



TESINA

**Presentada para acceder al título de grado de la carrera de
LICENCIATURA EN ACTIVIDAD FÍSICA**

TÍTULO:

**“PROPUESTA METODOLÓGICA DE TRABAJO PARA MEJORAR EL
CAMBIO DE DIRECCIÓN”**

Autor:

Manterola, José Manuel

Directora:

Lic. Clarisa Mildenberger

Lugar:

Rosario

Fecha de presentación:

22/08/23

Firma de autor:

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Manterola', is written below the 'Firma de autor:' label.

RESUMEN

Introducción: El cambio de dirección es considerado como una habilidad fundamental en los deportes de equipo, dicha habilidad permitirá modificar el estado de translación del deportista hacia una nueva dirección cuyo objetivo es poder tener éxito en la acción deportiva. Estas acciones, se realizan en un gran porcentaje durante un partido, su desarrollo técnico, la fuerza del tren inferior son variables importante que influyen en su ejecución y requieren de su estudio para seguir investigándolas.

Como profesionales de las ciencias del deporte, deberemos investigar sobre esta habilidad, es por ello, que en el siguiente trabajo se desarrollará una nueva metodología poco estudiada en la actualidad que permitirá conocer si aporta resultados positivos en el desarrollo de la acción.

Objetivo general: Se observará si existen modificaciones en el rendimiento del cambio de dirección en un futbolista de 33 años mediante la adición del trineo lastrado en reversa en comparación al entrenamiento habitual.

Materiales y métodos: Durante el estudio se realizaron los test de cambio de dirección que consistió en una carrera de 20 metros, en la misma se realizaron tres cambios de dirección cada 5 metros, dos a 90° y uno a 180° . Además se evaluaron test de salto vertical, que consistió en el drop jump desde una altura de 40 cm y para el salto horizontal el bound jump.

Resultados: El entrenamiento con trineo lastrado en reversa, mejora el salto en el vector vertical pero no en el vector horizontal. Los tiempos de contactos se obtuvieron mejoras con dicho entrenamiento para el penúltimo, último paso, segundo paso y tercer pasó, no sucedió lo mismo con el primer paso. En cuanto a los valores de aceleración y desaceleración, en los pasos de desaceleración no se observaron mejoras con el entrenamiento en trineo. En los pasos de aceleración se obtuvieron pequeñas mejoras en relación con el entrenamiento sin intervención.

Conclusión: Mediante el estudio del caso, el entrenamiento con trineo en reversa interviene de manera positiva en algunas variables del cambio de dirección. Se necesitan de más investigaciones a futuro que estudien este tipo de entrenamiento y como afectan en dichas variables.

Índice

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
II.a. Objetivo general.....	4
II.b. Objetivos específicos:	4
MARCO TEÓRICO	4
III.a Aspectos biomecánicos del cambio de dirección	5
III.b Aspectos biomecánicos de la carrera en reversa.....	8
III.c Estudio cinético de la carrera en reversa	9
III.d Descripción de los tipos de cambio de dirección.....	10
Sidestep cut:	10
Crossover cut:	11
III.e El rol del penúltimo y último paso	13
III.f La pliometría y sus efectos sobre el cambio de dirección	14
III.g Variables importantes a tener en cuenta en la aceleración y desaceleración	15
La fuerza.....	15
El control motor	17
JUSTIFICACIÓN	17
PROCEDIMIENTO, MATERIALES Y MÉTODOS	19
V.a. Estrategias de búsqueda bibliográfica	19
V.b. Marco metodológico	19
Tipo de investigación	19
Criterios de selección.....	20
Criterios de inclusión que fueron considerados para este trabajo:	20
Unidad de análisis	20
METODOLOGIA DE TRABAJO	20
¿Qué se realizó?.....	20
¿Cómo fue el protocolo de intervención?	20
Entrada en calor previo al entrenamiento con trineo	21
Entrada en calor previo a la evaluación.....	22
¿Cómo fueron las evaluaciones que se llevaron a cabo?	22
Para el cambio de dirección.....	22
Fuerza vertical.....	23
Fuerza horizontal	23

Herramientas de evaluación ¿Qué nos permitirá conocer con estas herramientas?	23
.....	23
Población accesible.....	24
Muestra.....	24
Grupo experimental.....	24
V.c. Instrumentos de medición.....	24
Instrumentos.....	24
RESULTADOS.....	25
Comparación de los tiempos de contactos del penúltimo paso.....	25
Comparación de los tiempos de contactos del último paso.....	26
Comparación de los tiempos de contactos del primer paso.....	26
Comparación de los tiempos de contactos del segundo paso.....	27
Comparación de los tiempos de contactos del tercer paso.....	27
Análisis de la aceleración y desaceleración.....	28
Comparación de gráficos de los pasos de desaceleración.....	28
Comparación de gráficos de los pasos de aceleración.....	31
DISCUSIÓN.....	36
CONCLUSIÓN.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	43

INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte acíclico, de carácter intermitente, en el que se producen acciones de corta duración y máxima intensidad. Se realizaron entre 1000 y 1400 acciones de corta duración que cambian cada 3" y 5", presentándose de forma impredecible en función de la circunstancia del juego. En el transcurso de un partido, el tiempo efectivo de juego es de aproximadamente 50'. A partir de este dato cuantitativo, se realizó un análisis estadístico que permite conocer la distancia que corre un jugador, siendo la misma entre 10 y 13 km, que se hace de forma intermitente y cuyo 9,8 % de la misma se realiza esprintando (878 +/- 433m). En referencia a las demandas del sprint (o esprint), hay una duración por cada uno de ellos de entre 2" y 4", recorriéndose una distancia media de 16m, que se repiten aproximadamente cada 70" y 90". Las acciones de corta duración, que cambian cada 3" y 5", requieren de aceleraciones y desaceleraciones, por lo que la presencia de diversos estímulos propios del juego determina cambios de dirección constantes. (1)

Los cambios de dirección implican frenar en la dirección original de avance, la translación y la reorientación hacia la nueva dirección, todo ello sin detener la locomoción en curso. En el fútbol, estas acciones de alta intensidad se encuentran dentro del porcentaje de 14% durante el partido. Dicho esto, la capacidad de cambiar de dirección es un factor fundamental en el juego. Por ende, aquellos futbolistas ágiles y que disponen de una buena técnica para cambiar de dirección se encuentran en ventaja ante los demás. (2)

Los métodos utilizados hasta el momento solo cumplen en informar acerca de la técnica de ejecución como un factor clave en su mejora. Moyano, en su artículo sobre la técnica de la velocidad en el cambio de dirección, describe cualidades técnicas que son importantes a tener en cuenta en el momento de llevar a cabo dicha acción. El autor comenta y describe que es necesaria la ubicación de un centro de masa bajo y alejado de la línea de empuje. A ésta se la define como la distancia que hay entre el centro de masa y el borde interno del pie, es decir, el momento en que se ejerce la fuerza, un aspecto fundamental a tener en cuenta durante la ejecución de la acción. Además, es necesario inclinar el tronco levemente hacia adelante, direccionado hacia el lado contrario a donde se quiera cambiar de dirección y realizar la triple flexión de cadera, rodilla y tobillo. Asimismo, existen diversas variables que son necesarias tener en cuenta, ya que juegan un rol decisivo en el momento de ejecutar el cambio de dirección. Entre estas variables se pueden mencionar diversos factores cognitivos, perceptivos,

como el escaneo visual, la anticipación, la condición física general, la fuerza muscular del tren inferior y la antropometría, que son factores muy importantes al momento de llevar a cabo dicha acción. (3)

Por esto, resulta interesante seguir profundizando en el análisis de esta acción. Por ejemplo, se sabe que un apoyo adelantado y un centro de gravedad más bien bajo podrían resultar esenciales en la optimización de las aceleraciones y desaceleraciones, así como en el incremento de la estabilidad. Durante la desaceleración, el tobillo se dorsiflexiona, la cadera y la rodilla se flexionan, la tibia se inclina por delante de la vertical, el tronco y la pelvis giran internamente sobre el fémur para proporcionar el cambio de dirección del jugador. Esta rotación del cuerpo permite que la pierna libre acelere en la nueva dirección. Para este movimiento debe aplicarse una fuerza que proviene principalmente del mecanismo extensor, que se genera a través de la articulación patelofemoral con cierta ayuda de los gastrocnemios, mientras que los rotadores de cadera giran el tronco hacia la dirección en que el jugador pretende dirigirse. En este punto, la pierna libre se balancea en la nueva dirección para proporcionar la aceleración. Es necesario interpretar este análisis cinético del movimiento y comprenderlo para que a partir de aquí se pueda trabajar sobre el mismo. Además, la estabilidad proporcionada por un centro de gravedad bajo, con mayores inclinaciones anteriores y longitudes de pasos más cortas en contraposición a una postura erguida y un centro de gravedad alto permitirán que los cambios de dirección sean más rápidos a más altas velocidades. El cambio de dirección se logra en gran medida a través del torque generado por el tronco, la pelvis y la musculatura de las extremidades inferiores aplicadas al suelo. (4)

Se ha comprobado que el entrenamiento de la modificación de la técnica y velocidad del cambio de dirección de seis semanas realizado durante la competencia, además del entrenamiento de la fuerza y habilidades normales, produjo mejoras significativas en los tiempos del rendimiento del cambio de dirección y la calidad de movimiento de dicha acción. Señales de entrenamiento verbales enfocadas externamente como ("pisar los frenos temprano", "empujar el suelo" e "inclinarse/ mirar hacia la dirección de viaje") para promover mecánicas más seguras, promueven un rendimiento más rápido. Estas señales, se utilizan para evocar cambios técnicos para fomentar el frenado del penúltimo paso y la inclinación del tronco hacia la dirección de desplazamiento, que son técnicas asociadas con un rendimiento más rápido y cargas reducidas en las articulaciones de las rodillas. (5)

Lo manifestado permitirá interpretar que el cambio de dirección es una habilidad primordial en el fútbol, considerada como una acción determinante en el juego. Por este motivo, resulta interesante e importante proponer un trabajo de investigación sobre un método de entrenamiento que lo contemple y que permita comprobar si se pueden aportar resultados positivos al respecto.

El rendimiento óptimo del cambio de dirección está influenciado por numerosos factores, incluido el rendimiento del sprint, la fuerza de las extremidades inferiores, la fuerza reactiva, la estabilidad corporal y la técnica de frenado, ya que le permitirá una transición más rápida hacia la reacceleración. Durante la fase de aceleración, se requiere que el atleta mueva su cuerpo hacia adelante rápidamente mientras produce la fuerza de propulsión horizontal más alta. (6)

Este trabajo consistió en el análisis biomecánico sobre el cambio de dirección, durante el mismo se llevó a cabo un modelo de carrera en particular, la carrera en reversa, un patrón de movimiento poco estudiado en la actualidad que permiten comparar y recoger datos acerca de las angulaciones que se producen en los cambios de dirección y, a partir de aquí, comprender si los mismos presentan correlaciones con las angulaciones que se generan en la acción de la carrera en reversa, además de analizar otras variables como la aplicación de fuerzas en dichas acciones y los tiempos de contactos que se generan, estos entre los aspectos más importantes a observar.

Se ha demostrado que el entrenamiento de carrera hacia atrás, mejora el cambio de dirección, aumenta la velocidad del pie en una prueba de escalera, mejora la rigidez vertical de las piernas y se obtienen ganancias moderadas a grandes en el rendimiento del sprint de 10 y 20 metros, demostrando que puede utilizarse como un método de entrenamiento para mejorar significativamente el rendimiento en el sprint de carrera hacia adelante. Una explicación a este hallazgo podría ser que ambas direcciones de locomoción son generadas por los mismos mecanismos neurales básicos, además el aumento del rendimiento pueden ser el resultado de alteraciones en la cinemática de los pasos, ya que en la carrera hacia atrás se logran frecuencias de pasos más altas y longitudes de pasos más bajas en comparación con la carrera hacia adelante. (7)

Considerando que es de gran importancia conocer otros medios que le permitan al preparador físico tener otras alternativas para llevar a cabo un programa de entrenamiento cuyo objetivo sea la mejora en el cambio de dirección, es necesario saber si el entrenamiento en trineo lastrado en reversa mejora la velocidad del cambio de dirección en un ángulo de 90° en futbolista amateur de 33 años de edad.

OBJETIVOS

II.a. Objetivo general

- Observar si existen modificaciones en el rendimiento del cambio de dirección mediante la adición del trineo lastrado en reversa en comparación al entrenamiento habitual.

II.b. Objetivos específicos:

- Evaluar la fuerza del tren inferior mediante un salto en el vector horizontal y vertical, antes y después del entrenamiento en trineo lastrado en reversa y también luego de seis semanas de no aplicar nada.
- Valorar los tiempos de contacto tanto en el penúltimo como en el último paso, además de los tres pasos siguientes al cambio de dirección.
- Calcular la aceleración y desaceleración durante el cambio de dirección con Kinovea.

MARCO TEÓRICO

III.a Aspectos biomecánicos del cambio de dirección

Es de vital importancia que los preparadores físicos tengan los conocimientos necesarios acerca del análisis biomecánico del cambio de dirección antes de llevar a cabo dicho trabajo en acción. Para ello, se analizaron diversos factores biomecánicos que son de vital importancia al momento de llevar a cabo un cambio de dirección.

