



TESINA
CICLO COMPLEMENTARIO DE LA LICENCIATURA EN ACTIVIDAD FÍSICA

Título:
“ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA CARRERA DE 100MTS LLANOS DE UNA ATLETA ADAPTADA”

Autor/es:

ROCÍO BELÉN, PÉREZ.
CELINA, MOYANO.

Director/ra:

Lic. Romina González

Fecha de Presentación:
23/09/2022

Sede: Rosario

Firma/s de Autor/es

ÍNDICE

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Resumen..... | 3 |
| II. | Introducción..... | 4 |
| III. | Pregunta de Investigación..... | 6 |
| IV. | Marco Teórico..... | 7 |
| | iv.a. Deporte Paralímpico..... | |
| | iv.b. Atletismo..... | |
| | iv.b.1. Atletismo Convencional..... | |
| | iv.b.2. Atletismo Adaptado..... | |
| | iv.c. Carreras de velocidad..... | |
| | iv.c.1 Carrera..... | |
| | iv.c.2 Biomecánica de la carrera..... | |
| | iv.c.3 Estructura del movimiento..... | |
| | iv.c.4. Clasificación y características de las carreras de velocidad..... | |
| | iv.c.5. Carrera de 100 metros llanos..... | |
| | iv.c.6 Fases de la carrera de 100 metros llanos..... | |
| V. | Objetivos..... | 18 |
| | a. Generales..... | |
| | b. Específicos..... | |
| VI. | Justificación..... | 19 |
| VII. | Metodología..... | 20 |
| | vii.a. Descripción de la muestra..... | |
| | vii.b. Diseño experimental..... | |
| | vii.c. Técnica Instrumentales..... | |
| | vii.d. Tratamientos de datos y generación de resultados..... | |
| VIII. | Resultados..... | 22 |
| | ▪ Análisis de Datos | |
| IX. | Discusión..... | 32 |
| X. | Conclusión..... | 35 |
| XI. | Recomendaciones..... | 36 |
| XII. | Referencias Bibliográficas..... | 38 |

I. RESUMEN

El estudio de la técnica deportiva es esencial en los deportes eminentemente técnicos, como es el caso de los 100 metros llanos del atletismo. Tanto en atletas convencionales como atletas adaptados, en las carreras de velocidad, resulta necesario el análisis biomecánico de las distintas fases de la carrera. Esto permite analizar y comparar las diferentes adaptaciones biomecánicas de una atleta adaptada, respecto a los aspectos biomecánicos de una atleta convencional.

El objetivo de esta investigación fue determinar las diferencias biomecánicas entre una corredora convencional y una corredora adaptada durante la ejecución del gesto técnico de la carrera de 100 metros llanos.

Se utilizó como instrumento la observación directa, y como herramienta principal, un dron marca DJI, para la filmación de la carrera de 100 metros llanos tanto de la atleta convencional como de la atleta adaptada. Dichas carreras fueron llevadas a cabo en la pista de solado sintético "Luis Brunetto" de la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe.

Luego para la descarga y el procesamiento de los datos se utilizó el software Kinovea, especializado en análisis biomecánicos, el cual permitió obtener los resultados buscados.

Se concluyó que, si bien las comparaciones realizadas entre ambas corredoras no fueron estadísticamente significativas, dado el tamaño de la muestra presente, si se evidenciaron algunas particularidades a tener en cuenta para modelar el entrenamiento deportivo futuro. Dichas particularidades podrían incorporarse en las metodologías del entrenamiento de corredoras de 100 metros llanos adaptadas y convencionales.

II. INTRODUCCIÓN.

La carencia de conocimientos biomecánicos sobre la técnica de carrera de los deportistas adaptados, en una época en que este colectivo está obteniendo importantes triunfos internacionales, nos llevó a plantearnos la posibilidad de realizar un estudio biomecánico de este gesto motor que, por otro lado, es común a otros muchos deportes. El análisis de las particularidades de la técnica de la población adaptada con respecto a los convencionales nos puede proporcionar valiosa información con el objetivo de buscar soluciones orientadas a mejorar el rendimiento de los atletas adaptados.

La carrera es una forma de locomoción utilizada en la mayoría de las actividades físicas y deportivas en las que se requiere un rápido desplazamiento del cuerpo ⁽¹⁾. Existen numerosos estudios que se han realizado y publicado acerca de la biomecánica de la técnica de la carrera de las carreras de fondo, pero el número se reduce cuando se trata de carreras de velocidad.

La selección de una atleta adaptada aportara una importante novedad al estudio dado que, en la bibliografía consultada se han encontrado pocos artículos y estudios relacionados con la biomecánica de la carrera de atletas adaptados.

Desde el punto de vista de esta investigación, el análisis de la técnica de la carrera de los atletas adaptados no está lo suficientemente estudiado.

Estudios cualitativos previos desarrollados con anterioridad por Ferro ⁽²⁾, demostraron utilizando técnicas de video, que existían marcadas diferencias entre la técnica de atletas adaptados y atletas convencionales cuando corren a velocidad máxima, dado que se modifica la frecuencia de zancada.

En esta comparación que se realiza, se parte de la base de que si se analiza la biomecánica de la técnica de la carrera en las distintas fases de los 100 metros llanos, se puede hacer un análisis descriptivo de la misma con objeto de establecer el patrón individual y colectivo característico de los atletas adaptados que, contrastado con el de los atletas convencionales de alto nivel puede contribuir en la mejora de la técnica y del rendimiento deportivo.

Los estudios de la técnica deportiva, están basados en el clásico análisis cualitativo de Hay⁽³⁾. En este se identifican las variables que la caracterizan a partir de un criterio de eficacia, el tiempo. (Fig.1)

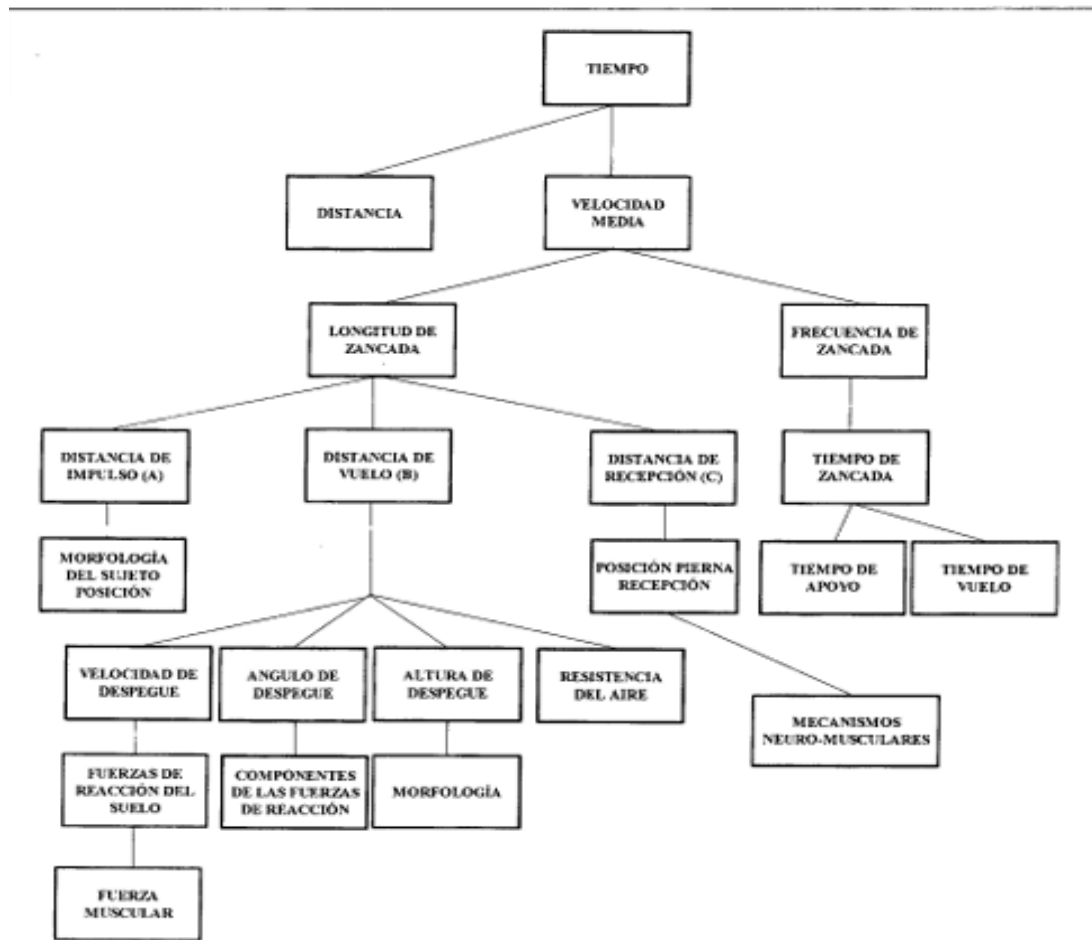


Fig.1 – Análisis cualitativo de la carrera (adaptado de Hay, 1985)⁽³⁾.

