



Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte

Facultad de Villa Clara

Título: Correcciones biomecánicas para optimizar la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara.

Trabajo de Diploma para optar por el título de Licenciado en Cultura Física.

Autor: Autor: Willian Silva Jiménez. Grupo 2 CPE

Tutores: MSc. Alexander de la Celda Brovkina.

MSc. Daniela Palacio González

Santa Clara

Julio 2012

Índice

I	Introducción - - - - -	1
II	Desarrollo - - - - -	
	Capítulo 1: Marco Teórico Referencial - - - - -	
1.1	Las acciones de la arrancada	
1.2	Concepciones actuales sobre la discapacidad física motora.	
1.3	La natación adaptada a las necesidades especiales de atletas amputados.	
	Capítulo 2: Marco metodológico de la investigación - - - - -	
2.1	Metodología empleada - - - - -	
2.2	Métodos y técnicas empleados en el estudio - - - - -	
	Capítulo 3: Análisis de resultados - - - - -	
3.1	Resultados de la videografía para determinar los requisitos biomecánicos y criterio de rendimiento para optimizar la ejecución técnica en el atleta 1	
3.2	Resultados de la videografía para determinar los requisitos biomecánicos y criterio de rendimiento para optimizar la ejecución técnica en el atleta 2	
III	Conclusiones - - - - -	
	Recomendaciones - - - - -	
IV	Bibliografía - - - - -	
V	Anexos - - - - -	

Resumen

La investigación que se presenta se relaciona con la temática de la actividad deportiva con atletas con Necesidades Educativas Especiales, específicamente las Correcciones biomecánicas necesarias para optimizar la ejecución de la arrancada en la Natación para Limitados físicos motores (LFM) por amputación. Se abordan los elementos teóricos más actualizados referente a este deporte adaptado. El trabajo pretende como objetivo general determinar correcciones biomecánicas que permitan optimizar la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara. La investigación siguió una metodología de un estudio descriptivo con propuesta de solución, se desarrolló en dos etapas fundamentales, en la primera se diagnosticaron las deficiencias técnicas de cada nadador en la ejecución de la arrancada. Se utilizaron como métodos fundamentales la observación científica, con ayuda de la filmación como medio auxiliar, a su vez para el análisis cualitativo de las filmaciones con el entrenador se utilizó la videografía. La triangulación interna posibilitó contrastar las opiniones del entrenador con la de los investigadores. Como principales resultados se logró identificar los requisitos biomecánicos que debe cumplir la ejecución, y definir criterios biomecánicos de rendimiento que permitan valorar la optimización de la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara.

Introducción:

La actividad física y el deporte adaptados son dos fenómenos sociales que se caracterizan por su trascendencia sobre las personas con minusvalías como forma de ocupación del tiempo libre y como forma de escape a las limitaciones que la vida a impuesto en ellas.

Así mismo, el movimiento resulta una experiencia fundamental en la vida del ser humano. A partir de él, se perciben nuevos espacios, concesiones, problemas, etc. El aprendizaje motor va más allá de esto, ya que ocasiona vivencias emocionales y cognoscitivas.

Ser minusválido no significa haber perdido aptitudes, sino tener otras diferentes, y lo verdaderamente importante es aprovechar dichas capacidades, lo que uno es capaz de hacer, en beneficio de la propia persona y esto es válido sobre todo para la actividad física y el deporte.

En nuestra sociedad se reconoce el derecho de todos a la participación en el deporte y la educación, lo que es válido para personas con distintos tipos y grados de deficiencia funcional.

Una de las actividades físicas - deportivas que mejor puede adaptarse a personas con movilidad reducida es la natación debido ya que brinda mayores facilidades de locomoción, por la posibilidad de flotar en el agua.

La natación ha sido clasificada por varios autores como un deporte mono-estructural ya que la variedad de técnicas deportivas a emplear no es muy amplia. En este sentido Farfell 1960 la clasifica como un deporte invariable, cuantitativo y cíclico.

En este mismo sentido Donskoi ubica a la natación dentro de los ejercicios con estabilización de la estructura dinámica, donde la característica fundamental es el logro de un resultado máximo cuantitativamente mesurable.

En este deporte la ausencia de un contrario que pueda interferir en la correcta ejecución de las acciones, cobra un papel preponderante la preparación técnica y física por encima de la táctica.

En la planificación de este importante proceso según autores tales como Verkhoshansky, se cometen errores que conllevan a la desorganización del entrenamiento, gasto de tiempo y de energía y, finalmente, un trabajo poco eficiente.

Dichos errores se deben a que:

- El entrenador no siempre dispone de los suficientes criterios y fundamentos para la elección de las variantes óptimas; cuanto menos fundamentos tenga, mayor será la probabilidad de error.
- Se utilice sólo a una de las muchas variantes posibles para la organización del entrenamiento; cuanto más restringida sea su elección, menos posibilidades de éxito tendrá.

- Por muy acertada que sea su elección, lo sabrá sólo al cabo de un tiempo, cuando se manifieste el efecto que ha tenido el entrenamiento con la variante elegida por él, se ve obligado a trabajar en condiciones que no permiten prever el resultado del proceso de entrenamiento.

En este sentido 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).

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 y exactitud. (Verkhoshansky)

De ahí que el empleo del análisis biomecánico permita optimizar la preparación técnica, al brindarle a los entrenadores la posibilidad de:

- Disponer de fundamentos objetivos y suficientemente sólidos para tomar las decisiones óptimas
- Prever con un elevado grado de probabilidad el resultado de la decisión tomada.

El desarrollo alcanzado por la Natación en los últimos años hace que se catalogue como el deporte que más progreso ha alcanzado en la superación de marcas territoriales, continentales y mundiales, tanto en atletas convencionales como en discapacitados.

Un ejemplo de lo anterior, fueron los resultados alcanzados por atletas cubanos y foráneos en los recién culminados juegos Pana-panamericanos desarrollados en la ciudad de Guadalajara México.