Durante el corte, es decir, en el cambio de dirección, la posición corporal debe estar equilibrada y apoyada en una pierna, por lo que el control del tronco y el posicionamiento es un factor crítico que influye en las cargas de la articulación de la rodilla. El tronco del sujeto se debe flexionar lateralmente sobre la extremidad de apoyo o debe girar hacia esa extremidad en el contacto inicial y durante la aceptación del peso. Esta flexión del tronco permite generar mayor fuerza de la cadera para ayudar a atenuar la fuerza de reacción del suelo durante la recepción del peso y, por lo tanto, a disminuir la abducción de la rodilla. Además, desplazar el centro de masa hacia la nueva dirección sería una estrategia eficaz para reducir los momentos de abducción de rodilla. (6)

En cuanto a la cadera, se debe buscar una posición que favorezca su extensión sin demasiada flexión previa ni demasiada extensión que impidan una buena aplicación de fuerza. Además, es necesario disminuir la abducción de la rodilla durante la ejecución, ya que es importante que la rodilla no se encuentre en valgo en el contacto inicial del pie, porque si el primer contacto genera una rotación externa, hay una susceptibilidad a la eversión y pronación, lo que podría provocar el valgo de rodilla y rotación interna de la tibia y, por lo tanto, la carga en el ligamento cruzado anterior. Es necesario que los aterrizajes de rodilla no sean rígidos, ya que estas posturas pueden aumentar la fuerza de reacción del suelo y, por ende, asociarse a un mayor riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior. Es preciso señalar que la tibia presenta mayor potencial de trasladarse anteriormente en ángulos pocos profundos de flexión de rodilla (el desplazamiento es mayor a 30° que a 90° de flexión de rodilla). La tensión máxima del ligamento cruzado anterior ocurre cuando los ángulos de flexión de rodilla son más bajos. De hecho, una postura más erguida de los miembros inferiores, con una menor flexión de cadera y rodilla, reduce la capacidad de atenuar y absorber la carga en la rodilla. Por lo tanto, una mayor flexión de rodilla se considera una estrategia más eficiente para amortiguar la fuerza y reducir la carga sobre el ligamento cruzado anterior de la rodilla.

Siguiendo la idea de lo comentado anteriormente, sería necesario buscar una suficiente flexión durante la aceptación del peso. En cuanto al empuje con el antepié, este movimiento supone una mayor alineación de la rodilla en el plano frontal, lo que, al reducir el momento de abducción de rodilla, es una ventaja doble, por un lado en el rendimiento al incrementar el momento de flexión plantar y, por el otro, desde el punto de vista de reducción del riesgo de lesión. (8)

Se han identificado diversos factores biomecánicos que poseen una correlación significativa en el rendimiento del cambio de dirección. Entre ellos, podemos mencionar la potencia máxima del tobillo y su momento máximo de flexión plantar, el rango de inclinación de la pelvis (desde el contacto inicial hasta la flexión máxima de la rodilla), el ángulo máximo de rotación del tronco y el tiempo total de contacto con el suelo. (9)

Durante la fase de desaceleración, el cuádriceps se considera esencial para las contracciones excéntricas. En cuanto a la actividad de los isquiotibiales, esta es necesaria para estabilizar la rodilla y evitar la traslación anterior, lo cual protege el ligamento cruzado anterior.(10)

Para considerar una buena estrategia de desaceleración, debe realizarse una inclinación del tronco hacia atrás, un contacto adelantado del pie de apoyo respecto al centro de masas y un primer contacto del pie de apoyo realizado con el talón. La fuerza muscular excéntrica es necesaria para desacelerar y estabilizar el cuerpo durante el cambio de dirección. Dicha fuerza influye en el rendimiento de la velocidad del cambio de dirección porque permite a los atletas desacelerar rápidamente durante la velocidad de movimiento, lo cual es un requisito importante para la posterior fase de aceleración del cuerpo. Se ha demostrado que la fuerza muscular excéntrica induce a una mayor potencia muscular concéntrica, a un mejor rendimiento en el ciclo de estiramiento-acortamiento. Además, estimula la adición de sarcómeros en serie, lo que da lugar a una mayor longitud del fascículo muscular. (11–13)

Fiorilli et al (2020) determina que los jugadores de fútbol con mayor fuerza excéntrica fueron los que realizaron más rápido el cambio de dirección, sobre todo la fuerza excéntrica en los extensores de rodilla, ya que eran capaces de desacelerar durante el penúltimo apoyo partiendo desde una velocidad de aproximación más rápida. (10)

Entre otras variables que influyen al realizar dicha acción, cabe destacar que el ángulo y la velocidad de aproximación son factores críticos que afectan la biomecánica, ya que incluyen la carga de la articulación de la rodilla, la cinética y

cinemática de todo el cuerpo. El ángulo influye en las características de la fuerza de frenado y propulsión, tanto del último contacto del pie como del penúltimo. A medida que aumenta el ángulo del cambio de dirección, los tiempos de contacto con el suelo aumentan, ya que requieren una aplicación de fuerza de frenado más prolongada, un mayor impulso de frenado para reducir la velocidad y redirigir al atleta hacia la nueva dirección prevista, a su vez la fuerza de reacción con el suelo disminuye, al igual que la velocidad de aproximación. Es importante mencionar que los cambios de dirección más agudos dan lugar a velocidades de aproximación y salida reducidas. Los diferentes ángulos de cambios de dirección requieren diferentes métodos de entrenamientos teniendo en cuenta los tiempos de contactos que se producen en cada uno de ellos. Se recomiendan ciclo de estiramientos rápidos (fuerza reactiva rápida $< 0,25$ s) para cambios de direcciones más agudos $\geq 60^\circ$. Para cambios $\geq 135^\circ$, se recomiendan acciones de ciclo de estiramiento lento y ejercicios balísticos (fuerza reactiva lenta $> 0,25$ s). Mientras que para cambios de direcciones de 90° se recomienda una combinación de ejercicios de ciclo estiramiento rápido y lento.

Se debe considerar también que velocidades de aproximación más rápidas aumentan la carga de la articulación de la rodilla, hacer que los atletas realicen cambios de dirección a partir de velocidades más lentas, aliviaría la carga de la articulación de la rodilla, pero sería contraproducente en el rendimiento del cambio de dirección, ya que la velocidad de aproximación es un factor determinante para un rendimiento más rápido. Ante esto es importante mencionar la capacidad perceptivo-cognitivo del atleta, ya permitiría realizar ajustes posturales de todo el cuerpo para el próximo movimiento y pre activar la musculatura requerida de las extremidades inferiores y el tronco para ejecutar de manera eficiente el cambio de dirección, al tiempo que reduce la carga de la articulación de la rodilla y el riesgo de lesión.(10,14)

Los profesionales de las ciencias del ejercicio deberían conocer con detalles la biomecánica de este gesto, ya que un déficit en él puede generar una mayor carga en la rodilla y, como consecuencia, una lesión del ligamento cruzado anterior. Entre los movimientos que debería evitar encontramos el valgo de rodilla, mayores momentos de abducción de rodilla, la flexión lateral del tronco y la rotación interna de la cadera. Se ha observado que en los cambios de dirección más agudos encontramos mayor valgo de rodilla y posturas de rodilla extendidas y, por ende, un mayor ángulo de cambio de dirección puede aumentar la carga sobre el ligamento cruzado anterior. (10)

Al momento de realizar un cambio de dirección, tendríamos que tener en cuenta que el mismo se puede realizar de diversas maneras y estas van a depender de la situación en la que se encuentre el jugador (con o sin un rival, con la posición de pelota o sin esta). Ante estas posibilidades, es necesario decidir de manera inmediata qué cambio de dirección realizar para poder obtener una ventaja sobre el rival. Por esta cuestión, el estudio biomecánico de los diferentes tipos de cambios de dirección resulta esencial y en los apartados siguientes se analizarán detalladamente.

III.b Aspectos biomecánicos de la carrera en reversa

A partir de análisis biomecánicos realizados acerca de la carrera hacia atrás, se sabe que la distribución de la presión plantar evidencia un aumento de la carga bajo las cabezas metatarsales I y II, así como bajo el medio pie. A su vez, la actividad muscular muestra amplitudes medias significativamente mayores en el semitendinoso, el recto femoral, el vasto lateral y glúteo medio durante la fase de apoyo, y el recto femoral durante la fase de impulsión, mientras que se observaron amplitudes medias significativamente menores en el tibial anterior durante la fase de impulsión.

Estas observaciones indican que la carga plantar del pie y las características de la actividad muscular son específicas para la dirección de la carrera. La acción de la carrera se inicia en el antepié durante la toma de contacto, progresa hacia el mediopié/traspié durante la fase de apoyo y vuelve al antepié para generar el empuje. Este estilo de locomoción se caracteriza por una mayor carga del antepié. En cuanto al impulso, la carrera hacia atrás se dirige más verticalmente durante el empuje que durante la fase de contacto con el suelo.(9)

Esto no sería un inconveniente al ejecutar un cambio de dirección, ya que el impulso durante la fase del empuje es principalmente en el vector horizontal.

Aaron Uthooff y sus colaboradores revelan que la carrera hacia atrás se caracteriza por una mayor frecuencia de pasos, un aumento de la actividad muscular y una menor relación entre las fuerzas de frenado y de propulsión. Esto se debe a que el tobillo produce una propulsión hacia adelante. Antes de generar el contacto del pie con el suelo, el tobillo se encuentra en flexión plantar; por lo tanto, el pie está funcionando de forma limitada debido a que su ángulo aumenta, lo que limita el rango de movimiento y el potencial de propulsión de la articulación.

A partir de este análisis biomecánico, se podría inferir que dicho entrenamiento mejora la fuerza de los miembros inferiores, lo que permite producir mayores

fuerzas en la dirección deseada durante la fase de frenado y propulsión del movimiento y, por ende, mejoraría el rendimiento en el cambio de dirección. Estos hallazgos son importantes ya que en algunas investigaciones se afirma que la carrera hacia atrás puede utilizarse para aumentar la fuerza y la potencia de las piernas, ya que la musculatura se prolonga un 4% más en el tiempo en un estado concéntrico durante el ciclo de zancada cuando el sujeto corre hacia atrás. (15)

En cuanto a la velocidad de la carrera, se han analizado diversas variables:

Tabla 1: Variables en la velocidad de la carrera.

Variables	Carrera hacia adelante	Carrera hacia atrás
Longitud de zancada (distancia ipsilateral)	Es mayor la distancia del paso derecho	Es menor la distancia del paso derecho
Frecuencia de zancada	Es menor	Es mayor
Tiempo de contacto		Es un 19% más largo que en comparación con la carrera hacia adelante
Tiempo de vuelo		Es más bajo que en la carrera hacia adelante

En síntesis, los resultados indican que la carrera hacia atrás se caracteriza por un mayor tiempo de contacto, una disminución de los tiempos de vuelo que se manifiestan con zancadas más cortas y frecuencia de zancadas más altas. Esto puede deberse a que la carrera hacia atrás es un 30% más lenta que la carrera hacia adelante. Se ha demostrado que presenta una mayor activación muscular durante el largo del ciclo de zancada de la carrera hacia atrás. (15)

III.c Estudio cinético de la carrera en reversa

Se ha comprobado que la aplicación de fuerzas es mayor durante la propulsión que durante la fase de desaceleración. Esta información sugiere que, en comparación con la carrera hacia adelante, la carrera en reversa puede ser menos eficiente en la transferencia de energía excéntrica a energía concéntrica a través

del ciclo estiramiento-acortamiento, por lo que la carrera hacia adelante depende más de los componentes elásticos de la unidad motora, mientras que la carrera hacia atrás lo hace en mayor medida del componente contráctil.

En cuanto al rango de movimiento de las extremidades inferiores expresado durante la carrera en reversa, permite reposicionar el pie más rápidamente y aumentar la frecuencia de zancada. Esto se ve respaldado por el hecho de que una mayor rigidez vertical de las piernas está más asociada a la carrera en reversa que a la carrera hacia adelante. Una alta rigidez vertical de las piernas es concomitante con una mayor velocidad máxima de sprint hacia adelante.

Con respecto a la variable de cambio de dirección, se analizaron dos grupos de género femenino. Un grupo hacía carrera hacia adelante y el otro, carrera en reversa. El estudio duró seis semanas. La carrera se realizó a la máxima intensidad con proporciones de trabajo y descanso entre 1:5 y 1:3. En el mismo se obtuvieron los siguientes resultados: aquellos que realizaron la carrera en reversa mejoraron significativamente todas las tareas de cambio de dirección, desde el 2,99 % para la prueba de agilidad 505 hasta el 10,33 % en una prueba de escalera. (15)

III.d Descripción de los tipos de cambio de dirección

Los profesionales de las ciencias del ejercicio deben conocer las diversas formas de cambiar de dirección, no solo para su posterior enseñanza a los diversos deportistas sino la necesidad de saber qué opción tomar, teniendo en cuenta la posición corporal en esa situación y también la de su adversario, para ejecutar la acción adecuada, con el único fin de poder ganar esos milisegundos para resolver la situación que se le presenta y así poder sacar ventaja sobre el rival.

A partir de aquí, se comentarán las diversas formas de cambiar de dirección teniendo en cuenta las fuentes bibliográficas que explican el tema.

Sidestep cut: Es un movimiento que se realiza para desplazarse lateralmente, por este motivo es una acción en el plano frontal. Los músculos involucrados como motores primarios son los aductores y abductores.