El posterior análisis cuantitativo de cada una de las variables, siguiendo una metodología y utilizando determinadas técnicas instrumentales, es el que permitirá realizar comparaciones entre los dos sujetos de estudio y su relación con las fases de la carrera.

El patrón articular del miembro inferior y superior desarrollado por el deportista es el que determina la eficacia de la técnica. Las articulaciones del miembro inferior, cadera, rodilla y tobillo son las principales responsables de generar fuerzas propulsivas para el avance y elevación del centro de gravedad mientras que el miembro superior participa, fundamentalmente, compensando los momentos angulares generados por las piernas.

Las fuerzas de reacción, se registran con objeto de conocer las cargas generadas por el deportista, es decir, las desarrolladas por la musculatura y las fuerzas externas.

La estructura de movimiento del acto de correr comprende una fase de apoyo y una fase de vuelo. Las mismas se pueden dividir en fases de apoyo anterior y de impulso, para la pierna de apoyo; y fases de balanceo anterior y de recuperación para la pierna libre ⁽⁴⁾.

Si bien no existe una única técnica de carrera, ya que la variabilidad entre personas es muy amplia, hay ciertos parámetros biomecánicos que deben cumplirse. Tales son:

- Que la pierna de apoyo al momento del impulso logre la triple extensión de tobillo – rodilla – cadera.
- Que la pierna libre al momento del contacto con el suelo lo haga por debajo de la cadera.
- Que la pierna libre logre una triple flexión de pie, tobillo, rodilla y cadera.
- El tronco debe tener una posición vertical apenas inclinada por encima de la cadera.

Entre otros.

Por lo tanto, ¿cómo difieren los aspectos biomecánicos de una atleta adaptada respecto a los de una atleta convencional? ¿Será mayor la frecuencia de pasos durante la carrera? ¿Se verán limitadas las angulaciones articulares y o la amplitud de zancada, debido a la hipertonía muscular?

En la siguiente investigación se realizará un análisis y comparación de los aspectos biomecánicos de una atleta convencional y una atleta adaptada categoría t36, en las diferentes fases de la carrera de 100mts llanos. Se tendrán en cuenta parámetros tales como frecuencia y cadencia de pasos, amplitud de zancada, ángulos articulares, entre otros.

III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuáles son las adaptaciones biomecánicas de una atleta adaptada categoría T36, respecto a los aspectos biomecánicos de una atleta convencional en las fases de una carrera de 100mts llanos?

IV. MARCO TEÓRICO.

iv.a Deporte Paralímpico

El deporte para atletas con discapacidad ha existido por más de 100 años, y el primer club deportivo para sordos ya existía en Berlín, en 1888.

Sin embargo, no fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial que fue ampliamente introducido. En ese entonces, el propósito era ayudar al gran número de veteranos de la guerra y a civiles que habían sido heridos durante ese período.

En 1944, a pedido del gobierno británico, el Dr. Ludwig Guttmann abrió un centro de lesiones en la médula espinal en el Hospital Stoke Mandeville de Gran Bretaña. Con el tiempo, el deporte de rehabilitación evolucionó a deporte recreativo y más tarde a deporte competitivo ⁽⁵⁾. El 29 de julio de 1948, el día de la Ceremonia de Apertura de los Juegos Olímpicos Londres 1948, el Dr. Guttmann organizó la primera competición para atletas en sillas de ruedas a la que llamó Stoke Mandeville Games, un hito en la historia Paralímpica. Más tarde, estos Juegos se convirtieron en los Juegos Paralímpicos, que tuvieron lugar por primera vez en Roma, Italia, en 1960, con la actuación de 400 atletas de 23 países. Desde entonces han sido celebrados cada cuatro años. Los primeros Juegos Paralímpicos de Invierno fueron celebrados en Suecia, en 1976, y al igual que los Juegos de Verano, han tenido lugar cada cuatro años, e incluyen una Ceremonia de Apertura Paralímpica y una Ceremonia de Clausura Paralímpica ⁽⁵⁾.

La inclusión de las personas con discapacidad en la vida en sociedad representa una lucha constante hoy en día. Al igual que en la estructura del deporte convencional, la creación de Federaciones Nacionales e Internacionales de diferentes discapacidades y deportes y el establecimiento de programas y competiciones deportivas desde el ámbito local hasta el ámbito mundial, han permitido el aumento de la repercusión que tienen estos deportistas en una sociedad calada por un deporte solamente concebido desde el prisma del espectáculo negocio. Desde que Ludwig Guttmann creó las "Olimpiadas del Deporte de Minusválidos" con un total de 16 participantes en la modalidad de tiro con arco, el número de atletas participantes ha ido creciendo hasta alcanzar su máximo en Londres 2012 con un total de 5.000 deportistas de 174 países diferentes.



Fig. 2 – Incremento del número de participantes en los juegos paralímpicos a lo largo de la historia. ⁽⁶⁾

No obstante, otras organizaciones internacionales orientadas a la discapacidad como la Asociación Internacional de Deportes y Recreación de Personas con Parálisis Cerebral (CIPISRA) y la Federación Internacional de Deportes para Ciegos (IBSA), fueron fundadas en 1978 y 1980. Las cuatro organizaciones internacionales sintieron la necesidad de coordinar los Juegos y así crearon el “Comité Internacional de Coordinación de Deportes para Discapacitados en el Mundo (ICC)”, en 1982.

El ICC fue originalmente compuesto por los cuatro presidentes de CIPISRA, IBSA, ISMGF e ISOD, los secretarios generales y un miembro adicional (al principio fue el vicepresidente, y después, el oficial técnico). El Comité Internacional de Deporte para Sordos (CISS) y la Federación Internacional de Deportes para Personas con Discapacidad Intelectual (INAS) se unieron en 1986, pero los sordos seguían manteniendo su propia organización. Sin embargo, los países miembros solicitaron más representación nacional y regional en la organización. Finalmente, el 22 de septiembre de 1989, el Comité Paralímpico Internacional fue fundado como una organización internacional sin fines de lucro en Dusseldorf, Alemania, para actuar como el órgano rector del Movimiento Paralímpico mundial.

La palabra “Paralímpica” deriva de la preposición griega “para” (al lado de o junto a) y la palabra “Olímpica”.

Su significado es que los Paralímpicos son los Juegos paralelos a los Olímpicos e ilustra cómo los dos movimientos existen uno al lado del otro ⁽⁵⁾.

iv.b. Atletismo.

iv.b.1 Atletismo Convencional

El atletismo es un deporte de competición que puede tener lugar en una pista cubierta o una pista al aire libre. Las principales disciplinas se encuadran en diferentes categorías: carreras, marcha, lanzamiento y saltos. Este deporte tiene la cualidad de desarrollar la capacidad deportiva del ser humano al máximo porque involucra tanto fuerza y capacidad como habilidad física y mental.

Hoy en día, la WORLD ATHLETICS (Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo) es el organismo rector de las competencias de atletismo a nivel mundial, encargado de establecer las reglas y otorgando la oficialidad a las marcas obtenidas por los atletas.

iv.b.2: Atletismo Adaptado

a. Definición

El atletismo adaptado como bien la palabra lo define se adapta a las posibilidades de cada atleta, con las directrices de su entrenador o técnico deportivo, quien tiene la función de ayudarlo para que pueda cumplir sus objetivos.

b. Reglamento

Las pruebas del atletismo adaptado resultan susceptibles de aceptar modificaciones para posibilitar la participación de las personas con discapacidades físicas, psíquicas o sensoriales. Los reglamentos están adaptados y permiten todos los cambios necesarios, para que los atletas integren en una categoría determinada, con sus características particulares.

