	i	α	i		α	i		α	i	α	i	α	i	α	i		α	i	
-31,6°	35,5°	97,1°	163,7°	16°	71,3°	147,5°	74,7°	106,5°	1,04 s	0,88 s	0,16 s	37,4°	63,2°	129,8°	-44,95°	31,25°	-13,3°	18,5°	54,16°	54,16°	26,8°	-34,4°	-111,7°	63,4°

Leyenda:

b- brazo

h- hombro

r- rodilla

t- tronco

cd-cadera

tob- tobillo

acg- altura del centro de gravedad

m- muslo

pi- pie

ep- empuje de las piernas

Atleta 2

Fase Inicial

h	t	r	cd	tob	Acg
106,5°	-11,3°	142,6°	66,6°	76,2°	0,56m

Fase Principal

Espaciales										Temporales			Espacio- Temporales								
b	h	cd		t	m	r		tob		uu	Ep		h	cd		r		tob		b	
		α	l			α	l	α	l		α	l		α	l	α	l				
-59,6°	126,6	75,5	143,5	1,9	-77,1°	1,90	131,9	92,7	92,7	0,4s	0,16s	0,28s	50,25	22,3	192,3	-111,5°	-26,75°	41,25°	41,25°	61,3°	22,8°

Leyenda:

b- brazo

h- hombre

r- rodilla

t- tronco

cd-cadera

tob- tobillo

acg- altura del centro de gravedad

m- muslo

pi- pie

ep- empuje de las piernas