Generalmente este movimiento se realiza en situaciones defensivas, en momentos de observación, antes de correr linealmente o tomar una decisión.

La diferencia que existe en la función de una y otra pierna consiste en que la pierna que inicia el movimiento es la del lado hacia el que se desplaza; la otra es la que genera el empuje, el cual se hará con el borde interno del pie.

Estas acciones de cambio de dirección se pueden dividir en cuatro fases:

- Aceleración inicial: Aceleración positiva.
- Desaceleración preliminar: Aceleración negativa para reducir el impulso durante el penúltimo contacto y los pasos previos. Se describe como una acción de varios pasos, siendo el penúltimo apoyo clave como paso preparatorio y fundamental en la desaceleración.
- Cambio de dirección o corte: Aceptación del peso y empuje hacia la nueva dirección.
- Re aceleración.

En el cambio de dirección, los jugadores entran en este ciclo con el tronco erguido, las caderas flexionadas y la rodilla que se va a plantar completamente extendida (pierna de pivote). Durante la desaceleración, el tronco y la pelvis giran internamente al fémur para proporcionar el cambio de dirección. Esta rotación del cuerpo permite que la pierna libre acelere en la nueva dirección. El fémur de la pierna pivotante se flexiona y gira externamente, la rodilla se flexiona a unos 60°, y el tobillo se dorsiflexiona. Al empujar hacia la nueva dirección, el pie pivotante inicia la aceleración extendiendo la cadera y la rodilla, y el tobillo realiza una flexión plantar completa. Una vez que el tronco gira completamente hacia la nueva dirección, la pierna libre se balancea en esa dirección. (4,12)

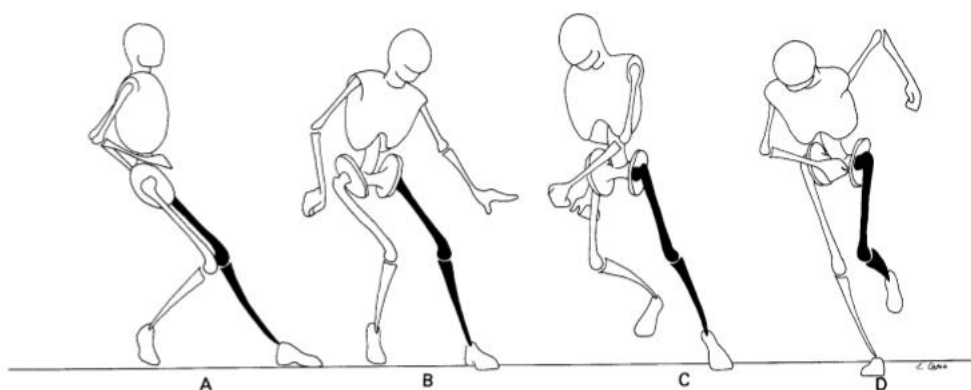


FIG. 1. Sidestep cut: schematic representation of plant and cut phase. (4)

Crossover cut: Es un movimiento que se realiza cuando se viene corriendo en una dirección y se pretende realizar un cambio a una nueva dirección, cuando se

viene avanzando y se debe correr rápidamente hacia atrás, o cuando al avanzar y enfrentarse a un oponente se quiere sacar al contrario del eje, llevándolo hacia un lado para evadirlo hacia el otro. Esta acción se realiza en el plano transversal y los músculos primarios involucrados son los rotacionales.

En este movimiento, el peso del cuerpo se distribuirá sobre todo en la pierna del lado hacia el que el jugador desea ir. Al momento de ejecutar este cambio de dirección, el empuje se debe realizar con el borde externo del pie, y la pelvis deberá realizar una rotación externa sobre la pierna de pivote. Esto puede lograrse mediante una rotación interna y la aducción de la pierna libre. Después de plantar el pie, se produce una desaceleración, el tobillo se dorsiflexiona, la cadera y la rodilla se flexionan, y la tibia se inclina por delante de la vertical. Cuando se completa la rotación, la pierna libre entra en oscilación hacia delante de la marcha normal para proporcionar la aceleración en la nueva dirección. A medida que la pelvis gira externamente sobre la pierna pivote, la cadera y la rodilla se flexionan y el tobillo se dorsiflexiona. Cuando el impulso en la dirección inicial se detiene, el jugador utiliza la pierna de pivote para acelerar en la nueva dirección mediante la extensión completa de la cadera y la rodilla y la flexión plantar del tobillo. El centro de masa se encuentra muy por delante del punto de contacto. (4)

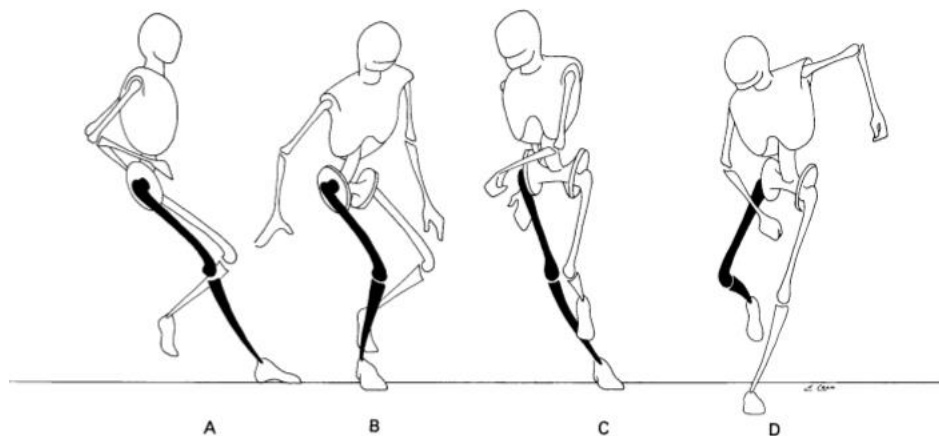


FIG. 2. Crossover cut: schematic representation of plant and cut phase. (4)

Al compararse el corte lateral con el corte cruzado, se observa que el primero provoca flexión de rodilla, valgo y rotación interna, mientras que el segundo flexión de rodilla, varo y rotación externa. Esto indica que el corte lateral conlleva una mayor carga en la articulación de la rodilla, lo que puede aumentar la tensión en el ligamento cruzado anterior y el ligamento colateral medial, aumentando con ello el riesgo de lesión. (12)

III.e El rol del penúltimo y último paso

Durante la ejecución de un cambio de dirección, tanto el penúltimo como el último paso cumplen un rol fundamental en la desaceleración. Por esto, es de gran importancia el estudio de su biomecánica.

Se puede observar que durante la ejecución del gesto, las mayores fuerzas de frenado horizontal facilitan la reducción del impulso para permitir una desaceleración eficaz en el penúltimo contacto antes de cambiar de dirección para un rendimiento de corte más rápido. (16)

En el penúltimo paso se necesitan mayores desaceleraciones del tronco y máximos picos de momento de flexión en los contactos previos comparado con el paso final, lo que destaca la importancia de la desaceleración previa al cambio de dirección. Es necesario comprender la función del penúltimo paso ya que, si no se generan las fuerzas de desaceleración necesarias y el frenado es ineficaz, se generaría como consecuencia un mayor golpe del talón en el último paso previo al cambio de dirección, lo que se asocia con la posibilidad de mayores lesiones en el ligamento cruzado anterior. En el penúltimo paso, se considera fundamental que la colocación del pie en el contacto inicial sea con el apoyo del talón. Éste debe ubicarse anteriormente al centro de masa, con la inclinación del tronco hacia atrás respecto del pie plantado. Esta posición corporal durante el frenado aumenta las fuerzas horizontales durante el penúltimo contacto y genera la reducción de la mayor parte del impulso durante el mismo. Así se disminuyen los requisitos de este tipo de frenado, que permitirá menores cargas en la articulación de la rodilla y protección contra lesiones sin contacto.

Además, en el penúltimo paso se generan mayores tiempos de contacto, lo que genera frenado o desaceleración y facilita el cambio de la dirección de empuje de cara a la nueva dirección. Se describe este paso como el paso preparatorio, ya que se alcanzan mayores ángulos de flexión de rodilla y cadera, que se mantendrán durante la transición hacia el último paso. Esto ayuda a una mayor absorción de las fuerzas y a la preparación para una mejor posición de cara al contacto final.

Como se mencionó con anterioridad, en cuanto a la técnica, se busca crear una mayor distancia entre el centro de gravedad del deportista y el centro de presiones, que consiste en la distancia entre el centro de masa y el antepié del miembro inferior que ejerce la fuerza. Esta mayor distancia se obtiene situando el penúltimo contacto delante del centro de masa para generar un movimiento del centro de

gravedad hacia atrás, creando una fuerza posterior y un aumento de las fuerzas de frenado que absorbe la carga en el plano sagital.(8)

Como consecuencia, se interpreta que la fuerza generada hacia atrás, mejora la fase de desaceleración, lo que la práctica y su análisis a futuro, puede llegar a validarse como una hipótesis de trabajo.

El permanente avance científico y la realización de investigaciones en la última década han generado y permitido que las ciencias del deporte sean estudiadas y analizadas con mayor profundidad. Hoy se reconoce la importancia de producir mayores magnitudes de fuerza de frenado horizontal en el penúltimo contacto del pie en relación con el contacto final del pie para facilitar el cambio de dirección. Además, se demostró que los atletas más rápidos son aquellos que tienen la capacidad de producir mayores fuerzas de frenado horizontal en comparación con los más lentos.(8,17).

A pesar de que tener una mayor capacidad contráctil no es lo mismo que ser más rápido, la investigación demostró que mayores velocidades de aproximación aumentan la carga de la articulación de la rodilla y velocidades de aproximación más lentas aliviarían dicha carga, pero comprometería el rendimiento del cambio de dirección ya que la velocidad de aproximación es un factor determinante para un rendimiento más rápido. Además, los más fuertes excéntricamente tuvieron una mayor capacidad para tolerar velocidades de aproximación durante el cambio de dirección y para soportar mayores niveles de fuerza asociadas durante la fase de frenado. (10)

III.f La pliometría y sus efectos sobre el cambio de dirección

El entrenamiento pliométrico consiste en un estiramiento dinámico y rápido de los músculos (acción excéntrica) seguido de una acción concéntrica de acortamiento de los mismos músculos y tejidos conectivos. Dicho entrenamiento, se distingue por una rápida desaceleración de la masa, seguida inmediatamente por su rápida aceleración en la dirección vertical opuesta.

Desde el punto de vista de la fisiología, la fase excéntrica corresponde a la pre-activación o estiramiento del músculo agonista, en el que se generan cambios en el patrón de activación neural durante el ciclo de estiramiento-acortamiento, que influyen positivamente en la fuerza y el inicio de la fase concéntrica. La energía elástica se almacena en el componente elástico en serie, estimulando a los husos musculares.

En cuanto a la fase de propulsión, los nervios aferentes hacen sinapsis con las motoneuronas alfa que transmiten una señal al grupo muscular agonista, que acortan las fibras musculares agonistas y producen la acción concéntrica.

El entrenamiento pliométrico lleva como adaptación crónica una mayor rigidez del tendón, y produce una transmisión rápida de la fuerza de los músculos al sistema esquelético. La rigidez permite una mayor velocidad de retroceso de las unidades músculo-tendinosas, que influyen positivamente en el punto de transición (excéntrico-concéntrico) de los ejercicios del ciclo estiramiento-acortamiento. Esto aumenta la actividad del reflejo de estiramiento y mejora la capacidad de la unidad músculo-tendinosa para producir la máxima fuerza en el menor tiempo posible. (10).

Kubo y sus colaboradores comentan que el entrenamiento pliométrico mejoraría las estructuras del tendón durante las contracciones balísticas y la rigidez muscular. Estos cambios pueden estar relacionados con un mejor rendimiento durante los ejercicios del ciclo de estiramiento y acortamiento, y podrían mejorar la producción de fuerza explosiva en el tobillo y simultáneamente reducirían el tiempo de contacto con el suelo durante el cambio de dirección. (19)

Se ha demostrado que una dosis de entrenamiento pliométrico, de seis semanas produjo una disminución de la actividad neuromuscular de los antagonistas durante la fase de frenado, lo que parece desempeñar una mejora en la acción siguiente a la misma. Además, cabe destacar que el equilibrio y estabilidad durante la acción pliométrica pueden resultar en ajustes proactivos o de avance antes del contacto/aterrizaje en el campo. Los futbolistas más fuertes excéntricamente son capaces de mejorar su rendimiento en el cambio de dirección, tener mayores velocidades de aproximación y reducciones de la velocidad en el penúltimo paso previo al cambio de dirección, además de una mejor capacidad de desaceleración. (18)

III.g Variables importantes a tener en cuenta en la aceleración y desaceleración

La fuerza

La fuerza parece ser un factor determinante en las desaceleraciones, tanto en la capacidad de aplicar fuerza en el menor tiempo posible, como en la velocidad de reacción del sistema neuromuscular en aquellas acciones que implican el ciclo de estiramiento acortamiento. Se ha reportado que se requiere un mayor nivel de

fuerza excéntrica, tanto en el cuádriceps como en isquiotibioperoneos, cuando se desacelera de velocidades altas, lo que acontece si luego de frenar se realiza un cambio de dirección. Es decir, será necesario trabajar sobre esta producción de fuerza excéntrica para poder tener la capacidad de desacelerar a altas velocidades y, por ende, mejorar la capacidad de cambiar de dirección. Incluso en este tipo de desaceleraciones, se ha evidenciado la necesidad de desarrollar una base de fuerza mínima para el control del cuerpo (relacionado con tensiones isométricas) y, al mismo tiempo, para que se produzca un óptimo ajuste mecánico entre las acciones musculares concéntricas y excéntricas.