Para la competición existen dos reglamentos, uno que refiere a los atletas en silla de ruedas y el otro para atletas de pie. El que nos acontece a nosotros se denomina Reglamento Internacional I.S.O.D ⁽⁵⁾.

c. **Clasificaciones medicas**

En atletismo compiten atletas de las seis Federaciones Internacionales de deportes para discapacitados (IOSDs). En lo que a nuestro estudio respecta nos centraremos en los Parálíticos Cerebrales CP-ISRA, dado que la atleta que salió sorteada para llevar a cabo dicho análisis padece un tipo de la misma. A partir de las clasificaciones medicas de las seis federaciones internacionales, en el atletismo se elaboran una serie de clasificaciones de dichos atletas, en las que se utiliza una nomenclatura específica. Para los diferentes niveles de parálisis cerebral las clases van de 32 a 38. En juegos paralímpicos delante del número se añade una letra para diferenciar las pruebas de carreras, saltos, lanzamientos y pentatlón. La letra T marca las pruebas de carreras, la letra F equivale a pruebas de saltos, lanzamientos y pentatlón ⁽⁶⁾.

d. **Parálisis Cerebral**

La parálisis cerebral es un grupo de trastornos que afectan el movimiento y el tono muscular o la postura. Se produce por el daño en el cerebro inmaduro en desarrollo, con mayor frecuencia antes del nacimiento.

Los signos y síntomas aparecen durante la infancia o los años preescolares. En general, la parálisis cerebral causa un deterioro del movimiento asociado con reflejos exagerados, distensión o espasticidad de las extremidades y el tronco, postura inusual, movimientos involuntarios, marcha inestable o alguna combinación de estos.

Las personas con parálisis cerebral pueden tener problemas para tragar y, por lo general, tienen un desequilibrio muscular ocular, en el que los ojos no se concentran en el mismo objeto. También pueden tener una amplitud de movimiento reducida en varias articulaciones del cuerpo debido a la rigidez muscular.

La causa de la parálisis cerebral y su efecto sobre la función varían enormemente. Algunas personas con parálisis cerebral pueden caminar; otras necesitan ayuda. Algunas personas tienen discapacidades intelectuales, pero otras no. También pueden tener epilepsia, ceguera o sordera. La parálisis cerebral es un trastorno de por vida. No existe cura, pero los tratamientos pueden ayudar a mejorar la función ⁽¹⁵⁾.

e. **Categoría T36**

La clasificación funcional de la atleta adaptada seleccionada para el estudio fue la T36 Atletas CP6. Que son atletas ambulantes que no tienen la

capacidad de permanecer quietos, muestran movimientos cíclicos involuntarios y habitualmente los cuatro miembros están afectados ⁽⁶⁾.

iv.c. Carreras de Velocidad

iv.c.1 Carrera

Se define la carrera, como una sucesión de apoyos de los pies sobre el suelo, intercalando en cada apoyo una fase de suspensión en el aire. En la carrera solo existen los apoyo simples y hay entre cada apoyo una pérdida del contacto con el suelo. Se conoce como zancada, el ciclo que va desde el despegue del pie al suelo, hasta establecer un nuevo contacto y realizar un nuevo impulso. La carrera de velocidad sin entrar en detalles fisiológicos es la habilidad motriz de desplazarse o recorrer un espacio en el menor tiempo posible ⁽⁴⁾.

iv.c.2. Biomecánica de la carrera

La velocidad de carrera de un atleta está determinada por la amplitud y frecuencia de zancada. El largo óptimo de zancada está determinado ampliamente por las características físicas del atleta y por la fuerza que ejerce en cada zancada. Esta fuerza está influenciada por la fuerza, las potencias y la movilidad del atleta. La óptima frecuencia de zancada depende de la mecánica de carrera, la técnica y la coordinación del atleta. También son importantes la resistencia específica y las tácticas, aunque varía el grado de importancia de las carreras de velocidad a las de ultra distancia ⁽⁷⁾.

iv.c.3. Estructura del movimiento

Cada zancada de carrera comprende una fase de apoyo y una fase de vuelo o suspensión (Figura 4). Las mismas se pueden dividir en fases de apoyo anterior y de impulso, para la pierna de apoyo; y fases de oscilación inicial, media y final o pre-contacto para la pierna libre. Las dos partes de la fase de apoyo son de fundamental importancia. En la fase de apoyo anterior existe en realidad una desaceleración del movimiento hacia delante del cuerpo del atleta. Esta debe ser minimizada para reducir el vector de frenada mediante (a) un implante activo del metatarso y (b) una acción de “zarpazo” del pie; que es un movimiento del pie hacia atrás que busca igualarse a la velocidad

del suelo cuando corremos, especialmente en las carreras de velocidad. Durante esta fase la energía es almacenada en los músculos mientras la pierna se flexiona para absorber el golpe de la caída, un proceso conocido como amortiguación. En este momento es muy importante la flexión de rodilla de la pierna que contacta con el suelo, si hay una excesiva flexión, disminuye el impacto vertical, pero aumenta el trabajo de cuádriceps y patela. Por otro lado si la articulación de la rodilla choca de forma más recta, aumenta el impacto vertical, pero disminuye el trabajo de estas estructuras.

Lo ideal será contactar el suelo con 20° de flexión de cadera y otros 20° de flexión de rodilla de manera que el ángulo de la tibia con la vertical sea lo más cercano a 0°. Esto ayuda también a disminuir el vector de frenado.

La fase de impulso es la única parte de la zancada que acelera el cuerpo. El objetivo del atleta en esta fase es aplicar la mayor cantidad de fuerza hacia el suelo en el menor tiempo posible. Esta fuerza es creada por contracciones de los músculos de la pierna y la liberación de la energía almacenada en los músculos y tendones a medida que se extiende la pierna. Para lograr máxima aceleración de cada zancada es esencial una buena extensión de cadera con ante-versión de la pelvis para conseguir que el empuje nos haga no solo saltar hacia arriba, sino también hacia adelante. Esta extensión de la cadera durante la propulsión, permite que los flexores de cadera realicen una tensión, acumulando energía elástica que será empleada durante la oscilación para avanzar la pierna hacia adelante con menor trabajo interno.

Para la pierna libre en la fase de oscilación inicial se trata del movimiento realizado por la misma mientras la otra se encuentra en el máximo apoyo. Es importante que la flexión de rodilla sea menor de 90°, permitiendo que el centro de gravedad se acerque a la cadera para que la pierna pueda oscilar más rápido. De esto dependerá que usemos un ciclo pendular o circular.

Durante la fase de oscilación media, la pierna está en el aire cuando la otra se dispone a realizar la propulsión. La rodilla se encuentra en su punto más anterior y la cadera en máxima flexión.

Durante la oscilación final o pre-contacto la rodilla se extiende mientras la cadera continua en máxima flexión. Esta extensión es controlada de forma

excéntrica por los isquiotibiales, preparando el aterrizaje de la pierna junto con el glúteo medio.

Una completa extensión de las articulaciones del tobillo, rodillas y caderas en combinación con un balanceo activo de la pierna libre y el potente impulso de los brazos. (1, 7, 8)

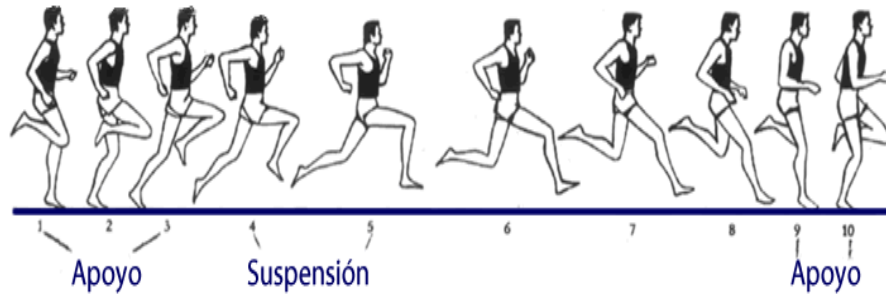


Fig. 3 -: Fases de la carrera. Apoyo y suspensión ⁽⁴⁾.

iv.c.4. Clasificación y características de las Carreras de Velocidad.

Las distancias de las carreras de velocidad que se disputan son: 60m, 100m, 200m y 400m. A su vez, se incluyen las carreras de relevos 4x100m y 4x400m; y también las carreras con vallas de 60m con vallas para hombres y mujeres, 100m con vallas para mujeres, 110m con vallas para hombres y 400m con vallas para ambos géneros.

En estas carreras a diferencia de las carreras de distancias largas, la partida se realiza desde un taco de partida (partida baja). El objetivo de la salida en las carreras de velocidad es maximizar el empuje de las piernas sobre los tacos. En esta fase se busca romper el equilibrio estático para pasar al dinámico en el menor tiempo posible y así optimizar la fase de aceleración.