Estos resultados son la combinación del esfuerzo tanto de científicos, metodólogos, entrenadores, médicos, fisiólogos, bioquímicos, biomecánicos, psicólogos, en conjunto con el arrojo de los propios atletas.

En los eventos de velocidad, dígase 50m y 100 m, cobra una gran importancia para obtener un buen resultado, la ejecución de una arrancada óptima. Esto se debe a que propicia una mejor entrada al agua en el menor tiempo. De ahí que el atleta que mejor la realice tendrá una ventaja sobre el resto.

Lo anterior presupone un reto para el entrenador del equipo de discapacitados de Villa Clara, ya que a pesar de su experiencia en el deporte y familiarización con la discapacidad de sus atletas, manifiesta la necesidad de desarrollar análisis biomecánicos de la ejecución de la arrancada en sus nadadores amputados con el fin de mejorar la ejecución de este elemento técnico por los mismos.

A partir de la demanda científico técnica realizada al grupo de biomecánica de Villa Clara nos enfrentamos a la siguiente problemática: Deficiencias en la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara.

De ahí que en nuestra investigación tratamos de darle solución a la siguiente interrogante científica: ¿Cómo contribuir a optimizar la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara?

El objetivo general que guiará nuestra investigación está dirigido a:

Determinar correcciones biomecánicas que permitan optimizar la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara.

Se derivan como objetivos específicos:

1. Diagnosticar las dificultades en la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara.
2. Identificar los requisitos biomecánicos que debe cumplir la ejecución, para optimizar la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara.
3. Definir criterios biomecánicos de rendimiento que permitan valorar la optimización de la ejecución de la arrancada en nadadores amputados velocistas del equipo de Villa Clara.

Nuestra investigación se desarrolló con el equipo de nadadores discapacitados de la provincia de Villa Clara, la muestra la constituyeron 2 nadadores amputados de uno de sus miembros inferiores.

El modelo de la investigación siguió una metodología de un estudio descriptivo con propuesta de solución, se desarrolló en dos etapas fundamentales, en la primera se diagnosticaron las deficiencias técnicas de cada nadador en la ejecución de la arrancada.

En esta etapa se utilizaron como métodos fundamentales la observación científica, con ayuda de la filmación como medio auxiliar, a su vez para el análisis cualitativo de las

filmaciones con el entrenador se utilizó la videografía. La triangulación interna permitió contrastar las opiniones del entrenador con la de los investigadores.

En la segunda etapa con el fin de definir los requisitos biomecánicos para la optimización de la ejecución de la arrancada, en cada atleta se utilizó la medición auxiliándonos de la herramienta de modelación y análisis de video Tracker en su versión 3.99. A su vez la triangulación por fuentes permitió contrastar si los defectos técnicos detectados en la observación se ratificaban en la medición.

Desarrollo.

Capítulo I .- Fundamentos teóricos de la investigación.

1.1. 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 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 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 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 estabilidad: principio y aplicaciones.

Estas consideraciones son de vital importancia para el estudio en cuestión, pues los atletas analizados debido a su discapacidad motora presentan dificultades para mantener la estabilidad.

La altura del centro de gravedad. En este sentido cuanto más bajo se encuentre el centro de gravedad, más estables estarán los atletas. Los nadadores que no dominan la postura sobre el carril realizan una semiflexión de las piernas, con el fin de aumentar la estabilidad sobre el carril.

El tamaño de la base de sustentación. Considerando este aspecto, cuanto más grande sea la base de sustentación más estables estarán los atletas (la base de sustentación es el área determinada por los puntos de apoyo del cuerpo y el espacio entre ellos).

En este sentido para los nadadores amputados de las extremidades inferiores cobra una gran importancia el agarre del carril con ambas manos, esta acción permite suplir la falta de un segmento corporal, a la vez que les garantiza una mayor base de sustentación.

El centro de gravedad al proyectarse hacia abajo debe quedar dentro de la base de soporte de sustentación de los atletas para hacerlos estables. En otras palabras la línea de gravedad debe caer dentro de la base.

La localización del centro de gravedad usualmente cambia cuando los atletas mueven brazos y piernas y, en consecuencia, cambia también el equilibrio. De ahí que movimientos innecesarios sobre el carril en la posición de listos producirían variación del centro de gravedad del cuerpo y por consiguiente un indeseado desequilibrio en esta postura.

Mientras mayor sea la masa, los atletas serán más estables. Aunque el aumento de la masa corporal de un nadador debe estar acorde con su estatura y edad, y de ser necesario incrementarla, se debe realizar a expensas del peso de los músculos y no de la acumulación de tejido adiposo.

Entender el principio de estabilidad, le ayudará a tener una mejor comprensión de la inestabilidad. Por ejemplo, los atletas quieren ser menos estables cuando desean moverse en cierta dirección tan rápido como les sea posible.

Esto es de gran importancia para la óptima ejecución de la arrancada, ya que la posición sobre el bloque, debe garantizar una postura que garantice tanto la estabilidad como las posibilidades de despegar del bloque en el menor tiempo posible.

1.2.- Concepciones actuales sobre la discapacidad física motora.

Las limitaciones físico-motoras constituyen una de las principales discapacidades que afectan a la población mundial.

En Cuba, el estudio psicosocial de las personas con discapacidad, realizado en todo el territorio nacional en el año 2003 por orientación del Comandante en Jefe Fidel Castro, reveló que las limitaciones físico-motoras ocupan el segundo lugar entre todas las

discapacidades con un total de 92506 afectados, superado sólo por los portadores de retraso mental.(Resultado del estudio biosicosocial en Cuba,2003)

La conceptualización de las limitaciones físico-motoras es un asunto complejo, que por su connotación, involucra a especialistas de las más variadas disciplinas científicas y técnicas, entre ellos a médicos, psicólogos, pedagogos, sociólogos, arquitectos, etc.