Es posible que los más lentos presenten bajos niveles de fuerza (una menor capacidad de aplicación en relación con el tiempo), y/o un cierto déficit entre las acciones musculares concéntricas propias de la aceleración, y las excéntricas, vinculadas especialmente con el frenado o desaceleración. Debido a esto, es necesario que se realicen entrenamientos con énfasis en la sobrecarga excéntrica, ya que se mostraron efectos positivos en el aumento en la capacidad de frenado y de propulsión y, en consecuencia, en la capacidad de cambiar de dirección rápidamente. (19)

En la misma línea, también se compararon los deportistas más rápidos y los más lentos en cambiar de dirección. Se observó que los rápidos eran aquellos que producían mayor fuerza excéntrica, concéntrica e isométrica. Dicha fuerza les permitía mantener la posición de la parte inferior del cuerpo durante la fase de frenado y de propulsión. A su vez, los más rápidos generaban mayores fuerzas de frenado y propulsión en relación a su peso corporal que los más débiles, tanto en las fuerzas verticales como horizontales. Los resultados revelaron la importancia de desarrollar una mayor capacidad de fuerza en todos los tipos de contracción a fin de producir un movimiento más rápido en el cambio de dirección. Los sujetos más rápidos en el cambio de dirección fueron aquellos que generaron mayores fuerzas de frenado tanto en el vector vertical como en el horizontal, ya que el impulso de frenado contribuye al almacenamiento de energía elástica y a su utilización para la capacidad de propulsión.(20)

Los jugadores excéntricamente más fuertes son capaces de tolerar las cargas asociadas con un enfoque más rápido y, por tanto, pueden acercarse con una velocidad de aproximación mayor debido a un efecto de autorregulación (un jugador se acerca más rápido en función de la carga de desaceleración que conoce o siente que puede tolerar), lo que puede conducir a un rendimiento de cambio de dirección más rápido. Además, tener mayor fuerza muscular se asocia

con mejores características de fuerza-tiempo, lo que se puede traducir en mejoras en el rendimiento deportivo específico por estar la fuerza muscular fuertemente relacionada con la capacidad de cambiar de dirección. (16)

El control motor

En una investigación, se evaluaron doce deportistas, jugadoras de hockey (21,84 +- 6,81 años) de primera división A de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina), todas ellas jugadoras de campo (excluyéndose las porteras), con experiencia a nivel provincial y nacional. El objetivo del estudio consistió en relacionar la capacidad de frenado, aceleración y los niveles de fuerza aplicados en saltos con vector vertical y horizontal. Una variable que se analizó fue la del control del cuerpo al desacelerar, con atención en los aspectos técnicos que pueden influir en que las deportistas más lentas no alcancen a expresar velocidades próximas a su máxima cuando deben frenar, como sí lo hacen las más veloces. (21)

En este sentido, se ha postulado la relación entre la pérdida de velocidad durante la desaceleración previa a cambios de dirección, con una falta de control de todo el cuerpo con la posición del tronco, e incluso con la capacidad de desacelerar de los segmentos corporales. Así, junto con lo mencionado respecto a la fuerza, el balance dinámico del cuerpo, entendido como un aspecto multifactorial, es considerado como otro punto más que puede condicionar las desaceleraciones. Por lo tanto, la meta-estabilidad, como el conjunto de factores estrechamente interrelacionados que afectan la posición del cuerpo durante el movimiento (tanto las acciones centrales anticipatorias y reflejas como las resistencias activas y pasivas impuestas por el sistema muscular), debería explorarse en próximos trabajos analizando en forma integral lo que ocurre con el cuerpo durante la acción de frenado. (21,22)

JUSTIFICACIÓN

Actualmente se cuenta, producto del avance tecnológico, con información instantánea sobre lo que se pretende conocer. Por este motivo, es de vital importancia la innovación, la creatividad, la búsqueda de nuevas alternativas que permitan ir creciendo de forma permanente en determinada área de interés. La justificación respecto del tema elegido parte de la necesidad de que el preparador físico de fútbol pueda contar con nuevas herramientas y alternativas

de trabajo a fin de mejorar los objetivos que se proponga. Las ciencias del deporte seguirán acrecentándose de forma permanente, y los trabajadores de esta área contarán con una diversidad de metodologías a fin de proveerse de mayores posibilidades de elección a la hora de llevar a cabo sus tareas.

Teniendo como base esta metodología de entrenamiento, se llevarán a cabo análisis e investigaciones sobre los aspectos biomecánicos que produce y sobre si dichas modificaciones mejoran los tiempos de contacto tanto en el penúltimo como en el último paso anterior al cambio de dirección y el tiempo de contacto en los tres primeros pasos posteriores al cambio de dirección del futbolista. Además, se evaluará la fuerza mediante el salto para conocer si con dicho entrenamiento esta variable se modifica. Las investigaciones consultadas en la bibliografía científica muestran que estas variables son determinantes para que el deportista pueda mejorar dicha acción. Es decir, para que su capacidad de cambio de dirección sea de forma inmediata y a su vez disminuya la mayor posibilidad de riesgo de sufrir lesiones.

En función de los resultados obtenidos, nos brindara la posibilidad de ampliar nuestro abanico de herramientas de trabajo, ya que actualmente los profesionales tienen una metodología monótona y escasa al momento de trabajar dicha habilidad, es por eso que este método de entrenamiento aportará la información necesaria que permita saber a través de la evaluación del salto en el vector vertical y horizontal si la metodología utilizada mejora la fuerza de los miembros inferiores que tiene una gran correlación con la acción de frenar a altas velocidades y con mantener una buena alineación durante la ejecución. Y así, se podrá saber si resulta adecuado como medio de entrenamiento para mejorar dicha habilidad. Además, permitirá conocer si este tipo de entrenamiento mejora las variables comentadas, que son fundamentales al realizar un cambio de dirección.

Los resultados que aportaría la utilización de un método con carreras de tracción en reversa sobre el cambio de dirección son importantes ya que, desde su cinemática, este patrón de movimiento se caracteriza por llevar un centro de gravedad bajo. En cuanto a su cinética, podría mejorar la musculatura que está implicada en dicha acción a realizar. Además, cada acción de frenado cuenta con un gran componente excéntrico que puede influir fuertemente en la salida neuromuscular por vía eferente para la siguiente acción concéntrica propia a lo que sucede en el cambio de dirección.

Tras lo explicado, el trineo lastrado en reversa podría acrecentar la fuerza de los miembros inferiores, además de actuar como estabilizador y control del

movimiento durante los cambios de dirección en diferente angulación y, por ende, reducir el tiempo de contacto durante el cambio de dirección.

A partir de esta información, es necesario que el preparador físico continúe investigando, experimentando, que se replantee su planteo de trabajo mediante nuevas interrogaciones que generen conflictos necesarios a fin de avanzar en el ámbito del conocimiento estudiado, además de permitirle a los profesionales del área que aporten sus puntos de vista sobre la propuesta, para que así se logre un aprendizaje más significativo.

PROCEDIMIENTO, MATERIALES Y MÉTODOS

V.a. Estrategias de búsqueda bibliográfica

<u>Términos MeSH</u>
"Sports"[Mesh] "Electromyography"[Mesh] "Running"[Mesh]
<u>Términos deCS</u>
“Deportes” “Electromiografía” “Carrera”
<u>Términos libres</u>
Multidirectional speed Plantar pressure Change of direction

El material utilizado para este trabajo se centra en investigaciones realizadas desde el año 2010 hasta la actualidad. Las fuentes se hallaron en diferentes bases de datos que incluyeron: PubMed, BVS y páginas G-SE y Efdportes. Se incluyeron, además, libros, artículos y cursos.

V.b. Marco metodológico

Tipo de investigación

Este trabajo se centra en el estudio de un caso de tipo experimental-exploratorio.

Criterios de selección

Población diana: Jugadores de fútbol

Población accesible: Jugadores de fútbol de Coronel Moldes

Criterios de inclusión que fueron considerados para este trabajo:

Muestra: Jugador amateur de fútbol de 33 años de edad.

Domicilio: en la localidad de Coronel Moldes.

Experiencia previa: contar con dos años de práctica en el deporte.

Exigencias:

No presentar lesiones en los miembros inferiores.

Cumplir con el protocolo de doce semanas de trabajo.

Contar con experiencia en el entrenamiento con trineo.

Unidad de análisis

Datos obtenidos del 4x5 test.

Salto horizontal bound jump.

Salto vertical drop jump.

Velocidad de aceleración y desaceleración (Aplicación Kinovea).

Tiempos de contactos (Aplicación Kinovea).

METODOLOGIA DE TRABAJO

¿Qué se realizó?

En el siguiente trabajo de investigación se llevó a cabo un protocolo de entrenamiento, cuyo objetivo del mismo era el de conocer si se obtienen mejoras en las diversas variables que intervienen en el cambio de dirección, entre las que podemos mencionar los tiempos de contacto que se generan tanto en los pasos anteriores como posteriores al cambio de dirección, la fuerza del tren inferior con saltos en el vector vertical y horizontal, como también la aceleración y desaceleración durante la ejecución del mismo.

¿Cómo fue el protocolo de intervención?

El protocolo consistió en doce semanas de entrenamiento. Las primeras seis semanas se realizó un entrenamiento general, es decir, el deportista continuó con

su rutina de fútbol normal. En las segundas seis semanas, se realizó una intervención con trineo lastrado en reversa.

Se evaluó al inicio, antes del seguimiento (EVAL 1), a las seis semanas sin intervención (EVAL 2), a las 9 semanas en donde se llevó tres con intervención de trineo (EVAL 3) y finalizada la intervención posterior a la semana 12 (EVAL 4).

Durante las semanas en que se llevaron a cabo las intervenciones con trineo, se realizaron dos sesiones de entrenamiento con trineo de los cinco estímulos de entrenamiento desarrollados por el equipo semanalmente. Dicho entrenamiento con trineo consistió en correr diez metros a máxima velocidad en reversa con una carga inicial del 50% del peso corporal. La misma fue aumentando cada semana un 5% desde la última carga. Esta acción fue realizada cinco veces en una misma sesión, separadas las mismas con una pausa de 3', tiempo en el cual el sistema de los fosfágenos logró su recuperación completa.

EVA L 1	S1-6	EVA L 2	S7-9	EVA L 3	S10-12	EVA L 4
COD: 4x5	Entrenami ento general (realiza su entrenamiento con el club)	COD: 4x5	Entrenami ento con trineo	COD: 4x5	Entrenami ento con trineo	COD: 4x5
SALT O V		SALT O V		SALT O V		SALT O V
SALT O H		SALT O H		SALT O H		SALT O H

Entrada en calor previo al entrenamiento con trineo

Se realizó una entrada en calor de 10', consistente en ejercicios de movilidad, estabilidad y activación.

Los ejercicios de movilidad articular que se realizaron son para los flexores, extensores, abductores, aductores y rotadores de cadera.

En cuanto a los ejercicios de estabilidad se llevaron a cabo el bicho muerto (para la activación de los músculos intrínsecos de la zona media), puente prono en pelota suiza (activación de los músculos extrínsecos de la zona media) y pallof press (activación de los músculos rotadores de la zona media).

Se realizó con un volumen de 3 series por 4 repeticiones en cada ejercicio. La pausa entre serie será de 30 segundos.

Por último se llevó a cabo una activación, en el cual se correrá hacia atrás sobre una distancia de 10 metros. En la misma se trabajará sobre la longitud y frecuencia de zancada.

Se realizó con un volumen de dos series (la primera se trabajará sobre la longitud de zancada y la segunda sobre la frecuencia de zancada), la pausa entre serie será de 30 segundos.

Entrada en calor previo a la evaluación

Previamente a dicha intervención, se realizó una entrada en calor de 10', consistente en ejercicios de movilidad, estabilidad y activación (técnica de carrera, de cambio de dirección).

Los ejercicios de movilidad articular que se realizaron fueron para los flexores, extensores, abductores, aductores y rotadores de cadera.

En cuanto a los ejercicios de estabilidad se llevaron a cabo el bicho muerto (para la activación de los músculos intrínsecos de la zona media), puente prono en pelota suiza (activación de los músculos extrínsecos de la zona media) y pallof press (activación de los músculos rotadores de la zona media).

Se realizaron con un volumen de 3 series por 4 repeticiones en cada ejercicio. La pausa entre serie será de 30 segundos.

Los ejercicios de técnica de carrera que se llevaron a cabo fueron: Marcha, Marcha doble contacto tanto en el plano sagital como frontal, los mismos se realizarán dos series en una distancia de 10 metros. La pausa entre serie será de 30 segundos.

Se realizarán dos cambios de dirección a 90° (uno hacia la izquierda y el otro hacia la derecha).

¿Cómo fueron las evaluaciones que se llevaron a cabo?