Las características motrices decisivas de la velocidad de carrera son la frecuencia y la longitud de las zancadas. Su predominio es actualmente discutido, siendo evidente objetivamente que una pérdida de velocidad va pareja con un decrecimiento de la frecuencia y que un incremento de ambos parámetros reduce el tiempo del sprint. Un desarrollo óptimo con predominio

de una u otra característica produce con seguridad el rendimiento máximo individual, el cual también depende mucho de las características antropométricas, musculares y genéticas.

También los tiempos de apoyo y de vuelo de cada zancada han de considerarse en estrecha relación con longitud y frecuencia de las mismas. Según mediciones existentes, los tiempos de apoyo disminuyen con una mayor velocidad de carrera, mientras que la fase de vuelo aumenta, la relación entre tiempo de vuelo y tiempo de apoyo se incrementa y la duración de la zancada decrece. El tiempo de apoyo promedio de los hombres y mujeres es de unos 0,10 seg y la duración de la zancada de unos 0,22seg⁽⁹⁾.

iv.c.5. Carrera de 100 metros llanos.

La carrera de 100 metros llanos, es una actividad deportiva de muy corta duración que consiste en correr, en un suelo nivelado, la distancia de 100 metros, a la mayor velocidad posible. Requiere durante su realización del uso de diferentes modelos técnicos aplicados en los diferentes movimientos ejecutados durante sus diferentes fases⁽¹⁰⁾.

Es una de las pruebas que generan mayor interés en el ámbito del atletismo, por lo que en la literatura científica se puede constatar que este tipo de carreras han sido estudiadas desde una perspectiva cinemática en atletas sin discapacidad. Algunos de los parámetros más habituales utilizados para su análisis son el tiempo de carrera, la velocidad media, el tiempo de reacción, el número de pasos, la frecuencia media, el tiempo medio de paso y la amplitud media de paso.

iv.c.6 Fases de la carrera de 100 metros llanos.

La carrera de 100m puede subdividirse en 4 fases: fase de salida (incluye el tiempo de reacción), fase de aceleración (punto máximo de velocidad), fase de velocidad máxima y fase de aceleración negativa o deceleración (también conocida como resistencia a la velocidad)⁽¹¹⁾. (Figura 5).

En ella podemos diferenciar:

- La extensión del recorrido de aceleración,
- La velocidad máxima alcanzada,

- El nivel de resistencia de sprint.

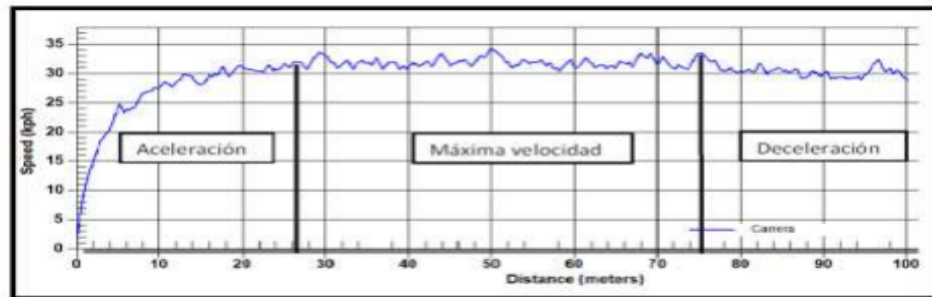


Fig. 4 – Fases de la carrera de 100 metros llanos ⁽¹³⁾

- **Fase de la partida.**

La salida baja se divide en cuatro fases: Posición a “sus marcas”, “listos”, impulso y aceleración. (Figura 6)

1. En la posición “a sus marcas” el atleta coloca las manos junto a la línea de salida, separadas entre sí algo más que la anchura de sus hombros y equidistante del eje del cuerpo. Los dedos de las manos forman bóveda entre el pulgar y el resto de los dedos. La cabeza, en continuación del cuerpo. La rodilla correspondiente al taco de atrás, apoyada en el suelo.
2. En la posición “listos” el velocista se eleva y adelanta suavemente la cadera, hasta sobrepasar la altura de los hombros (que en ese momento sobrepasan, a la vez, ligeramente, la línea de salida). El ángulo de la pierna anterior es de 90° y el de la posterior 120°; las dos pantorrillas quedan sensiblemente paralelas y los pies fuertemente apoyados en los tacos.
3. En la *fase de impulso*, al emitirse el disparo, el atleta empuja con las dos piernas simultáneamente y al máximo de su fuerza, lanzando hacia adelante el brazo de la pierna adelantada. Aunque sabemos que las piernas no empujan simultáneamente (la delantera lleva un retraso de unas 4 centésimas de segundo en relación con la otra), a efectos de enseñanza, el corredor tiene que aplicar la fuerza a la vez, aunque automáticamente se transforma en un trabajo no simultáneo.

Al momento del despegue de los bloques, la pierna atrasada debe impulsarse rápidamente hacia adelante flexionándose tanto la cadera como la rodilla y el tobillo, mientras que la pierna adelantada se impulsara del taco extendiéndose completamente formando una línea de fuerza desde el tobillo hasta la cabeza. En esta posición las tibias deberán encontrarse paralelas entre sí. Los brazos trabajan en coordinación con las piernas en un movimiento activo adelante-atrás.



Fig. 5 - Partida de taco ⁽⁴⁾.

- **Fase de aceleración.**

En esta fase el velocista aumenta la velocidad y realiza la transición hacia la acción de carrera. El primer paso es el más corto, comenzando un aumento gradual de los pasos de unos 20 cm cada uno, alcanzando la longitud normal hacia los 13-15 pasos. El movimiento tiene que ser muy activo, enérgico, sin pausas, buscando una aceleración continuada por medio de la elevación enérgica de la pierna libre y la extensión simultánea de la otra pierna. No hay que olvidar nunca el recorrido del pie correspondiente a la pierna libre, que pasa hacia delante muy próximo al glúteo. Tiene importancia capital para conseguir una buena aceleración el contacto activo y rítmico de los pies abajo –atrás del centro de gravedad. Cuanto más activo y más rápido sea el apoyo, mayor será la aceleración ⁽⁴⁾. Esta fase es un factor muy importante para alcanzar altas velocidades y realizar una eficiente transición hacia la acción de máxima velocidad. La aceleración tiene como objetivo aumentar la velocidad, mediante el incremento de la longitud de la zancada y la frecuencia de la misma. (Figura 6)

- **Fase de velocidad máxima.**

La velocidad máxima y la posición erecta de carrera deben alcanzarse progresivamente, sin tensiones innecesarias y con la máxima soltura. Las diferentes características de las zancadas iniciales tienen lugar automáticamente, simplemente porque se trata de un período de gran aceleración. La "tasa" de aceleración se reduce gradualmente hasta que, unos seis segundos después, aproximadamente, se alcanza un período de velocidad constante que se mantiene. Esta velocidad es alcanzada aproximadamente entre los 50 y 60 m en la rama masculina y en la femenina entre los 40 y 50 m. Al término de esta distancia se presenta la máxima velocidad, que es una manifestación coordinativa de los movimientos alcanzados. La máxima velocidad tiene una duración de 15 a 20 m aproximadamente ⁽¹²⁾.

- **Fase de Resistencia a la Velocidad.**

La resistencia a la velocidad es la capacidad de resistir frente a la disminución de la velocidad causada por el cansancio en caso de movimientos cíclicos de velocidades de contracción máximas. En el sprint su influencia sobre el rendimiento abarca en parte la fase de velocidad máxima constante y ante todo la fase de bajada de velocidad. Esta fase se da a partir de los 70m en adelante. Resultan decisivo el componente alactacido y el elevado nivel de producción de lactato en cuanto a la vía energética anaeróbica que se solicita ⁽¹²⁾.

V. OBJETIVOS.

a. General:

Analizar y comparar los aspectos biomecánicos de la carrera de 100mts llanos de una atleta adaptada y una atleta convencional.

b. Específicos:

- i.** Registrar la frecuencia de pasos y establecer una comparación de la carrera entre ambas atletas.
- ii.** Medir los grados de ángulos articulares a fin de evaluar asimetrías y contrastar con la ejecución de una óptima técnica de carrera.
- iii.** Analizar los apoyos anteriores de la pierna libre y su ubicación respecto al centro de masa para determinar si existe acción de frenado.
- iv.** Calcular la amplitud de zancada para obtener datos respecto de los posibles acortamientos musculares debido a la hipertonia propia de la parálisis cerebral.