Puentes de Armas, Tomás, (2006), ofrece una definición desde la perspectiva psicopedagógica que se resume de la siguiente manera:

Limitado físico-motor es toda persona que presenta de manera transitoria o permanente una alteración en su desempeño motor debido al deficiente funcionamiento del sistema osteomioarticular y/o nervioso que limita en grado variable la realización algunas de las actividades propias de su grupo etáreo, pudiendo o no presentar agravantes de tipo sensorial o intelectual.

En el análisis de la definición profundizamos en sus elementos y percibimos que:

- En estas personas está afectado primariamente el desempeño motor, en muchos casos, las dificultades en la ejecución de los movimientos o la ausencia de estos pueden conducir a interpretaciones erróneas respecto a las capacidades intelectuales de estos sujetos, los que pueden ser tratados como retrasados mentales, basándose sólo en sus manifestaciones externas.
- La alteración en el desempeño motor puede ser transitoria o permanente que en muchos casos se presenta transitoriamente por períodos relativamente cortos; pero aún

en aquellos casos donde la afectación es permanente, este puede mejorar sustancialmente con una adecuada intervención clínica y psicopedagógica.

- Se limita en grado variable la realización de algunas actividades. No se debe incurrir en generalizaciones, porque se pueden encontrar diferencias en las capacidades funcionales de cada sujeto aún cuando la patología de base sea la misma.

Este autor afirma que las limitaciones físicas motoras pueden ser clasificadas tendiendo a diferentes criterios de clasificación:

_ Según el momento de aparición de la enfermedad de origen.

_ Según el grado de toma motora.

_ Topográfica.

La clasificación topográfica se refiere a la parte del cuerpo donde se manifiesta el déficit motor ya sea en la variante paresia o plejía.

Paresia: cuando la afectación motora se manifiesta en debilidad muscular (se afecta el componente fuerza), aunque existen casos en que esta permanece intacta provocando fundamentalmente insuficiencia en la precisión y la calidad del movimiento, especialmente cuando se carece de la aferentación cenestésica.

Plejía: es el grado superior de afectación de la función motora expresada en una verdadera parálisis muscular, con poca o ninguna movilidad.

Las paresias o plejías se clasifican, según su localización topográfica en:

Tetraplejía o tetraparesia: cuando están afectadas las cuatro extremidades.

Triplejía o triparesia: están afectadas tres de las cuatro extremidades; con más frecuencia el miembro intacto pertenece al tren motor superior.

Hemiplejía o hemiparesia: se afecta la función motora de un hemicuerpo (derecho o izquierdo).

Diaplejía o diparesia: se define como déficit motor de las cuatro extremidades, con menor afectación en el tren motor superior.

Monoplejía o monoparesia: el déficit motor está localizado en uno solo miembro.

En ocasión se presentan sujetos con la ausencia total de uno de sus extremidades para la locomoción, estos casos pueden haber sido producto de causas genéticas o adquiridas.

En el caso de las genéticas la bibliografía las presenta como agenesia o desarrollo incompleto. Se refiere a la ausencia o desarrollo incompleto de determinadas partes de un miembro. Puede afectar una extremidad completa o solo una parte de esa.

Las agenesias o desarrollo incompleto son malformaciones congénitas que pueden estar causadas por múltiples factores como son la herencia, enfermedades padecidas por la madre embarazada, medicamentos o drogas ingeridas por la gestante, entre otras.

Se presenta también la ausencia completa de una extremidad superior o inferior (amelia), o el desarrollo incompleto de esta como es el caso de las focomelias. La ausencia de una o ambas manos es conocida como aquiria.

Existen personas con discapacidades semejantes por ausencia de uno de sus miembros, pero por causas adquiridas como es el caso de las amputaciones. A la porción resultante de la extremidad después de la amputación, que queda como parte del cuerpo del individuo se le denomina muñón.

1.2.1.-La concepción fisioterapéutica específica del muñón.

Las fases en que se desarrolla el tratamiento fisioterapéutico del muñón son:

Tratamiento de la cicatriz, tratamiento postural, control de la morfología del muñón, tratamiento kinesiterápico y al tratamiento del muñón doloroso tiene una serie de fases:

Tratamiento de la cicatriz: de los 7 a los 10 primeros días no se hace nada salvo que al segundo o tercer día se retira el drenaje si se ha colocado previamente. Se hará revisión de la herida a los 7 o 10 días. Si ya se ha cerrado la herida y se han retirado los puntos (a los 15 días mas o menos), se inicia el tratamiento de la cicatriz, con higiene de la misma y masaje suave sobre ésta. Se lava con agua tibia, jabón neutro y se seca bien. El masaje se hará para prevenir la formación de adherencias a planos profundos. Se ayuda tb a la formación y facilita la conformación del muñón. Amasamientos superficiales y profundos (indicados) y contraindicados las percusiones, las vibraciones y sobre todo en pacientes con trastornos vasculares.

El masaje será diario sobre la cicatriz y sobre el muñón. No nos preocupará que en los primeros días existan alteraciones cutáneas como eritemas, cambios de pigmentación que evolucionarán favorablemente. Tb se puede utilizar láser, que favorece la cicatrización.

Tratamiento postural:((CFT) dirigido y especialmente en los primeros días a la prevención de contracturas. Se realiza en la cama e incluso en silla de ruedas. Se favorecerán aptitudes de extensión de cadera, adducción de muslo y extensión de rodilla en amputados transtibiales, por tanto se evitará la flexión de cadera, la abducción de muslo y la flexión de rodilla, además se evitará la rotación externa de cadera. De forma general el muñón se debe colocar siempre en extensión. En alguno de los pacientes se colocan pesos ligeros (0,5 Kg.) encima del muñón y de forma intermitente, para evitar ese flexo.

Los cambios frecuentes en la cama a distintas posiciones tienden a prevenir la contractura en flexión de la cadera. La desviación en separación, podemos prevenirla utilizando sacos de arena. Hay autores que describen una tracción cutánea continua para evitar estas desviaciones pero bueno, no suele hacer falta si lo anterior es correcto. En amputados transtibiales, se coloca tabla en la nalga que llega hasta el extremo distal del muñón para evitar la flexión de rodilla. Normalmente se suele corregir. Posturas que debe evitar el amputado: flexión del muñón, colocar almohada entre las piernas, silla de ruedas, almohada bajo hueco poplíteo, apoyar muñón en la muleta.