Para el cambio de dirección

El 4 x 5 test

Consistió en correr cuatro distancias de cinco metros a la máxima velocidad que el deportista pudiera desarrollar. Se comenzaron los primeros 5 metros corriendo en formato lineal, luego se realizó un cambio de dirección hacia la derecha para continuar hacia la izquierda, todos con una angulación de 90°. Se

finalizó con un cambio de dirección a 180°. Para esta evaluación se contó con tres celulares (dos iPhone 8 y un iPhone 12), la filmación de video fue en cámara lenta (240 fps) y luego se procesaron los videos en “Kinovea”. Cada celular estuvo sujeto a un trípode que se colocó a una altura de 75 cm con respecto al suelo y fueron posicionados en el plano frontal a una distancia de dos metros de la línea del cambio de dirección. En este test se evaluó el tiempo de contacto en el penúltimo y último paso previo al cambio de dirección, como así también los tres pasos siguientes al cambio de dirección. Además, se calculó la aceleración y desaceleración (para esto se tomó de referencia el trocánter mayor del fémur de ambos miembros inferiores marcados con una pequeña cinta blanca de papel), de esta manera se logró seguir la marca corporal. A su vez se tomó como referencia la distancia entre el cóndilo externo de la rodilla al maléolo lateral del peroné de ambos miembros inferiores.

Fuerza vertical

Drop jump

Además, se evaluó la fuerza del tren inferior con un salto en el vector vertical (mediante el drop jump de una altura de 40 cm), la herramienta que se utilizará será la plataforma de contacto.

Fuerza horizontal

Bound Jump

Se evaluarán dos saltos en el vector Horizontal (bound jump con la pierna dominante y no dominante). Al finalizar cada salto habrá un tiempo de pausa de 3’.

Herramientas de evaluación ¿Qué nos permitirá conocer con estas herramientas?

-Coeficiente de fuerza relativa: Se evaluará la capacidad de cambiar rápidamente de una contracción excéntrica a una concéntrica a través del índice de fuerza reactiva, que se obtendrá a partir de la diferencia entre la altura del salto y el tiempo de contacto con el suelo. La plataforma de contacto para calcular la

fuerza específica del vector vertical (tiempo de contacto, tiempo de vuelo y altura del salto).

La capacidad del sujeto para aplicar fuerza en el vector horizontal, la obtenemos con la distancia del salto, para ello se utilizara una cinta métrica.

La evaluación del tiempo de contacto, aceleración y desaceleración se realizó mediante el software Kinovea (versión 9.5). Anteriormente a dicha evaluación, se utilizaron tres celulares (dos iPhone 8 y un iPhone 12) para la grabación de los videos.

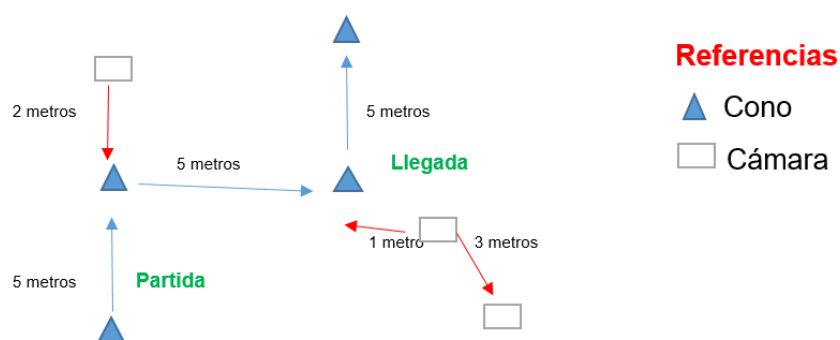


FIG. 3. Test 4x5 para evaluar el cambio de dirección. Imagen propia.

Población accesible

Jugador de fútbol que practique el deporte en la localidad de Coronel Moldes, que tenga dos años de experiencia en el mismo y que haya entrenado con trineo.

Muestra

Jugador de fútbol de 33 años de edad.

Grupo experimental

Un deportista que entrenará con trineo lastrado en reversa.

V.c. Instrumentos de medición

Instrumentos

Trineo con pesas, cámara de alta velocidad de filmación, placa de salto, centímetro, trípode, conos, computadora.

RESULTADOS

El análisis de los tiempos de contacto tanto en el penúltimo como en el último paso, además de los tres pasos siguientes al cambio de dirección se encuentra representados, por separados a lo largo de las distintas evaluaciones, en los siguientes gráficos de barra.

Comparación de los tiempos de contactos del penúltimo paso

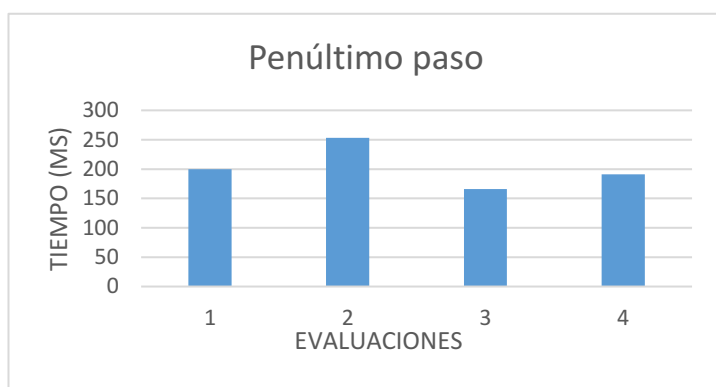


Gráfico 1: Tiempos de contactos del penúltimo paso.

Se puede analizar en este gráfico que el mayor tiempo se obtuvo en la segunda evaluación y el menor en la tercera evaluación.

- 1: Primera evaluación.
- 2: Segunda evaluación.
- 3: Primera evaluación post intervención con trineo.
- 4: Segunda evaluación post intervención con trineo.

Comparación de los tiempos de contactos del último paso

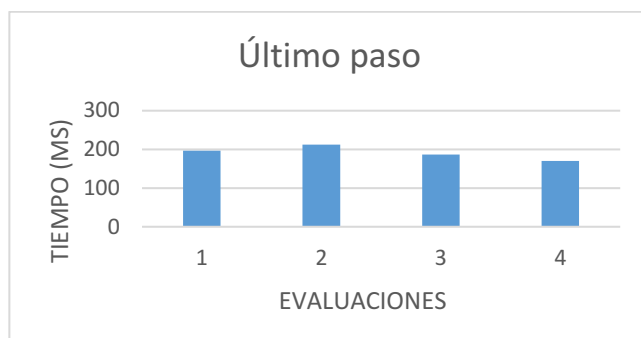


Gráfico 2: Tiempos de contacto del último paso.

En este gráfico, el mayor tiempo se obtuvo en la segunda evaluación y el menor tiempo en la cuarta evaluación.

- 1: Primera evaluación.
- 2: Segunda evaluación.
- 3: Primera evaluación post intervención con trineo.
- 4: Segunda evaluación post intervención con trineo.

Comparación de los tiempos de contactos del primer paso

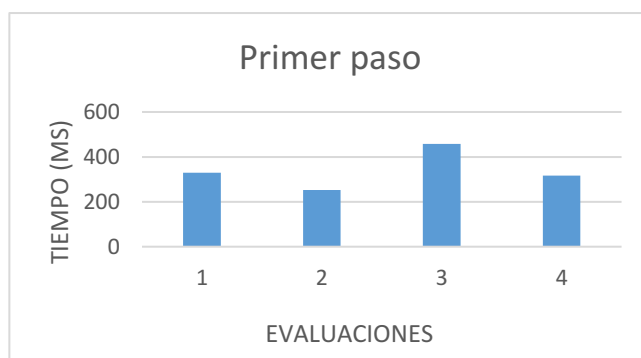


Gráfico 3: Tiempos de contacto del primer paso.

El gráfico muestra que el mayor tiempo se dio en la tercera evaluación y el menor en la segunda evaluación.

- 1: Primera evaluación.
- 2: Segunda evaluación.
- 3: Primera evaluación post intervención con trineo.
- 4: Segunda evaluación post intervención con trineo.

Comparación de los tiempos de contactos del segundo paso

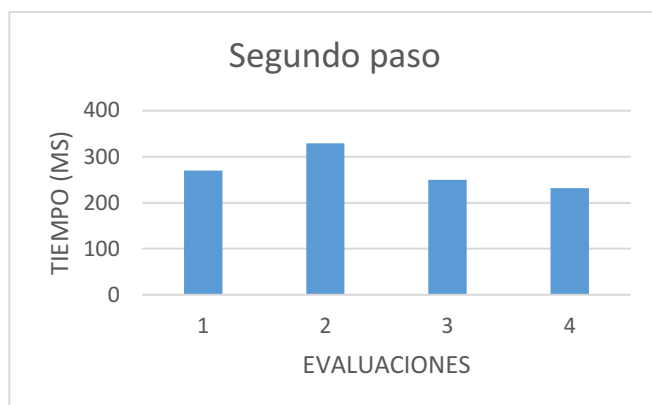


Gráfico 4: Tiempos de contacto del segundo paso.

Se observa en el gráfico que el mayor tiempo se obtuvo en la segunda evaluación y el menor en la cuarta evaluación.

- 1: Primera evaluación.
- 2: Segunda evaluación.
- 3: Primera evaluación post intervención con trineo.
- 4: Segunda evaluación post intervención con trineo.

Comparación de los tiempos de contactos del tercer paso



Gráfico 5: Tiempos de contacto del tercer paso.

En el gráfico se observa que el mayor tiempo se dio en la tercera evaluación y el menor en la cuarta.

- 1: Primera evaluación.
- 2: Segunda evaluación.
- 3: Primera evaluación post intervención con trineo.
- 4: Segunda evaluación post intervención con trineo.

En el gráfico 1 y 2 se puede ver que los tiempos de contacto son mayores que en la evaluación 3 y 4.

También en ambas evaluaciones coincidió que la segunda fue la que más tiempo de contacto tuvo en el penúltimo y último paso.

Se obtuvieron mejoras para el penúltimo y último paso durante las seis semanas de intervención con trineo. Para los pasos post cambio de dirección, durante el primer paso, no se obtuvieron resultados positivos con la intervención, en cuanto al segundo paso, se obtuvieron resultados positivos, al igual para el tercer paso durante las últimas tres semanas.

Análisis de la aceleración y desaceleración

Mediante la aplicación kinovea, se calculó la aceleración y desaceleración, siguiendo el marcador ubicado en el trocánter mayor, durante el cambio de dirección. Como se puede observar en los cuadros siguientes, el color rojo indica la desaceleración y el color verde la aceleración que se obtiene por la resta de la velocidad final e inicial.

Comparación de gráficos de los pasos de desaceleración

Evaluación 1

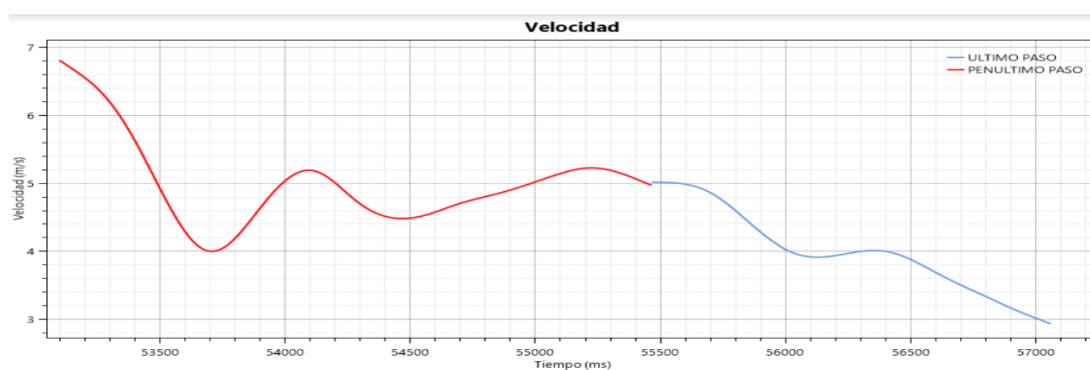


Grafico 6: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de desaceleración en la evaluación 1. Extraído del análisis de kinovea.

Evaluación 2

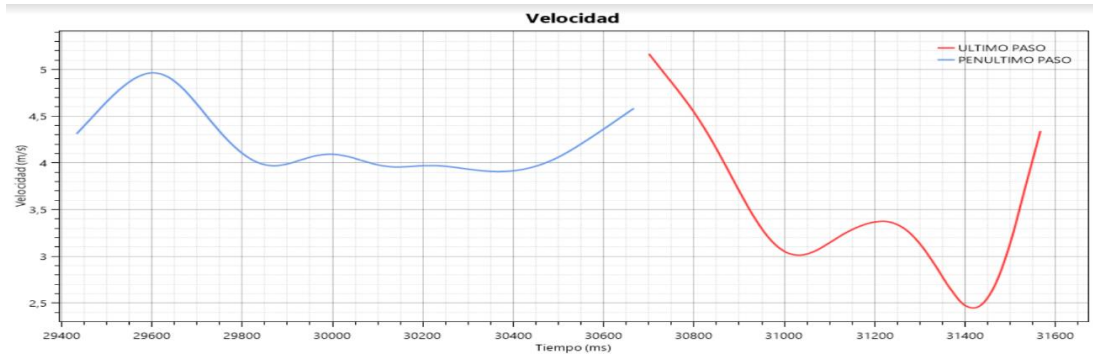


Grafico 7: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de desaceleración en la evaluación 2. Extraído del análisis de kinovea.