VI. JUSTIFICACIÓN.

El rendimiento de nuestros atletas paralímpicos está ubicado actualmente en un excelente nivel y, por ello, conservar dicho nivel, incluso mejorarlo, es tarea tanto de los entrenadores como de los investigadores que trabajan en las distintas disciplinas científicas del deporte: fisiología, psicología, biomecánica, etc ⁽¹⁴⁾. El compromiso adquirido en este análisis es el de encontrar las particularidades existentes entre la carrera de velocidad de atletas con parálisis cerebral categoría T36 y atletas convencionales.

El análisis de las peculiaridades de la técnica de carrera, desde un punto de vista cinemático, de velocistas con parálisis cerebral y convencional, será de gran utilidad para que entrenadores, preparadores físicos y atletas tengan un apoyo científico y tecnológico que proporcione datos sobre un prototipo anatómico y técnico el cual podrá ser adaptado al sujeto al cual se quiera implementar mejorando su técnica y desempeño durante la ejecución del movimiento proporcionando información cuantitativa sobre el rendimiento que permitirá buscar la forma óptima de obtener mejoras. Así mismo, brindará determinados parámetros de referencia que guiarán a los entrenadores a la hora de elegir el sistema de entrenamiento más adecuado a las individualidades de cada deportista adaptado.

VII. METODOLOGÍA.

Se realizó un estudio de comparación, de carácter observacional, del tipo retrospectivo y transversal. Para ello se establecieron como variables principales la técnica de la carrera y el tipo de discapacidad destacando que las mismas son variables no controladas, ya que en este estudio ninguna de ellas fue manipulada, sino que se utilizaron como método de observación para llevar a cabo el estudio.

vii.a. Descripción de la Muestra:

Se realizaron dos sorteos entre un grupo de atletas convencionales y un grupo de atletas adaptados para determinar la muestra de forma aleatoria. El tamaño de muestra que se determinó para el estudio fue de una atleta de cada grupo y los criterios de inclusión fueron:

- Ser velocista corredor de 100 metros llanos
- Tener experiencia mayor a un año en el entrenamiento de alto rendimiento.
- Pertenecer a un equipo provincial o nacional.
- Haber participado por lo menos en un campeonato nacional en el transcurso del último año.

vii.b. Diseño Experimental:

Luego se citó a las atletas a la pista de atletismo “Jose Luis Brunetto”, donde se les pidió que realicen su entrada en calor habitual. Una vez finalizada la misma, con la indumentaria correspondiente se llevó a cabo la carrera. Ambas pruebas se realizaron en la misma franja horaria y bajo las mismas condiciones durante el mes de enero del año 2022.

Las atletas iniciaron la carrera desde un taco de partida tras una señal acústica dada. Los carriles donde cada atleta ejecuto la prueba fueron marcados cada 10metros y divididos en tres zonas:

- Una *primera zona de aceleración*, donde las atletas partiendo de un taco debieron alcanzar su velocidad máxima. En el caso de atletas femeninas esta velocidad máxima es alcanzada alrededor de los 40 metros por lo que la zona delimitada fue de dicha longitud ⁽¹⁰⁾.
- Una *segunda zona de 30 metros de longitud*, donde se tomaron todos los datos necesarios para el análisis de las variables presentadas anteriormente.
- Y una *tercera zona de 30mts de longitud*, en la que se estimó que allí las atletas disminuirían su velocidad, ya que es una fase de velocidad negativa o resistencia a la velocidad.

vii.c. Técnicas Instrumentales:

Para la obtención de los datos se utilizó como instrumento de medición un Drone marca DJI, con el cual se hicieron tomas desde el plano sagital a cada una de las atletas de forma individual.

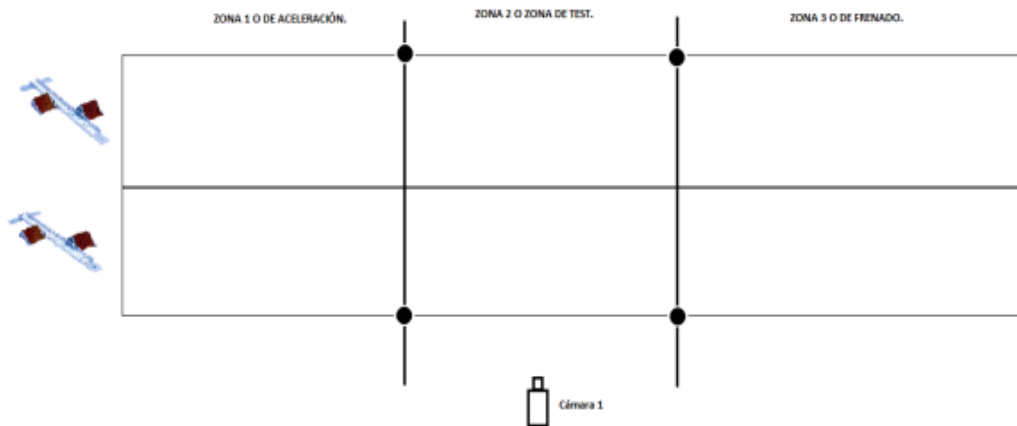


Fig. 6 – Configuración del espacio durante la realización de la prueba

vii.d. Tratamientos de datos y generación de resultados:

Para el procesamiento de datos se utilizó una computadora marca HP con el sistema operativo Microsoft® Windows 10 Pro™ x64bits. Y para el análisis de los videos se utilizó el software Kinovea, un programa especialmente diseñado para permitirnos analizar videos deportivos y encontrar los fallos (de coordinación, de técnica o de estrategia, por ejemplo) para corregirlos.

- Permite comparar 2 videos de forma simultánea para encontrar diferencias en la ejecución deportiva.
- Permite sincronizar 2 videos para poder ver un mismo evento/ejecución desde diferentes puntos de vista.
- Ofrece la posibilidad de marcar partes de los videos con comentarios para trabajar sobre ellos posteriormente.
- Permite marcar la trayectoria del deportista o de la pelota, por ejemplo.
- Podemos ampliar una parte del video para ver con más detalle un movimiento o efecto en concreto.
- Soporta la posibilidad de que podamos introducir cronómetros en la imagen para controlar el tiempo.

VIII. RESULTADOS

■ Análisis de Datos:

I. Para la obtención de la **frecuencia de pasos** se usó el instante en el que el pie tomaba contacto con el suelo en cada apoyo. Se registró mediante el método de observación un total de 55 pasos en la atleta convencional y 61 pasos en la atleta adaptada.

Hay que destacar que dependiendo el periodo en el que las deportistas estén y si existe o no presencia de rivales, estos números probablemente se vean afectados.

Luego se hizo un cálculo para determinar la frecuencia de pasos. En el mismo se divide la cantidad de pasos por el tiempo total de la carrera. Esto arrojó como resultado una frecuencia de 4,23 pasos por segundo en la atleta convencional, mientras que para la atleta adaptada la frecuencia fue de 4,69 pasos por segundo.

II. En términos de **ángulos** se observó lo siguiente:





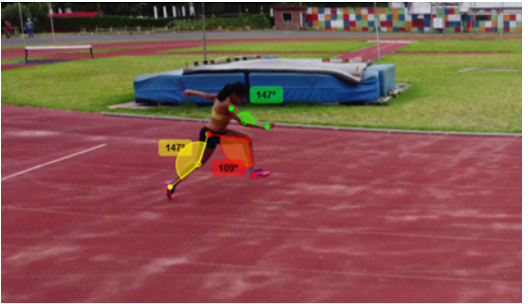



POSICIÓN DE LISTOS

| ATLETA ADAPTADA | ATLETA CONVENCIONAL |
|---|---|
|  |  |
| <p>En la posición de listos se observa que el ángulo que se forma en la articulación de la rodilla de la pierna trasera es de 115°. Los hombros están atrasados respecto a las manos, y la cadera excesivamente elevada. La articulación de la cabeza sigue la línea de la columna, posicionando la vista hacia abajo, lo cual es correcto.</p> | <p>En este caso se observa que la pierna delantera presenta una buena angulación (89°), mientras que en la pierna trasera el ángulo debería ser mayor. Los hombros a su vez deberían sobrepasar apenas la línea formada por las manos. La articulación de la cabeza está en extensión, y la vista no está orientada hacia el suelo.</p> |