Control de la morfología del muñón: es fundamental controlar el edema incluso desde el primer momento de la intervención. Existe siempre una disminución del volumen del muñón (por desuso, atrofia muscular y a la disminución del tejido celular subcutáneo o adiposo.) El control del edema se hace mediante un vendaje con lo que se consigue una reducción del edema. Se mejora sensación del miembro fantasma. Hay 3 tipos de vendajes: elástico (más utilizado), el semirígido y el rígido. A parte de esto, el propio

paciente o un familiar deberán aprender a ponerle el vendaje. Se hace a diario, tras la higiene del muñón, se colocará de nuevo si se afloja.

En el vendaje, la presión irá disminuyendo de distal a proximal. Se evitará cualquier efecto de torniquete. El giro de la venda debe hacerse en sentido diagonal, a nivel del muslo, llegará a la ingle y el de la pierna, al polo inferior de la rótula (aunque en muchos vendajes se incluye la articulación proximal). El vendaje semirígido se hace cuando la protetización es inmediata. Se cubre el muñón y la cicatriz con una venda estéril, luego con vendas no extensibles y por último se cubre con el material que va a formar el encaje. Se suelen utilizar una pasta que al secarse se solidifica (esta, se deja puesta).

El vendaje rígido, es similar pero con escayola, se cambia cada 5 o 7 días, y así se inspecciona la cicatriz. Los dos últimos tienen peor aceptación por la falta de acceso a la inspección de la cicatriz. La única ventaja sería la presión que ejerce y porque disminuye el edema.

El tratamiento kinesiterápico (CFT) está dirigido al mantenimiento del balance articular normal y en los casos donde está disminuido, aumentarlo en lo posible. Se utiliza para tratar la atrofia, corregir los defectos de alineación, la mecánica corporal, y si existen desequilibrios musculares tratarlos. Se hará a diario e incluso 2 o 3 veces al día. Movilizaciones articulares que incluyen todas las articulaciones del miembro, se harán pasivas, activas, resistidas de forma progresiva. Serán indoloras y permiten tener información de la posición en la que está el muñón. Se trabajará con la propiocepción para corregir contracturas y posturas viciosas.

Los ejercicios de potenciación muscular irán dirigidos a los extensores de cadera, abducción de muslo y extensores de rodilla. Se trabajarán rotadores internos de cadera.

Tratamiento del muñón doloroso: existirá un dolor neurológico, uno mecánico y otro isquémico. Sobre este último se puede hacer poca cosa, será más bien un tratamiento psicoterápico. Sobre el dolor mecánico, hay que ver la fragilidad de la piel, viendo zonas de alteración. Ver si existen adherencias en cicatriz, si existen, se hará masaje con láser y ultrasonidos si son profundas. Ver si existe dolor cutáneo debido al edema, para eso utilizamos el vendaje de contención.

El dolor neurológico, por otra parte, se trata con calor local, cuidado en pacientes con sensibilidad alterada y en pacientes diabéticos (que tendrán alterada su sensibilidad). Nunca se aplicará frío salvo si es agudo. Las técnicas de masoterapia se utilizarán para disminuir contracturas en caso de que existan. Se debe enseñar al paciente técnicas de relajación. La electroterapia se aplicará con TENS y además se aplicará tratamiento farmacológico.

En el proceso fisioterapéutico orientado al muñón se aplican técnicas específicas como:

Masaje; El cual debe ser realizado por personal cualificado. Se activa la circulación y se liberan adherencias. Los golpeteos están contraindicados porque producen una mayor frecuencia de muñones dolorosos.

Movilizaciones: isométricos (tras la amputación) y de forma progresiva, tanto activos como resistidos.

Cinesiterapia, respiratoria, para ganar flexibilidad en el tronco y potencia muscular en la cintura escapular y pélvica.

Hidroterapia; efecto psicológico beneficioso. Con la natación además favorecemos el braceado del muñón. En amputados transfemorales, se recomienda la natación a braza y en trastibiales el croll.

Mecanoterapia: todos los aparatos.

Electroterapia: para luchar en contra de inflamaciones y del dolor. SE utilizan corrientes de baja frecuencia de tipo antiálgicas. También utilizamos la terapia ocupacional, es decir, para enseñar al paciente a realizar el vendaje.

Cuidados generales: higiene alimentaria, el sobrepeso relaja la musculatura abdominal y existe una hiperhidrosis que retrasa la estabilización del muñón y retrasa la protetización.

El fin es colocar una prótesis, el objetivo es obtener un muñón con las mejores características posibles.

1.3.- La natación adaptada a las necesidades especiales de atletas amputados.

La natación es una de las mejores formas para mejorar la movilidad y la capacidad física del minusválido. Las propiedades del agua de hacer que un cuerpo "pierda" peso y que flote, reduce la deficiencia y da la posibilidad de moverse más o menos en el agua. Además, la práctica de la natación incrementa la capacidad física, lo que a su vez da mayor estabilidad psíquica. Con una mejor condición física y psíquica, crece nuestra confianza teniendo mayores posibilidades de afrontar el trabajo cotidiano. Y si además el

agua está a una temperatura agradable el baño se convierte en bálsamo para cuerpo y alma. (Medina, Gómez. (2007)

Cuando se habla de natación, no se busca únicamente el " aprender a nadar" y es ésta la razón por la que se le da el matiz de "adaptada" ya que se pretende que "conozcan al máximo las posibilidades de cuerpo en el agua", y no solo la natación como disciplina deportiva.

Por adición, el trabajo en el medio acuático a parte de permitir realizar tareas de educación física de base en las que trabajamos el esquema corporal (lateralidad, equilibrio, etc..), nos permite el desarrollo del tono muscular (fundamental para aquellas personas que se encuentran afectadas por alguna discapacidad, además puede ser una garantía de prevención, para no cursar hacia determinados cuadros clínicos no deseados); el control de la obesidad (el cuerpo pesa menos que el agua, por lo que podemos movernos con mayor facilidad y llevar una tabla de ejercicios sistematizada); y controlar la fatigabilidad de las personas al ser un medio que permite descansar o bajar la intensidad cuando el individuo lo necesite.