Evaluación 3

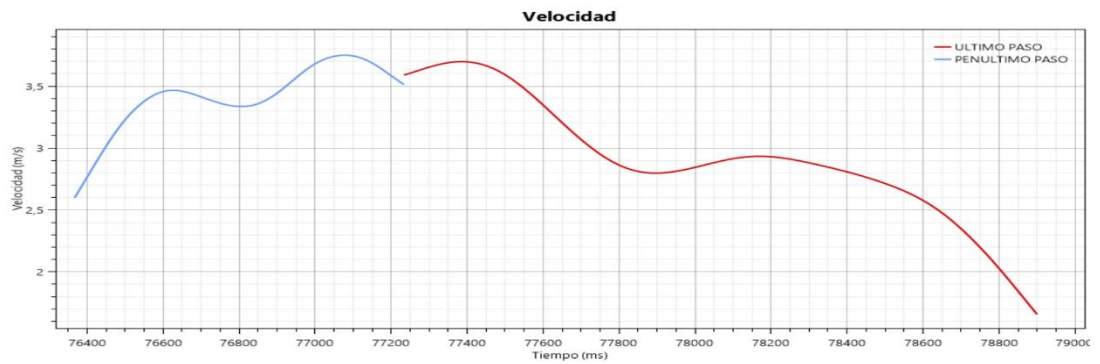


Grafico 8: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de desaceleración en la evaluación 3. Extraído del análisis de kinovea.

Evaluación 4

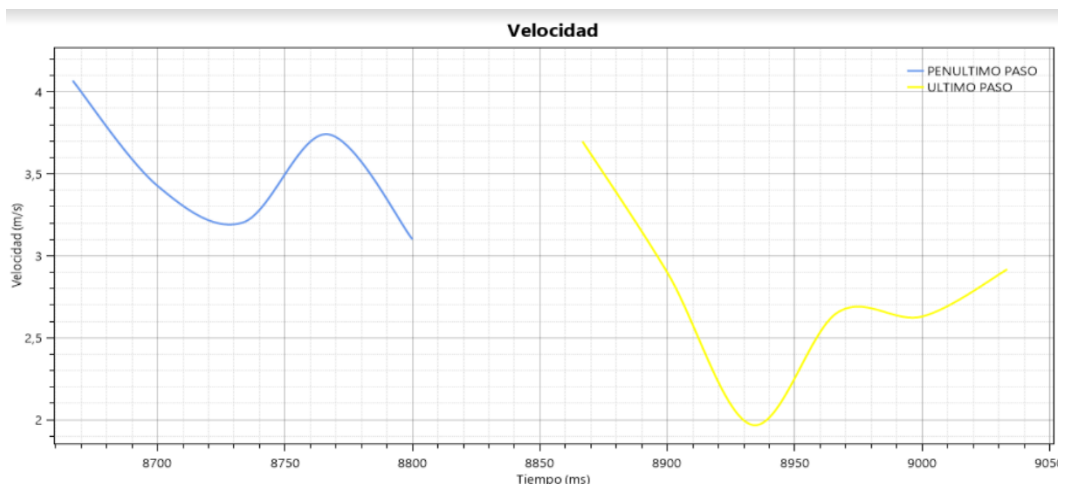


Grafico 9: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de desaceleración en la evaluación 4. Extraído del análisis de kinovea.

Penúltimo paso

Pasos	Tiempo (s)	Velocidad inicial (m/s)	Velocidad final (m/s)	Diferencia velocidad (m/s)	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima (m/s)
Duración penúltimo paso. Eva 1	2,366	6,82	5,03	-1,79	4,48	6,82
Duración penúltimo paso. Eva 2	1234	4,31	4,59	0,27	3,91	4,96
Duración penúltimo paso. Eva 3	0,866	2,60	3,59	0,99	2,67	3,75
Duración penúltimo paso. Eva 4	0,133	4,06	3,20	-0,86	3,20	4,06

Tabla 1: Variables biomecánicas del penúltimo paso, en las distintas evaluaciones.

Como se puede observar en los gráficos en cuanto al penúltimo paso, en la primera evaluación la diferencia de velocidad fue negativa. Pero a su vez durante la trayectoria del paso alcanzó una velocidad mínima de 4 m/s que comparándolo con la velocidad final se logró una aceleración en un momento del paso.

En la segunda evaluación la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima alcanzada fue mayor que la velocidad final, es por ello que durante la trayectoria se produjo una desaceleración.

En la tercera evaluación, la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima fue mayor que la velocidad final, es por ello que durante la trayectoria del paso se produjo una desaceleración para alcanzar la velocidad final.

En la cuarta evaluación, la diferencia de velocidad fue negativa, la velocidad mínima alcanzada fue igual a la velocidad final es por ello que durante el transcurso del paso siempre se produjo una desaceleración.

Último paso

Pasos	Tiempo (s)	Velocidad inicial (m/s)	Velocidad final (m/s)	Diferencia velocidad (m/s)	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima (m/s)
Duración último paso Eva 1	1,597	5,03	2,93	-2,1	2,93	5,03

Duración último paso Eva 2	0,9	5,17	4,34	-0,83	2,47	5,17
Duración último paso Eva 3	1,667	3,59	1,66	-1,93	1,65	3,70
Duración último paso Eva 4	0,233	4,28	2,92	-1,36	1,97	4,28

Tabla 2: Variables biomecánicas del último paso, en las distintas evaluaciones.

En la primera evaluación la diferencia de velocidad fue negativa. La velocidad mínima coincide con la velocidad final, es por ello que durante toda la trayectoria del paso se produjo una desaceleración.

En la segunda evaluación, la diferencia de velocidad fue negativa. La velocidad mínima, fue menor que la velocidad final, es por ello que la mayor desaceleración se produjo durante la trayectoria del paso y no al final de este. Pero a su vez, se produjo una aceleración para llegar al valor de la velocidad final, este se dio en los últimos 100 ms (31400 a 31600 ms).

En la tercera evaluación la diferencia de velocidad fue negativa. La velocidad mínima fue menor que la velocidad final, es por ello que durante la trayectoria se produjo una aceleración que luego fue disminuyendo.

En la cuarta evaluación la diferencia de velocidad fue negativa, la velocidad mínima fue mayor que la velocidad final, es por ello que durante la trayectoria del paso se produjo una desaceleración para llegar al valor de la velocidad final.

Comparación de gráficos de los pasos de aceleración

Evaluación 1

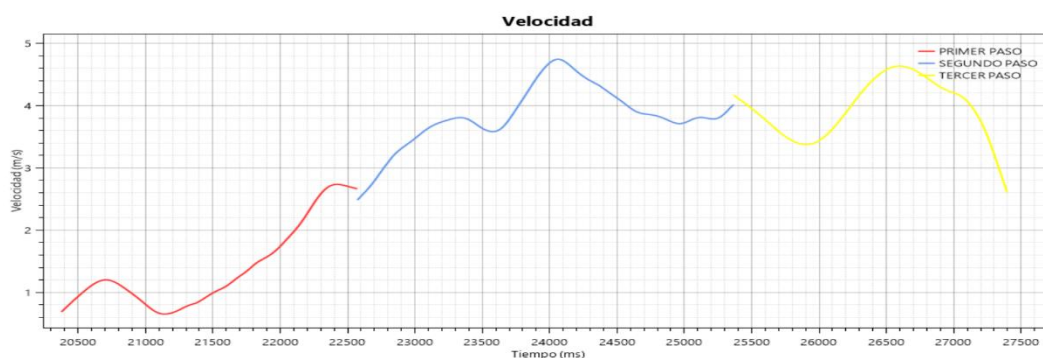


Grafico 10: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de aceleración en la evaluación 1. Extraído del análisis de kinovea.

Evaluación 2

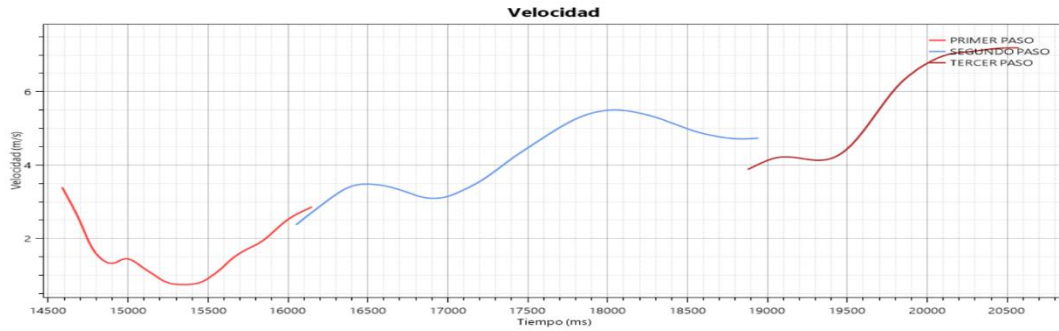


Grafico 11: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de aceleración en la evaluación 2. Extraído del análisis de kinovea.

Evaluación 3

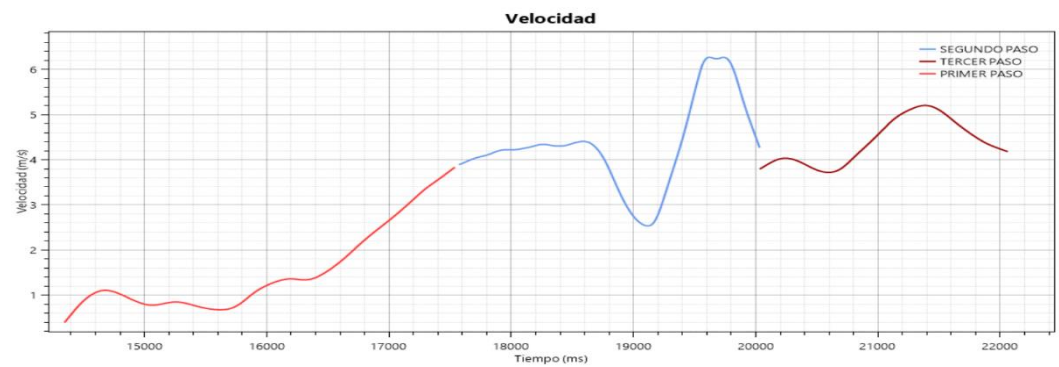


Grafico 12: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de aceleración en la evaluación 3. Extraído del análisis de kinovea.

Evaluación 4

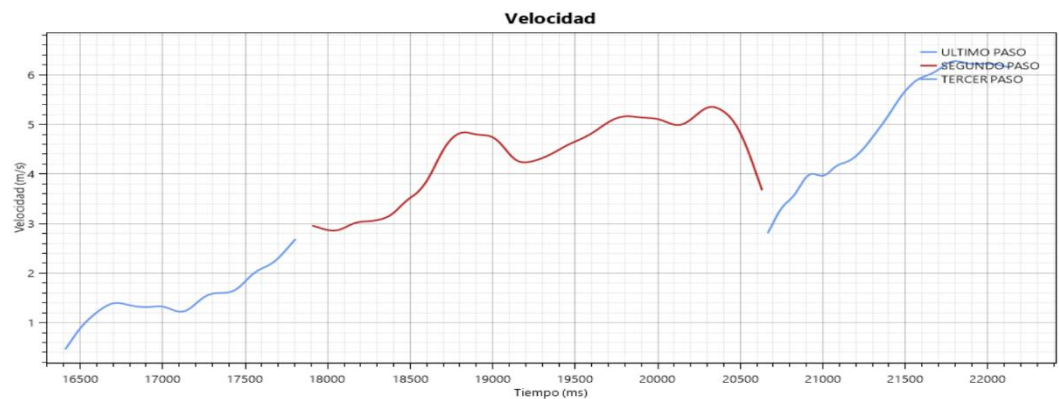


Grafico 13: Velocidad del trocánter mayor durante los pasos de aceleración en la evaluación 4. Extraído del análisis de kinovea.

Primer paso

Pasos	Tiempo (s)	Velocidad inicial (m/s)	Velocidad final (m/s)	Diferencia velocidad (m/s)	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima (m/s)
Duración primer paso Eva 1	2,197	0,68	2,67	1,98	0,65	2,67
Duración primer paso Eva 2	1,496	3,40	2,73	-0,67	0,74	3,89
Duración Primer paso Eva 3	3,193	0,39	3,84	3,44	0,39	3,83
Duración Primer paso Eva 4	1,397	0,46	2,69	2,23	0,45	2,69

Tabla 3: Variables biomecánicas del primer paso, en las distintas evaluaciones.

En la primera evaluación el primer paso la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima fue igual a la velocidad final alcanzada, es por ello que durante la trayectoria siempre hubo una aceleración que alcanzo su valor máximo al final del paso.

En la segunda evaluación la diferencia de velocidad fue negativa. La velocidad mínima, fue menor que la velocidad final, es por ello que la mayor desaceleración se produjo durante la trayectoria del paso y no al final de este. Pero a su vez, se produjo una aceleración para llegar al valor de la velocidad final, este se dio en los milisegundos centrales del paso, para luego disminuir la velocidad.

En la tercera evaluación la diferencia de velocidad fue positiva. Logrando la máxima velocidad al final del paso, es por ello que durante toda la trayectoria del paso se produjo una aceleración.

En la cuarta evaluación la diferencia de velocidad fue positiva, la velocidad máxima fue igual a la velocidad final, es por ello que se alcanzó la máxima velocidad al final del paso.