PARTIDA DE TACO

| ATLETA ADAPTADA | ATLETA CONVENCIONAL |
|--|---|
|  |  |
| <p>En la partida se observa que no se forma la línea de fuerza que debe existir desde la articulación del tobillo hasta la cabeza, la flexión de cadera está aumentada. El ángulo debería ser cercano a 180°, y analizando el ángulo inverso, se detecta que a la atleta le faltan 25° para llegar a la máxima extensión. En las articulaciones de rodilla y tobillo de la pierna libre, los ángulos son de 92° y 89° respectivamente.</p> | <p>Aquí la línea de fuerza no se forma completamente, ya que existe una mínima flexión en la articulación de la cadera. El suplemento del ángulo es de 12°. El ángulo de flexión de la pierna libre es de 104°, por lo tanto las tibias no están paralelas. El tobillo presenta un buen dorso-flexión. La articulación del codo está excesivamente extendida.</p> |

FASE DE ACELERACIÓN (0 a 40mts)

| ATLETA ADAPTADA | ATLETA CONVENCIONAL |
|--|--|
|  <p>Primer apoyo</p> |  <p>Primer apoyo</p> |
|  <p>Segundo apoyo</p> |  <p>Segundo apoyo</p> |
|  <p>Tercer apoyo</p> |  <p>Tercer apoyo</p> |
|  <p>Cuarto apoyo</p> |  <p>Cuarto apoyo</p> |
| <p>En los cuatro primeros pasos de la fase de aceleración se puede visualizar que ambas piernas al momento de empujar no logran extenderse completamente, los ángulos van de los 143° llegando como máxima extensión a los 161°, únicamente con la pierna derecha en el primer apoyo. La pierna izquierda cuando actúa como pierna libre</p> | <p>Los ángulos en ambas piernas son cercanos a los 180°, a excepción del primer apoyo de la pierna derecha, donde se aprecia una leve flexión en la rodilla. En la posición de libre ambas piernas presentan ángulos cerrados, a diferencia del momento de la partida, donde la rodilla se mostraba más extendida.</p> |

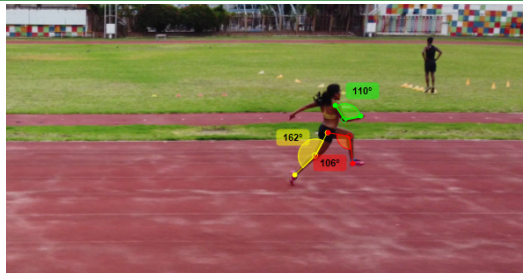
presenta demasiada extensión en la rodilla, superando los 100°. La pierna derecha muestra ángulos más cerrados.

En el brazo derecho se aprecia que los ángulos son amplios, cercanos a los 180° en algunos casos. No hay prácticamente flexión de codo.

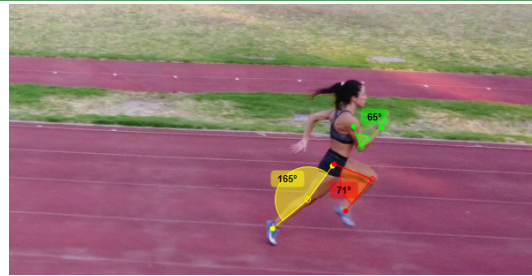
El brazo derecho al momento de impulsarse hacia delante presenta una buena flexión de codo, mientras que al extenderse el hombro, se observa que el codo realiza la misma acción.

FASE DE VELOCIDAD MÁXIMA 50 A 60mts

| ATLETA ADAPTADA | ATLETA CONVENCIONAL |
|--|---|
|  <p>Primer apoyo</p> |  <p>Primer apoyo</p> |
|  <p>Segundo apoyo</p> |  <p>Segundo apoyo</p> |
|  <p>Tercer apoyo</p> |  <p>Tercer apoyo</p> |
| | |



Cuarto apoyo




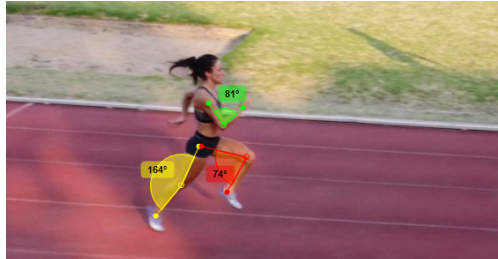


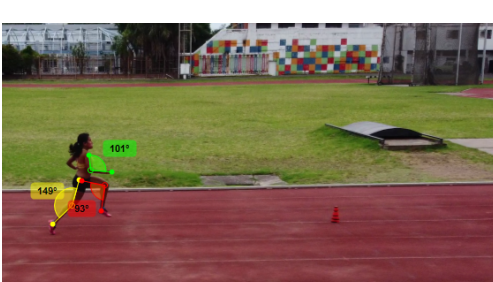
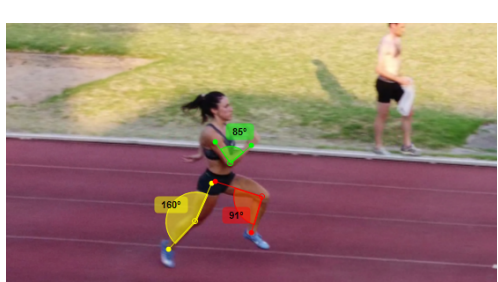


Cuarto apoyo

En esta fase se observa que los ángulos de la articulación del codo derecho son más cerrados que en la aceleración, aunque no llegan a los 90° de flexión. Reparando en los miembros inferiores notamos que, al empujar, ambas piernas llegan a grados similares de extensión entre sí. Al momento de balanceo anterior, la pierna izquierda sigue presentando mayor extensión en la rodilla que la derecha, sin embargo hay más flexión que en la fase de aceleración.

La pierna derecha alcanza apenas unos grados más de amplitud que la pierna izquierda al momento de extenderse y empujar. En el movimiento contrario, de manera similar a lo anterior, se observan 10° de diferencia entre una pierna y otra en la articulación de la rodilla. El movimiento del brazo es similar a la fase anterior, extendiendo el codo al ir hacia atrás.

FASE DE RESISTENCIA A LA VELOCIDAD 80 A 90m

| ATLETA ADAPTADA | ATLETA CONVENCIONAL |
|---|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| <p data-bbox="204 1749 793 2020">La pierna derecha mantiene la triple extensión de forma similar a las fases anteriores. En cuanto a la izquierda se puede notar que los ángulos son apenas mayores que en las fases anteriores y a su vez, mayores que los de la pierna derecha. Actuando como pierna libre el ángulo de flexión de la rodilla es menor que en las fases anteriores. Por el contrario, la pierna</p> | <p data-bbox="815 1749 1404 2020">Los ángulos de las piernas durante la extensión son similares a las fases anteriores, tal y como sucede con la otra atleta. En la flexión de rodilla y cadera también presentan ambas piernas entre sí, ángulos semejantes. En el codo ocurre lo mismo que en las otras fases, no hay una flexión adecuada de dicha articulación. Tiende a la extensión, en lugar de</p> |

derecha presenta ángulos un tanto mayores. La flexión de codo se ve aumentada en esta fase.

mantenerse flexionado, al momento que el hombro se extiende.