También ayuda al conocimiento del propio cuerpo, ya que al utilizar el bañador tenemos que ver y enseñar nuestra propia imagen, la real, lo que nos obliga a aceptarnos, conocernos y generar interés en mejorar. Ayuda de este modo a desinhibirse y borrar falsos pudores y miedos.

A todo ello, y para completar todo el proceso, se debe crear un ambiente socializador en el que predominen los componentes lúdicos y recreativos, de forma que el papel del

monitor- profesor sea además el de una persona de confianza que le reconforte y le de su amistad.

Los objetivos en la natación adaptada a modo general podrían ser: conocer y dominar el medio acuático, mejorar las capacidades físicas básicas, y conocer medidas higiénicas y de recuperación, que junto con el ejercicio físico en el agua posibiliten una mejora de la salud.

Varios son los objetivos con carácter terapéutico que se pueden lograr con el empleo de la natación adaptada a las características de las personas con discapacidad:

- Lograr una integración social plena de la persona con minusvalía, a través de un equilibrio entre el desarrollo psíquico, afectivo y motor.
- Modificar los factores negativos que afectaban a su personalidad, intentando que fuera consciente de su handicap en la medida de lo posible y supiera aceptar sus limitaciones.
- Mejorar la aptitud física para un posterior desarrollo de habilidades motrices básicas, a través del equilibrio estático y dinámico, trabajo de la coordinación dinámica general y especial así como de la organización espacial y ritmo.
- Adquirir y mejorar el conocimiento y autocontrol de los movimientos de su cuerpo. Para ello buscaremos la mayor variedad de estímulos, de manera que el individuo se vea obligado a estar constantemente reajustando sus movimientos.
- Reeducar la postura de la persona.

En principio, el aprendizaje de la natación para minusválidos no se diferencia del aprendizaje normal, los métodos, los contenidos, los elementos técnicos, las metas y exigencias son las mismas, y en este sentido los diferentes enfoques de la natación son:

- Planteamiento utilitario.- "Aprender a nadar", se fundamenta en el aprendizaje básico (desplazamientos básicos, zambullidas, paradas, etc.) para poder tener autonomía de movimiento y sobrevivir en el agua.
- Planteamiento educativo.- tiene por objetivo complementar la formación integral del nadador, utilizando el agua como medio además de la educación física.
- Planteamiento recreativo.- tiene por objetivo promover y ofrecer actividades de tipo lúdico que hagan del recinto acuático un lugar divertido y socializador. La persona con discapacidad necesita los mismos estímulos personales que el resto de la población, por lo que el ocio ocupará un puesto importante en su desarrollo personal.
- Planteamiento de salud (terapéutico).- tiene como objetivo mejorar los estados de salud, el mantenimiento físico, la reeducación funcional. Consiste en la adaptación de la actividad física realizada a las condiciones motrices del chico(a) que las ejecuta.
- Planteamiento competitivo.- tiene por objetivo la formación y el entrenamiento de deportistas; su fin último es el rendimiento.

Para el cumplimiento de este último planteamiento se exige el dominio racional de los movimientos en los diferentes planos y ejes en que estos se realizan, por lo que en la enseñanza aprendizaje de los elementos técnicos, se debe tener en cuenta las

correcciones pertinentes que imponen las limitaciones segmentarios que presentan algunos nadadores en su integridad física.

La afectación antes planteada se manifiesta en la estructura cinemática del sistema biomecánico del aparato locomotor y en su conjunto develan el cuadro externo del sistema de movimientos técnicos de la natación.

Capítulo 2.- Fundamentos metodológicos de la investigación:

2.1.- Metodología empleada.

Nuestra investigación de desarrolló con dos atletas discapacitados, limitados motores, los cuales están amputados ambos de la extremidad inferior derecha

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 estrenan corresponde al de 9: 00 am a 11:00 am, 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 la etapa de preparación en que se encuentren, así como 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, donde el diagnóstico de las deficiencias en la ejecución de cada atleta constituyó el punto de partida.

Primera etapa: Diagnóstico de los errores causas y consecuencias en la ejecución técnica. Esta etapa se llevó a cabo durante la tercera semana del mes de Octubre del 2011 al final de la etapa de preparación general.

En esta etapa de la investigación se realizó una caracterización cualitativa de la ejecución con el fin de establecer la relación sistémico 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 primera semana del mes de Noviembre del 2011 al inicio de la etapa de preparación especial de los atletas investigados.

2.2.- Métodos y Técnicas.

- **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 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 amputados.

- **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 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 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 biomecánicas cinemáticas en estudio. Se utilizó fundamentalmente en la primera 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 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 escapulo 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.

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 vídeo, imagen por imagen, y sometido a las posibilidades que brinda el software Tracker, se pudieron obtener los valores de las características biomecánicas cinemáticas de los movimientos seleccionados 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 comprobó si la información aportada por la observación de la ejecución técnica de la salida de pista en la nadadora estudiada, 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: Incluyó la contrastación 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.

 Diagnóstico del problema.

 Propuesta de solución del problema (no criterio de especialistas ni expertos)

Capítulo 3 Análisis de los resultados

3.1- Resultados de la medición para determinar los requisitos biomecánicos y criterio de rendimiento para optimizar la ejecución técnica en el atleta 1

Fase inicial:

En la postura adoptada por esta atleta durante esta fase, se le calcularon características espaciales, ya que el propósito de esta fase es mantener el equilibrio sobre el bloque de salida, así como garantizar una posición que garantice la correcta reacción con el bloque.

El ángulo relativo al brazo y el antebrazo con vértice en el hombro muestra una amplitud de $86,1^\circ$, el relativo al tronco y los muslos con vértice en la cadera $51,6^\circ$.