Segundo paso

Pasos	Tiempo (s)	Velocidad inicial (m/s)	Velocidad final (m/s)	Diferencia velocidad (m/s)	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima (m/s)
Duración segundo paso Eva 1	2,793	2,48	4,02	1,54	2,48	4,74
Duración segundo paso Eva 2	2794	2,60	4,72	2,12	2,6	5,51
Duración segundo paso Eva 3	2,494	3,89	4,27	0,38	2,53	6,27
Duración segundo paso Eva 4	1,496	2,80	6,16	3,35	2,8	6,28

Tabla 4: Variables biomecánicas del segundo paso, en las distintas evaluaciones.

En la primera evaluación la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima fue mayor, superando la velocidad final alcanzada, es por ello que durante la trayectoria hubo una mayor aceleración con respecto al final del paso, pero a su vez, por un momento se produjo una desaceleración para llegar a la velocidad final.

En la segunda evaluación la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima fue mayor que la velocidad final, es por esto que se produjo una desaceleración para llegar al valor de velocidad final.

En la tercera evaluación la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima supera a la velocidad final, es por ello que durante una parte de la trayectoria se produjo una desaceleración.

En la cuarta evaluación la diferencia de velocidad fue positiva, la velocidad máxima fue mayor que la velocidad final, es por ello que durante la trayectoria se produjo una desaceleración para llegar al valor de velocidad final.

Tercer paso

Pasos	Tiempo (s)	Velocidad inicial (m/s)	Velocidad final (m/s)	Diferencia	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima (m/s)
-------	------------	-------------------------	-----------------------	------------	------------------------	------------------------

				velocidad (m/s)		
Duración tercer paso Eva 1	2,03	4,17	2,61	-1,56	2,61	4,64
Duración tercer paso Eva 2	1,69 6	3,95	7,20	3,25	3,95	7,20
Duración tercer paso Eva 3	2,03	3,79	4,18	0,39	3,72	5,20
Duración tercer paso Eva 4	1,49 6	2,80	6,16	3,35	2,8	6,28

Tabla 5: Variables biomecánicas del tercer paso, en las distintas evaluaciones.

En la primera evaluación la diferencia de velocidad fue negativa. La velocidad mínima fue igual que la velocidad final, pero a su vez la velocidad máxima alcanzada, fue mayor que la velocidad inicial, es por ello que durante la trayectoria se produjo una aceleración.

En la segunda evaluación la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima fue igual que la velocidad final, es por esto que se produjo una aceleración durante toda la trayectoria del paso.

En la tercera evaluación la diferencia de velocidad fue positiva. La velocidad máxima supera a la velocidad final, es por ello que durante una parte de la trayectoria se produjo una desaceleración.

En la cuarta evaluación la diferencia de velocidad fue positiva, la velocidad máxima fue mayor que la velocidad final, es por ello que durante la trayectoria se produjo una desaceleración para llegar al valor de velocidad final.

Por otro lado, se evaluó la fuerza del tren inferior mediante un salto en el vector horizontal de forma unipodal y vertical de forma bipodal. Se realizaron las dos primeras evaluaciones en las semanas de entrenamiento general (sin intervención del trineo) y luego se llevaron a cabo las dos siguientes evaluaciones en las semanas con intervención del trineo. Se obtuvieron los siguientes resultados.

Salto en el vector horizontal

Evaluaciones	Hábil a inhábil (cm)	Inhábil a hábil (cm)
--------------	-------------------------	-------------------------

Evaluación 1	210	210
Evaluación 2	212	215
Evaluación 3	215	217
Evaluación 4	215	217

Tabla 5

Como se puede observar, la aplicación de fuerza fue muy similar entre el miembro inferior hábil e inhábil. A su vez a medida que fueron pasando las evaluaciones, la distancia del salto fue aumentando en valores mínimos, llegando a estancarse en las evaluaciones 3 y 4.

Salto vertical

Evaluaciones	Altura
Evaluación 1	42,9
Evaluación 2	39,6
Evaluación 3	46,5
Evaluación 4	48,3

Tabla 6

La altura del salto disminuyó luego de las semanas de no hacer nada, pero se puede observar un aumento luego de las semanas de entrenamiento con trineo.

DISCUSIÓN

El cambio de dirección es una habilidad que se lleva a cabo en los deportes en conjunto, en los que se realizan de diversas maneras dependiendo la circunstancia del juego. Es por eso, que el objetivo del trabajo fue analizar detalladamente las variables biomecánicas que pueden modificarse con el entrenamiento con trineo en reversa, con el fin de ser eficientes y lograr una ejecución que permita tener una mejor posición corporal para la nueva acción a realizar.

A partir de esto, se llevó a cabo un trabajo de investigación que permitió conocer si existen modificaciones en el rendimiento del cambio de dirección mediante la adición del trineo lastrado en reversa en comparación al entrenamiento habitual.

Como se observa en los resultados, el entrenamiento con trineo no mejoró la variable de la fuerza en el vector horizontal, esto puede ser debido a que en el salto horizontal, las articulaciones que predominan son la del tobillo y la cadera, con el entrenamiento propuesto se estimuló la musculatura muslo-rodilla. Para el salto horizontal, la cadera y el tobillo impulsan predominantemente el movimiento con un total del 87%, mientras que la articulación de la rodilla contribuye de manera limitada con tan solo el 13%. En cuanto al salto vertical, si mejoró con el entrenamiento con trineo, esto puede ser debido a que las contribuciones de las tres articulaciones son aproximadamente similares (alrededor de 1/3 del trabajo total) durante la propulsión. En consecuencia, la disfunción en cualquiera de las articulaciones puede afectar relativamente por igual al rendimiento del salto (altura máxima). (23)

Pareja- Blanco, comenta que el entrenamiento de remolque de trineo tuvo un impacto beneficioso en el rendimiento del salto, por el hecho de que la fuerza explosiva de los músculos extensores de la rodilla han estado estrechamente relacionado con el salto.(24)

A partir de los resultados obtenidos se puede observar que los tiempos de contacto fueron variando con el paso de las evaluaciones, es decir, siguen una escala no lineal. Como se puede observar en los gráficos (1 y 2), los tiempos de contactos del penúltimo y último paso en las semanas de intervención con trineo son menores que en las semanas sin intervención. Esto podría dar a pensar que el trineo tuvo efectos en la desaceleración para el cambio de dirección ya que logra hacer esa destreza en menos tiempo. Tal como encontraron otros investigadores, el entrenamiento con trineo puede generar que el área de contacto de todo el pie durante el apoyo se reduzca en un 15% para la carrera hacia atrás en comparación con la carrera hacia adelante, además el tiempo de contacto con el suelo disminuyó en la región lateral del retropié. También se observó un aumento en la actividad muscular en los músculos del muslo y la cadera. (9)

Éstos pueden ser fundamentos que avalen los resultados, aunque se necesitan más investigaciones que lo corroboren ya que en la literatura al respecto es muy escasa.

Los resultados encontrados en este trabajo, avalan la teoría. En el penúltimo paso se generan mayores tiempos de contacto que en el último paso, lo que genera frenado o desaceleración y facilita el cambio de la dirección de empuje de cara a la nueva dirección. Se describe este paso como el paso preparatorio, ya que se alcanzan mayores ángulos de flexión de rodilla y cadera, que se mantendrán durante la transición hacia el último paso. Esto ayuda a una mayor

absorción de las fuerzas y a la preparación para una mejor posición de cara al contacto final.(8)

En el último paso, se puede observar cómo el tiempo de contacto y las desaceleraciones del caso analizado siguen una escala no lineal. En este paso, los tiempos de contacto se encuentran en rangos un poco inferiores a los 250/300 ms como lo avalan en la literatura.(22)

En relación a los tiempos de contacto con el suelo y la capacidad de aplicar mayor producción de fuerza en el vector horizontal y vertical, se encuentra una relación entre la teoría y los resultados de la práctica para algunos pasos de la cuarta evaluación. Se puede observar una relación en los pasos (último, segundo y tercero) donde el tiempo de contacto disminuye. La bibliografía encontrada, hace referencia a que los atletas más fuertes producen mayores fuerzas e impulsos excéntricos horizontales y verticales para desacelerar y mantener una posición corporal óptima en preparación para el cambio de dirección y la subsiguiente fase de aceleración. La mayor producción de fuerza excéntrica acorta la fase de frenado y los tiempos de contacto con el suelo y aumenta el almacenamiento de energía elástica que se utiliza durante la fase de aceleración concéntrica. (25)

Esto daría a pensar que el tiempo de contacto es menor porque se aplica más fuerza. No se puede observar lo mismo para los pasos (penúltimo y primero) ya que los menores valores de los tiempos de contacto se obtuvieron en otras evaluaciones; serían necesarias nuevas investigaciones, aunque no se encontraron estudios que analicen esto.

Al analizar las aceleraciones y desaceleraciones en kinovea, la calidad de ejecución no fue algo que se consideró a priori en el trabajo pero aporta a interpretar los resultados encontrados. El penúltimo apoyo se lo denomina como un paso de desaceleración, pero como se observa en las evaluaciones, en algunas la diferencia de velocidad es positiva, es decir, no logra desacelerar. Durante la ejecución técnica de dicho paso, se considera fundamental que la colocación del pie en el contacto inicial sea con el apoyo del talón. Éste debe ubicarse anteriormente al centro de masa, con la inclinación del tronco hacia atrás respecto del pie plantado. Esta posición corporal durante el frenado aumenta las fuerzas horizontales durante el penúltimo contacto y genera la reducción de la mayor parte del impulso durante el mismo. A partir de esto, se analizó lo comentado en la ejecución técnica sobre esta acción, en relación con lo observado en la segunda evaluación, se pudo analizar en el registro del video con más detalle esa ejecución y considerando la calidad de movimientos, se puede reflexionar que esta ejecución técnica del sujeto no es la ideal para realizar una

acción de frenado, ya que el sujeto durante el apoyo tiene el tronco erguido, poca flexión de rodilla, el centro de masa muy alto, poca capacidad de aplicar fuerza horizontal, por ende, estas variables influyen de manera negativa en la capacidad de frenado. En la tercer evaluación, que también la diferencia de velocidad es positiva, se observa una mala técnica de ejecución, ya que el deportista no aplica el gesto correspondiente debido a que tiene bajos grados de flexión de cadera y rodilla en el apoyo del pie, ante esto se observa la necesidad de amortiguar el paso, generando poca absorción de fuerza, haciendo que el deportista realice el apoyo del siguiente paso de forma inmediata en comparación a las otras evaluaciones, ya que necesita mantener la posición corporal adecuada. Esto puede ser un motivo que genere que el tiempo de contacto se reduzca para pasar al último apoyo rápidamente. Ante esto, Dos Santos comenta que los más rápidos son aquellos que tienen mayores ángulos de triple flexión de las extremidades inferiores durante este apoyo, ayudando a bajar el centro de masa y facilitar una posición efectiva de frenado y empuje.

En cuanto a los videos que obtuvieron una diferencia de velocidad negativa, es decir, que lograron desacelerar en el penúltimo y último paso, se puede observar lo que comenta Dos Santos respecto a que una mayor aplicación de fuerza orientada hacia la horizontalidad ayuda a facilitar el frenado y a una desaceleración neta (aceleración negativa). (16)

Los atletas deben mejorar su índice de desaceleración, que se basa en el principio de que las fuerzas de desaceleración deben coincidir con las creadas con la aceleración. Sería necesario obtener un alto índice de desaceleración, donde el atleta tenga la capacidad de detenerse por completo en el menor tiempo después de realizar una actividad de alta velocidad, lo que indica que un atleta es capaz de controlar sus movimientos de manera efectiva y reducir el riesgo de lesiones. A su vez reduce la velocidad de manera rápida y eficiente, lo que puede darle una ventaja en el campo.(26)

Esta situación lleva a reflexionar que una buena ejecución técnica y aplicación de fuerza, generaría una diferencia de velocidad negativa, disminuyendo el tiempo de contacto. Aunque sería necesario más investigaciones que lo avalen. Se observa que aquellos deportistas que realizan los cambios de dirección a velocidades más altas, son aquellos que pudieron producir y tolerar mayores fuerzas de frenado, lo que contribuyó a desaceleraciones más rápidas antes de cambiar de dirección y tiempo de rendimiento generales de cambio de dirección más rápidos. (27)

En los resultados obtenidos, se puede observar que para el último paso, la diferencia de velocidad es negativa en cada evaluación. Este paso cumple una doble función, por un lado contiene un componente de frenado para desacelerar y por el otro se encarga de la propulsión y redirigir el cuerpo hacia la dirección de viaje prevista. (25)

Se puede observar en los gráficos que el deportista realiza una desaceleración, cumpliendo con la acción de frenado. Pero también se puede observar, sobre todo en la evaluación 2 y 4 que en los últimos milisegundos del paso el deportista comienza a acelerar, iniciando la fase propulsiva. En la evaluación 4, logra frenar a cero y acelerar en el último paso al igual que en la evaluación 2, pero la disminución de la velocidad desde el penúltimo paso es de mayor magnitud respecto a la evaluación 4, logrando disminuir más la velocidad.