III. En cuanto a los **apoyos de la pierna libre**, se pudo observar en cada fase que:

Fase de Aceleración

| Atleta Adaptada | Atleta Convencional |
|---|--|
|  <p data-bbox="213 1252 411 1279">Apoyo Pierna izquierda</p> <p data-bbox="453 1252 651 1279">Apoyo Pierna derecha</p> |  <p data-bbox="863 1238 1061 1265">Apoyo Pierna izquierda</p> <p data-bbox="1102 1238 1300 1265">Apoyo Pierna derecha</p> |
| <p data-bbox="213 1339 774 1491">En la aceleración los apoyos de ambas piernas están por adelante del centro de gravedad. El tronco no debería estar vertical, y los apoyos deberían ser por debajo de la cadera.</p> | <p data-bbox="783 1339 1377 1491">En esta fase se observa que tanto el pie derecho como el izquierdo al momento del impacto con el suelo, están levemente adelantados del centro de gravedad.</p> <p data-bbox="783 1503 1377 1615">Al igual que se nota un apoyo completo de la planta del pie, cuando esto no debería suceder ya que el contacto debería ser con el metatarso.</p> |

Fase de Velocidad Máxima

| Atleta Adaptada | Atleta Convencional |
|---|---|
|  <p style="text-align: center;">Apoyo pierna izquierda Apoyo pierna derecha</p> |  <p style="text-align: center;">Apoyo pierna izquierda Apoyo pierna derecha</p> |
| <p>En esta fase se aprecia que la pierna derecha contacta el suelo muy por delante de la cadera, el tronco está retrasado y la cadera a su vez, flexionada, lo que pone a la vista lo comúnmente llamado como 'correr sentado' o con la cadera baja. Por el lado de la pierna izquierda, si bien la atleta no realiza el apoyo por debajo de la cadera se puede apreciar que se encuentra más cerca del centro de masa que el otro miembro.</p> | <p>Aquí se observa que la pierna izquierda se encuentra por debajo del centro de gravedad, notando que el tronco de la atleta posee una leve inclinación hacia adelante.</p> <p>Y en la pierna derecha, el apoyo si se encuentra por delante del centro de masa.</p> <p>Con respecto a los pies se puede decir que, nuevamente fueron implantes completos y no solo de metatarso.</p> |

Fase de Resistencia a la Velocidad

| Atleta Adaptada | Atleta Convencional |
|--|---|
|  <p style="text-align: center;">Apoyo piernas izquierda Apoyo pierna derecha</p> |  <p style="text-align: center;">Apoyo piernas izquierda Apoyo pierna derecha</p> |
| <p>En la fase de resistencia a la velocidad los apoyos</p> | <p>En esta fase, con respecto a la pierna izquierda si bien hay una ligera flexión de tronco hacia adelante, el</p> |

| | |
|--|---|
| <p>siguen siendo muy por delante del centro de gravedad. La cadera no está tan flexionada, y el tronco está retrasado.</p> | <p>apoyo esta apenas adelantado del centro de masa. En la pierna derecha si es mucho más pronunciado el apoyo por delante. Los pies siguen apoyándose por completo.</p> |
|--|---|

iv. Amplitud de zancada.

Para calcular la amplitud de zancada se estimó la distancia tomando como referencia determinados puntos previamente marcados cada diez metros en la recta principal de la pista, dónde fueron filmados los vídeos.

Fase de Aceleración

| Atleta Adaptada | Atleta Convencional |
|---|--|
|  |  |
| <p>La marca está situada en los 10 metros. Distancia desde el primer apoyo a la marca: 1,47 mts. Distancia desde la marca al segundo apoyo: 2,02 mts. Distancia total de la zancada: 3,49 mts.</p> | <p>Distancia desde el primer apoyo a la marca: 1,42 mts. Distancia desde la marca al segundo apoyo: 1,70 mts. Distancia total de la zancada: 3,12 mts.</p> |

Fase de Velocidad Máxima

| Atleta Adaptada | Atleta Convencional |
|---|---|
|  |  |
| <p>La marca está situada en los 40 metros. Distancia desde el primer apoyo a la marca: 1,63 mts. Distancia desde la marca al segundo apoyo: 1,76 mts. Distancia total de la zancada: 3,39 mts.</p> | <p>La marca está situada en los 50 metros. Distancia desde el primer apoyo a la marca: 5,50 mts. Distancia desde el segundo apoyo a la marca: 1,27 mts. Distancia total de la zancada (5,50 – 1,27): 4,23 mts.</p> |

Fase de Resistencia a la Velocidad

| Atleta Adaptada | Atleta Convencional |
|---|---|
|  |  |
| <p>La marca está situada en los 90 metros. Distancia desde el primer apoyo a la marca: 1,10 mts. Distancia desde la marca al segundo apoyo: 1,96 mts. Distancia total de la zancada: 3,06 mts.</p> | <p>La marca está situada en los 90 metros. Distancia desde el primer apoyo a la marca: 3,45 mts. Distancia desde el segundo apoyo a la marca: 71,75 cm. Distancia total de la zancada: 4,16 mts.</p> |
| <p>En este caso se aprecia como la amplitud de zancada va decreciendo durante la carrera, cuando debería apreciarse una mayor amplitud en la segunda fase.</p> | <p>Por el lado de la atleta convencional se visualiza como en la fase de velocidad máxima alcanza la máxima amplitud de zancada.</p> |

IX. DISCUSION.

Respecto a los objetivos específicos:

Se determinó que tanto la longitud como la frecuencia de zancada fueron los parámetros que marcaron la mayor diferencia en el rendimiento entre la velocista con parálisis cerebral y la velocista convencional.

La atleta adaptada necesito realizar una mayor cantidad de pasos para cubrir la distancia (4.69 pasos/seg) mientras que la atleta convencional realizo un promedio de 4.23 pasos/seg.

En relación a la longitud de zancada la atleta adaptada marco un promedio de 3.31mts y la atleta convencional un promedio de 3.83 mts.

Desde el punto de vista anatómico y biomecánico estos factores tienen relación con la estatura y longitud de la extremidades así como la condición física, la cual limitará la frecuencia de la zancada; es decir que la zancada es la responsable de mantener o disminuir la velocidad, ya que al tener un gran alcance y frecuencia constante esta garantizara un tiempo menor al recorrer una distancia. Por lo tanto la atleta adaptada al haber tenido una mayor frecuencia y una menor longitud de zancada necesito de un mayor gasto energético para cubrir la distancia de carrera, no siendo esto una correcta eficiencia mecánica.

En lo que respecta a los grados articulares de los miembros inferiores se observó que:

Durante la *fase de partida* en la posición de "listos", el ángulo que se formó en la articulación de la rodilla de la pierna posterior de la atleta adaptada es de 115° y la pierna delantera es de 98°. En la atleta convencional el ángulo de la pierna posterior fue de 104° y la anterior de 89°.

En ambas atletas se pudo observar que sus hombros se encontraban atrasados respecto de la línea de las manos. Por lo tanto este podría ser el motivo por el cual el ángulo de la pierna atrasada es menor a los parámetros normales.

Continuando con *la partida de taco*, ninguna de las dos atletas logró formar por completo la línea de fuerza que se extiende desde la articulación del tobillo hasta la cabeza. En la atleta convencional el ángulo de la articulación de la cadera fue

de 192° mientras que en la atleta adaptada fue de 205°, debido a que presento una mayor flexión de cadera. Y haciendo referencia a la pierna libre la atleta adaptada mostro un ángulo de 92° y la atleta convencional un ángulo de 104° notándose como las tibias de ésta última no estaban paralelas.

En relación a la *fase de aceleración*, en los 4 primeros pasos de la atleta adaptada se observó que esta no logro extender completamente ninguna de las dos piernas al momento de empujar. Mientras que en la atleta convencional los ángulos de ambas piernas fueron cercanos a los 180°.

Con respecto a la pierna libre la atleta adaptada presento demasiada extensión en la rodilla a diferencia de la atleta convencional que mostro ángulos más cerrados.

Durante la *fase de velocidad máxima*, la atleta adaptada al empujar logro grados similares de extensión entre ambas piernas, siendo estos mayores a los de la fase de aceleración. La pierna libre presento una mayor flexión en la articulación de la rodilla que en la fase anterior. Sin embargo se observó que existe una asimetría entre sus miembros inferiores siendo mayores los ángulos en la pierna izquierda en comparación con la derecha. Y en la atleta convencional tanto con la pierna derecha como con la pierna izquierda logro una correcta triple extensión al momento del empuje. Por el lado de la pierna libre presento una buena angulación.

Durante la *fase de pérdida de velocidad* ambas atletas lograron una triple extensión en la pierna de empuje. En la pierna libre la atleta adaptada mostro una flexión más marcada en la articulación de la rodilla.

Por lo tanto se concluyó que en esta fase se asemejaron más los ángulos entre ambas atletas, tanto de la pierna libre como la de empuje.

En lo que respecta a los grados articulares de los miembros superiores se observó que ambas atletas a lo largo de todas las fases de la carrera, al momento de llevar el brazo hacia atrás, la extensión del hombro fue acompañada de una extensión de codo, lo cual no debería ocurrir teniendo en cuenta los parámetros establecidos de una técnica de carrera correcta. Al momento de antepulsar el hombro, el codo de la atleta convencional si se flexiono mientras que el de la atleta adaptada mostro ángulos superiores a los 100° no logrando flexionarse adecuadamente.

Finalmente concluyendo con los ángulos articulares presentados en cada fase de la carrera se determinó que la hipertonía muscular puede influir en que la atleta adaptada no logre los grados articulares óptimos que permitan una ejecución eficiente de la técnica de la carrera en cada fase y de la partida de taco, de forma correcta.