En el caso del ángulo compuesto por el muslo y la pierna con vértice en la rodilla mostró una amplitud de 157° y el ángulo formado por la pierna y el pie con vértice en el tobillo $96,4^\circ$, por su parte el ángulo absoluto del tronco muestra una amplitud de $-16,6^\circ$.

Todo lo anterior provoca que la altura del centro de gravedad del cuerpo tenga una altura en esta fase de 0,69m y la proyección del mismo se encuentra a solo 0,01m. Lo cual limita el espacio de aceleración durante la siguiente fase.

Lo anterior se debe a que a pesar de que se observa que la punta de los dedos hace contacto con el bloque, este último no tiene los aditamentos necesarios para que la atleta pueda realizar un agarre óptimo del mismo.

Fase principal:

Con respecto a las características espaciales el comportamiento de las mismas mostró para el ángulo del hombro una amplitud de $179,4^{\circ}$, con un aumento de $93,3^{\circ}$ con respecto a la fase inicial. Esto es muestra de la correcta anteversión de los brazos para llevarlos al frente.

El ángulo de la cadera muestra una amplitud de $124,8^{\circ}$, para un aumento de $73,2^{\circ}$, lo cual se corresponde con la correcta elevación y conducción del tronco al frente.

Lo anterior está en estrecha relación con que el ángulo absoluto del tronco muestre un aumento de $19,1^{\circ}$ con respecto a la fase inicial, al mostrar una amplitud de $2,5^{\circ}$.

En el caso del ángulo de la rodilla mostró una amplitud de $178,2^{\circ}$ aumentando en $20,6^{\circ}$ con respecto a la fase inicial, esto es muestra de un movimiento correcto de la pierna durante el empuje desde el bloque. A esto se le suma que el ángulo del tobillo muestra una ganancia de 35° con respecto a la fase anterior, al registrar $131,4^{\circ}$.

Todo lo anterior contribuyó a que el ángulo de salida del centro de gravedad del cuerpo con respecto al apoyo fuera de $36,05^{\circ}$, con un desplazamiento del mismo sobre el bloque de $0,83\text{m}$, utilizando para ejecutar los movimientos correspondientes a esta fase $1,12\text{s}$.

A su vez la velocidad angular relativa del ángulo del hombro fue de $83,3^{\circ}/\text{s}$, la del ángulo cadera $65,4^{\circ}/\text{s}$, la del ángulo absoluto tronco $17,1^{\circ}/\text{s}$ y la del ángulo relativo tobillo $31,3^{\circ}/\text{s}$.

Sin embargo la velocidad angular relativa del ángulo conformado por el muslo y la pierna con vértice en la rodilla, para lograr la máxima extensión de toda la extremidad es de solo $18,4^{\circ}/\text{s}$.

La baja velocidad angular del ángulo relativo con vértice en la rodilla es la causa de que la velocidad de salida del centro de gravedad del cuerpo sea de solo 2,88m/s con un ángulo de proyección de la velocidad de $-5,97^{\circ}$.

Lo anterior constituye la causa para que no se garantice la correcta ejecución de la siguiente fase y presupone el incumplimiento del propósito mecánico de la fase principal de garantizar la magnitud máxima del vector velocidad inicial del centro de gravedad del cuerpo, con su orientación óptima.

Fase final:

En esta fase se le registró al ángulo relativo hombro una amplitud de $151,6^{\circ}$, $27,8^{\circ}$ menos que en la fase anterior, lo cual es muestra de un movimiento incorrecto de los brazos, ya que los mismos durante el vuelo deben mantener la posición alcanzada durante el último instante de la fase principal.

El ángulo relativo cadera muestra una reducción de $10,1^{\circ}$ con respecto a la fase anterior lo cual sumado a lo anterior es muestra de un agrupamiento del cuerpo durante el vuelo.

Esto se reafirma al registrársele una reducción de $11,2^{\circ}$ al ángulo relativo con vértice en la rodilla, lo cual no garantiza la correcta entrada al agua y por ende el incumplimiento del propósito mecánico de esta fase.

Todo lo anterior está provocado por el aumento de la velocidad angular del ángulo relativo hombro en el sentido de la retroversión $152,8^{\circ}/s$, el aumento de la velocidad angular relativa del ángulo cadera en sentido de la flexión ventral del tronco en $90,6^{\circ}/s$ y

el aumento de la velocidad angular relativo del ángulo rodilla en el sentido de la flexión de la pierna en 46,4°/s.

Requisitos biomecánicos para optimizar la ejecución técnica en la atleta femenina:

En función de optimizar la ejecución técnica de la arrancada por esta atleta es necesario que la misma en la ejecución de la salida durante la fase principal del movimiento disminuya la velocidad angular absoluta del segmento tronco a partir de los 0,48s de la fase principal.

Lo anterior le permitirá reducir en 13,3° la amplitud del ángulo absoluto del segmento tronco durante los 0,16s que transcurren del vigésimo quinto instante, al último de esta fase.

Esto permitirá la disminuir tanto la velocidad como el desplazamiento del centro de gravedad del cuerpo en la componente vertical del movimiento, para potenciarlos en la componente horizontal y cumplir de esta forma con el propósito mecánico de esta fase.

Criterio de rendimiento.

Teniendo en cuenta los requisitos biomecánicos propuestos para optimizar la ejecución de la salida por la atleta en cuestión, se evaluará la optimización de la técnica de la salida de la atleta en cuestión a partir de los siguientes criterios:

1. Aumento de la distancia de empuje desde el bloque de salida durante la fase de empuje o principal por encima de 0,01 m.

2. Disminución de la velocidad de salida en la componente vertical del movimiento del movimiento en $-0,09$ m/s.
3. Aumento de la velocidad de salida en la componente horizontal del movimiento en $0,04$ m/s.
4. Aumento de la magnitud del vector resultante de la velocidad de salida en $0,06$ m/s.