En los pasos post cambio de dirección, denominados pasos de aceleración, se observa para el primer paso, que en todas las pruebas la diferencia de velocidad fue positiva, excepto para la segunda que la diferencia de velocidad fue negativa. Esto puede ser debido a que, al analizar la ejecución de manera cualitativa en los registros, el miembro inferior que realiza la fuerza de empuje queda prácticamente en una extensión de cadera, rodilla y tobillo completa en comparación con las otras evaluaciones, lo que no le permite empujar y aplicar fuerza. La dirección de la fuerza creada por la extensión de la pierna no es favorable para la propulsión hacia adelante debido al componente vertical dominante. Si el vector de fuerza apunta más hacia adelante, la relación entre la fuerza vertical y la de propulsión está sesgada hacia la propulsión hacia adelante. Tal como se expresa en la literatura, en este caso, se puede aplicar fuerzas mayores sin los efectos negativos de una mayor aceleración vertical. (28)

El rendimiento de la aceleración se relaciona con las capacidades de fuerza de los extensores de la cadera. En consecuencia, maximizar la propulsión hacia adelante requiere una aplicación de fuerza óptima, no máxima. En esta segunda evaluación la pierna libre se encuentra más tiempo en el aire antes de realizar el apoyo, esto hace que sea mayor la duración antes de que se aplique una fuerza de reacción del suelo para cambiar de dirección.

Se debe tener en cuenta que durante la ejecución de esta acción, una longitud de paso corta, una menor inclinación hacia adelante y una menor elevación de la rodilla será más ventajoso porque la pierna libre se puede reposicionar antes para el siguiente contacto. (29)

En el segundo paso, la diferencia de velocidad es positiva para todas las evaluaciones, donde el mayor tiempo de contacto se dio en la segunda evaluación.

Es posible que esto sea así porque se genera menos flexión de cadera y mayores ángulos de flexión de la articulación de la rodilla. (13)

Para el tercer paso, la diferencia de velocidad fue positiva, menos para la primera evaluación, esto puede ser debido a que, al analizar el video, el deportista en ese momento ya encuentra muy cerca a la próxima línea de 5 metros y tiene la necesidad de reducir la velocidad para realizar el siguiente cambio de dirección. Debido a esto, debería compensar la fuerza de aceleración por la fuerza de frenado para tener una mejor posición corporal de cara a la nueva dirección. Esto se puede observar en el gráfico 10, donde en los últimos milisegundos, el deportista realiza una desaceleración. Durante este tiempo de desaceleración, un motivo que pudo haber interferido en dicha acción, es poca rigidez del tendón para mantener la posición del pie en antepié, generando que apoye toda la planta del pie en este paso lo que genera que haya poco almacenamiento de energía elástica.(31)

Durante la realización del trabajo se han presentado ciertas limitaciones que pudieron influir en los resultados obtenidos, en la evaluación 2, en la filmación se produjo un desajuste en la calibración del espacio lo que pudo influir en los datos recopilados por kinovea.

A pesar de lo mencionado, es un trabajo que puede ser el inicio del estudio de una serie de casos para poder determinar, a partir de una estadística inferencial, el impacto del entrenamiento con trineo lastrado en reversa en jugadores de fútbol.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados y en cuanto al análisis e interpretación de los datos en la presente investigación, se concluyó lo siguiente:

Comenzamos este camino preguntándonos si el entrenamiento con trineo lastrado en reversa puede generar modificaciones en el rendimiento del cambio de dirección. Luego de un abordaje teórico y estudiando de manera profunda las variables que influyen en el rendimiento de cambio de dirección, llegamos a la conclusión de que el entrenamiento con trineo lastrado en reversa realizado durante la temporada, generó modificaciones en el rendimiento de dicha habilidad, ya que como se puede observar en los resultados, influye de manera positiva en sus variables de rendimiento.

En cuanto a los resultados, los valores obtenidos estuvieron por encima de lo esperado, ya que suponíamos y considerábamos que dicho entrenamiento podría mejorar las variables que influyen en el cambio de dirección; lo cual, estuvimos en lo correcto. A partir de esto, luego de la investigación nos han surgido nuevas interrogaciones al respecto, que consisten en conocer si mayores semanas de intervención y frecuencias de entrenamiento con trineo lastrado en reversa generarían otros resultados al respecto, además si dicho tipo de entrenamiento sería el más idóneo para mejorar esta habilidad o existen otros métodos más efectivos al respecto.

Ante esto les recomendamos incluir este tipo de entrenamiento en nuestros programas de entrenamientos. Pero además, como estudiantes del tema queremos incentivar al lector y dejar abierta la posibilidad de estudios de temas relacionados, para así, poder profundizar el conocimiento sobre esta área poco estudiada en la actualidad.

A pesar de obtener resultados efectivos en este caso, se considera necesario obtener mayor cantidad de estudios que evalúen la efectividad de este tipo de entrenamiento a corto y a largo plazo; Incluyendo a una muestra mayor de deportistas de diferentes rangos etarios y género.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Casamichana D, Quintana J, Castellano J, Calleja Gonzalez J. Los Juegos reducidos en el entrenamiento del fútbol [Internet]. Leioa (España): www.futboldellibro.com; 2015 [citado el 24 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315802247_Los_Juegos_reducidos_en_el_entrenamiento_del_futbol
2. Caro Muñoz O. Los cambios de dirección en fútbol. Análisis y métodos de evaluación del rendimiento [Internet]. 2012 [citado 24 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd167/los-cambios-de-direccion-en-futbol-evaluacion.htm>
3. Moyano M. Técnica de velocidad de cambio de dirección [Internet]. 2013 Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). [citado 24 de abril de 2023]. Disponible en: <https://g-se.com/tecnica-de-velocidad-de-cambio-de-direccion-bp-O57cfb26cec5d9>
4. Andrews JR, McLeod WD, Ward T, Howard K. The cutting mechanism. Am J Sports Med [Internet]. 1977 [citado 1 de octubre de 2021];5(3):111-21. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/036354657700500303>
5. Dos'Santos T, McBurnie A, Comfort P, Jones PA. The Effects of Six-Weeks Change of Direction Speed and Technique Modification Training on Cutting Performance and Movement Quality in Male Youth Soccer Players. Sports [Internet]. 2019 [citado 21 de marzo de 2023];7(9):205. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4663/7/9/205>
6. Zhang Q, Dellal A, Chamari K, Igonin PH, Martin C, Hautier C. The influence of short sprint performance, acceleration, and deceleration mechanical properties on change of direction ability in soccer players—A cross-sectional study. Frontiers in Physiology [Internet]. 2022 [citado 24 de abril de 2023];13. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2022.1027811>
7. Uthoff A, Oliver J, Cronin J, Harrison C, Winwood P. Sprint-Specific Training in Youth: Backward Running vs. Forward Running Training on Speed and Power Measures in Adolescent Male Athletes. J Strength Cond Res. [Internet]. 2020;34(4):1113-22. Disponible en: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2020/04000/Sprint_Specific_Training_in_Youth__Backward.30.aspx
8. Cambio de Dirección en el Rendimiento Deportivo [Internet]. Road to performance. 2018 [citado 22 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.roadtoperformance.com/cambio-de-direccin-en-el-rendimiento-deportivo>
9. Havens K, Sigward S. Whole body mechanics differ among running and cutting maneuvers in skilled athletes - ScienceDirect [Internet]. 2015 [citado 24 de abril de 2023];42(3):240-245 Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636214006584?via%3Dihub>

10. Fiorilli G, Mariano I, Iuliano E, Giombini A, Ciccarelli A, Buonsenso A, et al. Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2020 [citado 1 de octubre de 2021];19(1):213-23. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7039027/>
11. Chaabene H, Prieske O, Negra Y, Granacher U. Change of Direction Speed: Toward a Strength Training Approach with Accentuated Eccentric Muscle Actions. *Sports Med*. 2018 [citado 15 de abril de 2022];48(8):1773-9. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-018-0907-3>
12. García-Quiles V, Sarmiento AA. Mecánica sagital del cambio de dirección en jugadoras de fútbol de diferente nivel competitivo. *JUMP*. [Internet]. 2021 [citado 15 de abril de 2022];(4):45-58. Disponible en: <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/JUMP/article/view/6810>
13. Falch HN, Rædergård HG, van den Tillaar R. Effect of Approach Distance and Change of Direction Angles Upon Step and Joint Kinematics, Peak Muscle Activation, and Change of Direction Performance. *Frontiers in Sports and Active Living* [Internet]. 2020 [citado 24 de abril de 2023];2. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2020.594567>
14. Dos´Santos T, Christopher Thomas, Comfort P, Jones P The Effect of Angle and Velocity on Change of Direction Biomechanics: An Angle-Velocity Trade-Off | SpringerLink [Internet]. 2018 [citado 24 de abril de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-018-0968-3>
15. Uthoff A, Oliver J, Cronin J, Harrison C, Winwood P. A New Direction to Athletic Performance: Understanding the Acute and Longitudinal Responses to Backward Running. *Sports Med*. 2018;48(5):1083-96. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29498028/>
16. Dos´Santos T, Thomas C, McBurnie A, Comfort P, Jones PA. Biomechanical Determinants of Performance and Injury Risk During Cutting: A Performance-Injury Conflict? *Sports Med* [Internet]. 2021 [citado 11 de febrero de 2022];51(9):1983-98. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01448-3>
17. Kubo K, Ishigaki T, Ikebukuro T. Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. *Physiol Rep* [Internet]. 2017 [citado 30 de abril de 2022];5(15):e13374. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.14814/phy2.13374>
18. Jlid MC, Coquart J, Maffulli N, Paillard T, Bisciotti GN, Chamari K. Effects of in Season Multi-Directional Plyometric Training on Vertical Jump Performance, Change of Direction Speed and Dynamic Postural Control in U-21 Soccer Players. *Front Physiol* [Internet]. 2020 [citado 1 de octubre de 2021];11:374. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2020.00374/full>
19. De Hoyo M, Sañudo B, Carrasco L, Mateo-Cortes J, Domínguez-Cobo S, Fernandes O, et al. Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports*

Sciences [Internet]. 2016 [citado 2 de mayo de 2022];34(14):1380-7. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2016.1157624>

20. Cherni Y, Jlid MC, Mehrez H, Shephard RJ, Paillard T, Chelly MS, et al. Eight Weeks of Plyometric Training Improves Ability to Change Direction and Dynamic Postural Control in Female Basketball Players. *Front Physiol* [Internet]. 2019 [citado 11 de febrero de 2022];10:726. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6585468/>

21. Costa IA, Oste G. Relaciones entre la acción de frenado, el sprint y el vector fuerza en saltos. *VIREF Revista de Educación Física* [Internet]. 2021 [citado 23 de octubre de 2021];10(4):99-111. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/viref/article/view/346633>

22. Spiteri T, Newton RU, Binetti M, Hart NH, Sheppard JM, Nimphius S. Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* [Internet]. 2015 [citado 30 de abril de 2022];29(8):2205-14. Disponible en: <https://journals.lww.com/00124278-201508000-00016>

23. Kotsifaki A, Korakakis V, Graham-Smith P, Sideris V, Whiteley R. Vertical and Horizontal Hop Performance: Contributions of the Hip, Knee, and Ankle. *Sports Health* [Internet]. 2021 [citado 3 de abril de 2023];13(2):128-35. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8167345/>

24. Pareja-Blanco F, Asián-Clemente JA, Sáez de Villarreal E. Combined Squat and Light-Load Resisted Sprint Training for Improving Athletic Performance. *J Strength Cond Res*. 2021;35(9):2457-63. Disponible en: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2021/09000/Combined_Squat_and_Light_Load_Resisted_Sprint.15.aspx

25. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA. How early should you brake during a 180° turn? A kinetic comparison of the antepenultimate, penultimate, and final foot contacts during a 505 change of direction speed test. *J Sports Sci*. 2021;39(4):395-405. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33377421/>

26. Wolfe C, Page P, Voight M, Norman C, Draovitch P. The Deceleration Index - Is it the Missing Link in Rehabilitation? *IJSPT* [Internet]. 2023 [citado 24 de abril de 2023];18(2). Disponible en: <https://ijspt.scholasticahq.com/article/73799-the-deceleration-index-is-it-the-missing-link-in-rehabilitation>

27. Harper DJ, McBurnie AJ, Santos TD, Eriksrud O, Evans M, Cohen DD, et al. Biomechanical and Neuromuscular Performance Requirements of Horizontal Deceleration: A Review with Implications for Random Intermittent Multi-Directional Sports. *Sports Med* [Internet]. 2022 [citado 25 de febrero de 2023];52(10):2321-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01693-0>

28. Kugler F, Janshen L. Body position determines propulsive forces in accelerated running. *J Biomech*. 2010;43(2):343-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929009005260?via%3Dihub>

29. Hewit JK, Cronin JB, Hume PA. Kinematic Factors Affecting Fast and Slow Straight and Change-of-Direction Acceleration Times. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [Internet]. 2013 [citado 25 de febrero de 2023];27(1):69. Disponible en: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/01000/Kinematic_Factors_Affecting_Fast_and_Slow_Straight.10.aspx

30. Keller S, Koob A, Corak D, von Schöning V, Born DP. How to Improve Change-of-Direction Speed in Junior Team Sport Athletes—Horizontal, Vertical, Maximal, or Explosive Strength Training? *The Journal of Strength & Conditioning Research* [Internet]. 2020 [citado 27 de febrero de 2023];34(2):473. Disponible en: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2020/02000/How_to_Improve_Change_of_Direction_Speed_in_Junior.23.aspx