En última instancia analizando y observando las imágenes en lo que respecta a los apoyos durante la *fase de aceleración*, la atleta adaptada los realizó muy por delante del centro de gravedad, generando una carrera con el tronco excesivamente vertical, lo cual no es óptimo para poder imprimir la fuerza necesaria en el suelo al momento de acelerar. La atleta convencional si bien tampoco realizó los apoyos por debajo de su centro de masa, estos fueron un poco más cercanos al mismo que en la atleta adaptada.

Durante la *fase de velocidad máxima* se puede apreciar en la atleta adaptada una marcada diferencia entre ambos miembros. Por el lado de la pierna derecha se observa como el contacto del pie se encontró muy alejado del centro de masa, generando una posición retrasada del tronco, no así durante el contacto con la pierna izquierda, que se encontró un poco más por debajo del centro de gravedad. La atleta convencional realizó ambos apoyos por debajo de su centro de masa correctamente.

En la *última fase de la carrera* ambas atletas mostraron apoyos por delante del centro de gravedad, sin embargo fueron mucho más marcados en la atleta adaptada, haciendo que su tronco se encontrase muy atrasado, lo cual podría deberse a que en esta fase tiende a perderse velocidad. La atleta convencional tampoco realizó correctamente sus apoyos, pero sí mostró el tronco un poco más adelantado que la atleta adaptada.

X. CONCLUSIÓN.

En base al análisis e interpretación de los datos plasmados en el presente análisis comparativo y de acuerdo con los objetivos planteados ha sido posible encontrar diferencias biomecánicas entre ambas atletas.

Si bien el tamaño de la muestra utilizado fue reducido y limitante en el alcance de resultados, se logró llevar a cabo la comparación.

Consideramos que para futuros estudios sería acorde poder realizar el análisis comparativo con un grupo de muestra mayor. Como así también contar con dispositivos más sofisticados que puedan arrojar mayor cantidad de datos que contribuyan en el análisis.

Como conclusión final podemos decir que en los análisis dinámicos llevados a cabo en pruebas de velocidad, uno de los focos de interés desde el ámbito científico y del entrenamiento es la importancia de las fuerzas horizontales y verticales aplicadas durante la carrera por el atleta y su relación con el rendimiento. Respecto a la revisión de los planes de entrenamiento escrito y el contenido de las sesiones de entrenamiento, se aprecian medios relacionados con la enseñanza de la técnica y, en pocos casos, se mencionan tareas en función del perfeccionamiento a través del análisis individual. Esto puede deberse a la escases de medios disponibles para el perfeccionamiento, poca sistematicidad del proceso de entrenamiento, Ineficiente trabajo de las capacidades coordinativas complejas como el aprendizaje motor y la agilidad, sin descuidar otras y la falta de estándares biomecánicos acorde a las características de los atletas de velocidad adaptados.

Es por esto que este análisis puede considerarse novedoso porque abre un camino hacia la discusión sobre su utilidad y aplicabilidad con vista a la mejora de la biomecánica de la carrera de un atleta adaptado.

XI. RECOMENDACIONES.

Habiendo hecho la comparación de las atletas y mencionado la conclusión, se permite señalar las siguientes recomendaciones:

- Proponer un programa de entrenamiento de la técnica de carrera específico a partir de una amplia variedad de ejercicios y propuestas metodológicas, que permita reducir al mínimo las asimetrías, compensaciones y lesiones producto de la patología en cuestión.
- Ordenar algunas ideas (tomando y aceptando las diferentes metodologías que existen) para luego darle forma a un trabajo que puede ser de gran utilidad, sobre todo por la sencillez y la escasa necesidad de materiales que se necesitan.
- La mejora del rendimiento y la prevención de lesiones requieren de una comprensión profunda de la cinemática y la cinética de los mismos, sobre todo en gestos de alta intensidad (realizar un sprint por ejemplo). Por este motivo, es que el análisis de la técnica de la carrera permitirá la mejora de la función de la misma, los niveles de fuerza y la coordinación ínter e intramuscular, etc. Para luego dar paso a la mejora del rendimiento y sobre todo, poder sostenerlo durante un tiempo prolongado, teniendo en cuenta que en el atletismo se compite a lo largo de todo el año.
- Conocer la realidad de los aspectos anteriormente mencionados en cada uno/a de los/as atletas, será fundamental para llevar adelante la planificación que cada equipo de trabajo considere pertinente con vista a los compromisos que el deportista tenga, además de preservar la salud de los involucrados y al mismo tiempo que su rendimiento podrá potenciarse de la manera más económica y efectiva posible.
- Que esta investigación sirva de herramienta para determinar desde el punto de vista biomecánico, el nivel técnico de los atletas, especialmente en edades tempranas, para que no arrastren en etapas posteriores estas debilidades. Además ofrecer este estudio a personas que de alguna manera estén relacionadas con la atención del atleta, de manera que puedan brindar alternativas en la ejecución técnica de la carrera.
- Servir como motivación para investigaciones futuras que contribuyan en el progreso y mejoramiento de la técnica.

- Sin embargo esto puede variar dependiendo el periodo de preparación en el cual la atleta se encuentre, ya que por ejemplo en un periodo de competencia y puesta a punto la cantidad de pasos debería reducirse así como equilibrarse mejor la amplitud de zancada en cada paso. Esta relación dio lugar a pensar que para el aumento de la velocidad de las atletas velocistas con parálisis cerebral se debería incidir en el aumento de la amplitud de zancada disminuyendo así la frecuencia de zancada y como consecuencia el número de pasos empleados en cubrir la distancia. De esta forma se obtendría un patrón de carrera mucho más aproximado a los atletas convencionales que permitiría aumentar el rendimiento.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Ferro Sánchez A. La carrera de velocidad. Madrid: Esteban Sanz, S.L.; 2001.
2. Ferro A. Biomecánica deportiva. En Libro de Ponencias: 1. Congreso Paralímpico Barcelonaf92, Barcelona. Fundación. O.N.C.E. 1993:269-317.
3. Hay JG. The biomechanics of sports techniques. Englewood Clifs: Prentice-Hall, 1985
4. Harald Müller, Wolfgang Ritzdorf, Peter Thompson y Charles Gozzoli. ¡Correr! ¡Saltar! ¡Lanzar! Guía oficial IAAF de enseñanza del atletismo. 1º ed. Mónaco: 2006.
5. International Paralympic Comité. Bonn: International Paralympic Committee; 2013. Historia del movimiento paralímpico [3 pantallas]. Disponible en: <https://www.paralympic.org/es/ipc/history>
6. International Paralympic Committee. Rules and Regulations 2020-2021. Bonn: International Paralympic Committee; 2020. Disponible en: <https://www.paralympic.org/sites/default/files/202102/World%20Para%20Athletics%20Rules%20and%20Regulations%202020-2021.pdf>
7. Cavanagh, P.R. (1987). The biomechanics of lower extremity action in distance running. Foot & ankle 7(4): 197-217.
8. Foster Carl y Alejandro Lucia. Running Economy: The Forgotten Factor in Elite Performance. Sports. Med. 37 (4-5): 316-319. 2007.
9. John M. Cissik. Technique and Speed Development for Running. NCSA Performance Training Journal Vol.1, no 8, 21-21, October, 2002.
10. Nogueras Miranda D. M. Análisis de la carrera de 100 metros lisos mediante la evaluación del deportista con sistema láser y plantillas instrumentadas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid; 2017.

- 11.** Danny M. Enseñanza de la técnica de la carrera de 100 metros planos en la categoría de 15 y 16 años de edad. Propuesta de una guía metodológica. Ecuador: Universidad Nacional de Loja; 2016.
- 12.** Grosser M. Entrenamiento de la velocidad. Barcelona: Deportes Técnicas; 1992.
- 13.** Álvarez Romero D. Valoración biomecánica de la carrera de velocidad. Tesis de grado. León, España: Universidad de León; 2014.
- 14.** Ferro Sánchez, A.; Graupera Sanz, J. L.; Blasco Velazco, M^a I.; Barceló Guido, O.; Antón Palacios, E. Análisis biomecánico de las técnicas deportivas. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura. Consejo Superior de deportes; 1996.
- 15.** Parálisis cerebral infantil - Síntomas y causas - Mayo Clinic – 2021 Español. Disponible en:
<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/cerebral-palsy/symptoms-causes/syc-20353999>.