3.2- Resultados de la medición para determinar los requisitos biomecánicos y criterio de rendimiento para optimizar la ejecución técnica en el atleta 2:

Fase inicial:

Al igual que en el caso anterior durante esta fase en la postura adoptada por este atleta, se le registraron solo características espaciales, ya que el propósito de esta fase es mantener el equilibrio sobre el bloque de salida, así como garantizar una posición que garantice la correcta reacción con el bloque.

El ángulo relativo al brazo y el antebrazo con vértice en el hombro muestra una amplitud de 85° , el relativo al tronco y los muslos con vértice en la cadera 33° .

En el caso del ángulo compuesto por el muslo y la pierna con vértice en la rodilla mostró una amplitud de 123° y el ángulo formado por la pierna y el pie con vértice en el tobillo 113° , por su parte el ángulo absoluto del tronco muestra una amplitud de -20° .

La altura del centro de gravedad del cuerpo como resultado de la relación articula anteriormente descrita tiene una altura en esta fase de $0,69$ m y la proyección del mismo

se encuentra a solo 0,02m. Lo cual como en el caso anterior limita el espacio de aceleración durante la siguiente fase.

Lo anterior se debe a que a pesar de que se observa que la punta de los dedos hace contacto con el bloque, este último no tiene los aditamentos necesarios para que la atleta pueda realizar un agarre óptimo del mismo.

Fase principal:

El registro de las características espaciales mostró el siguiente comportamiento:

El ángulo del hombro una amplitud de 19° , con una reducción del mismo de 66° con respecto a la fase inicial. Esto es muestra de la incorrecta retroversión de los brazos al inicio de esta fase.

El ángulo de la cadera muestra una amplitud de 135° , para un aumento de 102° , lo cual se corresponde con la correcta elevación y conducción del tronco al frente.

Lo anterior está en estrecha relación con que el ángulo absoluto del tronco muestre un aumento de 20° con respecto a la fase inicial, al mostrar un valor de 0° .

En el caso del ángulo de la rodilla mostró una amplitud de 167° aumentando en 44° con respecto a la fase inicial, esto es muestra de un movimiento correcto de la pierna durante el empuje desde el bloque. A esto se le suma que el ángulo del tobillo exceda en 24° al valor registrado en la fase anterior, al mostrar 137° .

A todo lo anterior se le suma que el ángulo de salida del centro de gravedad del cuerpo con respecto al apoyo fuera de $39,08^{\circ}$. Dicho ángulo no propicia un vuelo correcto, ya

que propicia la realización de un vuelo con una mayor parábola, cuando debiera favorecer a un vuelo más plano.

En este sentido se limita el desplazamiento en el empuje sobre el bloque de salida a 0,76 m, a la vez esto repercute en el aumento del tiempo de empuje utilizando para ejecutar esta fase 1,12s.

Con respecto a las características espacio-temporales la velocidad angular relativa del ángulo del hombro fue de $-16,8^{\circ}/s$, ya que el atleta realizó una retroversión innecesaria de los brazos durante la fase

El ángulo cadera muestra una velocidad angular de $94,4^{\circ}/s$, el ángulo relativo tobillo $22,2^{\circ}/s$, por su parte la velocidad angular relativa del ángulo conformado por el muslo y la pierna con vértice en la rodilla, para lograr la máxima extensión de toda la extremidad es de $40,7^{\circ}/s$.

Resulta interesante el registro de $64,8^{\circ}/s$ para la velocidad angular absoluta del segmento tronco. Esta es precisamente la causa del aumento exagerado del ángulo de salida del centro de gravedad del cuerpo de $39,08^{\circ}$ con respecto al apoyo, lo que trae como consecuencia la limitación del espacio de aceleración a solo 0,76 m.

Todo lo anterior contribuye a que la velocidad de salida en la componente vertical del movimiento sea de $0,4^{\circ}/s$. En este sentido se limita la velocidad de salida en la componente horizontal a $2,06^{\circ}/s$, la resultante en la salida a solo $2,08^{\circ}/s$ y el ángulo de proyección de la misma de $-7,65^{\circ}$.

Las irracionales técnicas de esta fase constituyen la causa para que no se garantice la correcta ejecución de la siguiente fase y presuponen el incumplimiento del propósito mecánico de la fase principal de garantizar la magnitud máxima del vector velocidad inicial del centro de gravedad del cuerpo, con su orientación óptima.

Fase final:

Con respecto a las características espaciales en esta fase se le registró al ángulo relativo hombro una amplitud de 156° , 137° más que en la fase anterior, lo cual es muestra de un movimiento correcto de los brazos, ya que los mismos durante el vuelo deben permanecer extendidos al frente arriba.

El ángulo relativo cadera muestra un valor de 200° superando al alcanzado en la fase anterior en 65° lo cual está causado por el descenso brusco del ángulo absoluto del tronco de -3° a -27° del inicio al final de la fase, a esto se le suma la flexión de la pierna, al registrarse una reducción del ángulo de la rodilla en 27° .

Todo lo anterior trae como consecuencia que se disminuya el momento de inercia del cuerpo, propiciando el aumento de la velocidad angular del centro de gravedad del cuerpo en $41,23\%$ del inicio al final de esta fase.

Esto se reafirma al registrársele una reducción de $11,2^{\circ}$ al ángulo relativo con vértice en la rodilla, lo cual no garantiza la correcta entrada al agua y por ende el incumplimiento del propósito mecánico de esta fase.

Todo lo anterior está se contraponen a que se cumpla el propósito mecánico de esta fase, al no garantizarse una postura que permita la correcta ejecución de la entrada al agua.

Requisitos biomecánicos para optimizar la ejecución técnica en el atleta masculino:

En función de optimizar la ejecución técnica de la arrancada por este atleta es necesario que el mismo en la ejecución de la salida durante la fase principal del movimiento disminuya el desplazamiento de la cadera en la componente vertical del movimiento y en su lugar potencie el movimiento de este orientador en la componente horizontal.

En este sentido es necesario que el punto cadera logre un desplazamiento de 0,78 m en la componente horizontal del movimiento, con una reducción hasta los 0,62 m de altura del mismo.

A su vez es necesario evitar el descenso brusco del ángulo absoluto del segmento tronco, así como mantener en la fase de vuelo, la extensión alcanzada por las piernas durante la fase principal del movimiento.

Criterio de rendimiento.

Teniendo en cuenta los requisitos biomecánicos propuestos para optimizar la ejecución de la salida por la atleta en cuestión, se evaluará la optimización de la técnica de la salida de la atleta en cuestión a partir de los siguientes criterios:

1. Disminución de la velocidad angular del centro de gravedad del cuerpo del último instante de la fase principal al último de la final por debajo de los 41,23 °/s

2. Aumento de la velocidad horizontal de salida del centro de gravedad del cuerpo por encima de los 2,09 m/s
3. Aumento de la velocidad de salida resultante del centro de gravedad del cuerpo por encima de los 2,08 m/s.

Conclusiones

- Las principales dificultades radican en que la posición adoptada durante la fase inicial del movimiento limitan el espacio de aceleración en la fase principal.
- Los requisitos biomecánicos propuestos para optimizar la ejecución están en el orden de potenciar los movimientos en la componente horizontal del movimiento.
- Los criterios de rendimientos determinados posibilitarán evaluar la optimización de la ejecución técnica si se cumplen los requisitos biomecánico propuestos.

Recomendaciones:

- Realizar el estudio en tres dimensiones utilizando variables cinemáticas y cinéticas.
- Realizar estudios con atletas de diferentes niveles deportivos, para lograr establecer características biomecánicas en función a grupos de distintos niveles, categorías y atletas.

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. Azpeitía. 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 N° 7 - Abril – 2007. ISSN: 1885 - 3137
15. Federación internacional de natación. (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. Fuentes Ferrer, B. 2006. Por más de un siglo de actuaciones. Editorial Deporte. Ciudad de la Habana.
19. García, Joel. (2006) Nadar y nadar en Cuba. Somos Jóvenes Digital. Sasa editora Abril. Cuba.
20. 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
21. Gordon, D. y E. Robertson. 2004. Introduction to Biomechanics for human motion analysis. Second edition. University Ottawa. Canada.
22. Groser, Hermann, Tosker, Zinti (1991) El movimiento deportivo: bases anatómicas y biomecánicas. Deportes Técnica. Ediciones Martínez Roca. S.A.
23. Hay, James G. The Biomechanics of Sports Techniques. University Iova. Cap 15: swimming.
24. Hay, James G. y J. Gavin Reid. 1988. Anatomía, Mecánica y Movimiento Humano.

25. Hernández Castro, René. 2007. Natación para todos. Impreso en el Perú. Disponible en: web: www.nataciononline.com consultado el 23 de febrero del 2010.
26. Hernández Corvo, R. 1984. Morfología funcional deportiva. Sistema locomotor. Editorial Científico Técnica. Ciudad de la Habana.
27. Hochmuth, G. 1973. Biomecánica de los movimientos deportivos. Madrid. Editorial Ciencia y Deporte. 222 p.
28. <http://vallejojames.googlepages.com/Medicionesantropometricas.doc>
29. Instrucciones adicionales para el manejo del sistema. (Hu-m-an) (s/f) Presentación en Power point. Facultad de Cultura Física de Matanzas.
30. Knudson Duane. 2007. Fundamentals of Biomechanics. Second Edition. Department of Kinesiology. California State University at Chico.
31. Labrada, J. (2008) La técnica deportiva: Modelación. Presentación en Power point. Facultad de Cultura Física de Ciego de Ávila.
32. 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.
33. Maglischo, E. 1992. Nadar más rápido. Tratado completo de natación. Barcelona, España: Hispano Europea. SA
34. Martínez Fernández, S. C. 2007. El Sistema Biomecánico. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos34/sistema-biomecanico>. Consultado el 16 de junio del 2010.
35. 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

36. [Mazza](#), J C. 2001. Mediciones antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizada según parámetros internacionales.

37. Microsof

Encarta

(2006)

38. Miralles Marrero, R. 2000. Biomecánica clínica del aparato locomotor. Masson S.A. Barcelona.
39. 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.
40. Nordín M. y V. Frankel. 2001. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. Gea consultoría Editorial, S.L.L
41. 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.
42. Ozolin, N.G. y D.P. Markov. 1991. Sistema contemporáneo de entrenamiento deportivo. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana.
43. Plagenhoef, Stanley. 1971. Patterns of human motion a cinematography analysis. University of Massachusetts. New Jersey.
44. Polanco, Alberto. Natación. Disponible en <http://www.monografías.com> Consultado el 16 de junio del 2010.
45. 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.
46. Reischle, Klaus. 1993. Biomecánica de la Natación. Gymnos. Editorial. España.
47. Reischle, Klaus. Biomecánica de la Natación, en <http://www.sportlife.es> consultado el 22 de febrero del 2006.

48. 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->
49. 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.
50. Strnad, Raúl. Arrancadas. Material digital. ppt. Sf. Argentina
51. Trujillo Ávila, M. L. 2004. Actualidad y perspectiva de la Biomecánica deportiva. ISCFMF, Ciudad de la Habana.
52. Villarroya Aparicio, A. 1996. Metodología en el análisis del gesto deportivo. <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/5625/1/article7.pdf> Revista Biomecánica, IV, 7 (117-121) España. Consultado el 23 de octubre del 2010.
53. Wikipedia la enciclopedia libre. Natación. Consultada el 15 de junio del 2010.
54. Zatsiorski, V. (1988) Biomecánica de los ejercicios físicos. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad Habana. Cuba.
55. Zatsiorski. V.M. 1991. Metrología Deportiva. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana.
56. Zaldívar Ochoa, Ibrahin. (2002) La selección de talentos en la natación. Material digitalizado.
57. SA. Historia moderna de la natación. Disponible en <http://www.monografias.com> Consultado el 16 de junio del 2010.
58. SA. Estilos de la natación. Disponible en <http://www.monografias.com> Consultado el 16 de junio del 2010.

