



**Universidad
Europea** CANARIAS

**Deportes con cambios de dirección:
Relevancia de la Potenciación Post
Activación y entrenamiento específico del
“FootCore” en el Navicular Drop.**

TRABAJO FIN DE TITULACIÓN

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Europea de Canarias
Curso académico: 2022-2023

AUTORES

Benítez de Lugo Vera, Luis
Benítez de Lugo Vera, Javier

TUTOR

Hernández Abad de la Cruz, Fernando Jesús

Junio de 2023
Villa de La Orotava, Tenerife

1. Resumen/Abstract:

La musculatura intrínseca del pie desempeña un papel crucial en el soporte, la estabilidad y la función motora. Los diferentes grupos musculares controlan los movimientos y la postura durante el sprint, los cambios de dirección y otros gestos técnicos. El concepto del "FootCore" se refiere a un conjunto específico de músculos que trabajan juntos para proporcionar estabilidad y control en el arco plantar. Fortalecer y activar estos músculos es fundamental para prevenir lesiones y mantener un arco plantar estable. Además, el Navicular Drop Test es una herramienta útil para evaluar la pronación del pie y el ejercicio de la musculatura intrínseca puede mejorar la estabilización. Asimismo, la potenciación post activación ha demostrado beneficios en la mejora del rendimiento físico. Es esencial comprender la importancia del pie en el rendimiento deportivo y aplicar intervenciones específicas para optimizar su funcionamiento.

The intrinsic musculature of the foot plays a crucial role in support, stability and motor function. Different muscle groups control movements and posture during sprinting, changes of direction and other technical gestures. The concept of the "Foot Core" refers to a specific set of muscles that work together to provide stability and control in the plantar arch. Strengthening and activating these muscles is critical to preventing injury and maintaining a stable plantar arch. In addition, the Navicular Drop Test is a useful tool for assessing foot pronation and exercise of the intrinsic musculature can improve stabilisation. Post-activation strengthening has also shown benefits in improving physical performance. It is essential to understand the importance of the foot in sports performance and to implement specific interventions to optimise foot function.

1.1 Palabras clave / Keywords:

Potenciación Post Activación; “FootCore”; Navicular Drop; Cambios de dirección; Musculatura Intrínseca; Musculatura Extrínseca.

Potential Post Activation; “FootCore”; Navicular Drop; Changes of direction; Intrinsic Musculature; Extrinsic Musculature.

Índice

1. Resumen/Abstract:	2
1.1 Palabras clave / Keywords:.....	3
2. Introducción	6
2.1 Repaso anatómico de la musculatura intrínseca del pie y “Foot Core”:.....	7
2.2 Musculatura intrínseca del pie	9
2.3 Musculatura extrínseca del pie	12
2.4 Navicular Drop Test	15
2.5 Potenciación Post Activación:.....	16
2.6 Relación pie \leftrightarrow rendimiento	18
3. Justificación	19
4. Objetivos e hipótesis.....	20
4.1 Hipótesis.....	20
5. Metodología.....	20
5.1 Diseño	20
5.2 Muestra y formación de grupos.....	21
5.3 Variables y material de medida	22
5.3.1 Variable	22
Como variables de este estudio hemos de considerar:.....	22
5.3.2 Material de medida	22
5.4 Procedimiento	23
5.4.1 Normalización de la carga:.....	25
5.4.2 Ejecución:	25
5.4.3 Materiales:	26
5.4.4 N. ° de Repeticiones:	26
5.4.5 Intensidad:	26
5.5 Análisis de datos	26
6. Equipo investigador	27
7. Viabilidad del estudio.....	27
8. Referencias bibliográficas	29
9. Anexos	34

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Musculatura Intrínseca del Pie	12
Ilustración 2: Musculatura Extrínseca del pie.	14
Ilustración 3: Posición Inicial	20
Ilustración 4: Posición Final.....	21
Ilustración 5: Foto 1	23
Ilustración 6: Foto 2.....	24
Ilustración 7: Foto 3.....	24
Ilustración 8: Foto 4.....	24

2. Introducción

Los deportes que implican un gran número de cambios de dirección en espacios reducidos, como el fútbol, el baloncesto y el tenis, requieren una gran capacidad de estabilización del pie y el tobillo (Miñano et al., 2016). La musculatura intrínseca del pie y el peroneo lateral largo son importantes para la estabilización del pie y la resistencia a la fatiga. La potenciación post activación (PPA) consiste en realizar un ejercicio de alta intensidad antes de realizar otro ejercicio. Los ejercicios de PPA pueden mejorar la activación neuromuscular, la fuerza y la potencia muscular (Picón-Martínez et al., 2019).

La potenciación post activación de la musculatura intrínseca del pie y el peroneo lateral largo puede ser una estrategia efectiva para mejorar la estabilización del pie y la resistencia a la fatiga en deportes con un gran número de cambios de dirección en espacios reducidos.

En este trabajo se propone un diseño experimental para evaluar el efecto de los ejercicios de potenciación post activación (PPA) de la musculatura intrínseca y extrínseca del pie en deportes con un gran número de cambios de dirección en espacios reducidos, así como su relación con la disminución del Navicular Drop Test.

Como muestra el estudio de (Almazán Polo et al., 2018) y (McKeon et al., 2015) la musculatura intrínseca y extrínseca del pie son fundamentales para la estabilización de los miembros inferiores. Además, muchos deportes como fútbol, tenis o baloncesto tienen un gran número de gestos técnicos que implican cambios de dirección en espacios reducidos, como pueden ser las fintas, regates, pivotes, etc.

Dichos gestos técnicos se suelen realizar de forma rápida y en su mayoría con apoyos monopodales, por lo que la estabilización de los miembros inferiores debe ser óptima para la correcta ejecución del gesto técnico y la prevención de lesiones. Es por ello que, como mencionamos anteriormente, consideramos que debe existir una relación directa entre realizar ejercicios de PPA en la musculatura intrínseca y extrínseca del pie, y una mejoría en la ejecución dichos gestos técnicos, así como la disminución del valor de ND, que como nos muestran (Oliveira Silva, 2013) y (Zuil-Escobar et al., 2018) tiene relación directa con la prevención de lesiones.

Se espera que los resultados de este estudio puedan proporcionar evidencia científica sobre la efectividad de los ejercicios de PPA de la musculatura intrínseca y extrínseca del pie, y dichos resultados puedan ser utilizados por entrenadores y deportistas para mejorar el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones.

2.1 Repaso anatómico de la musculatura intrínseca del pie y “Foot Core”:

La musculatura intrínseca del pie desempeña un papel crucial en el soporte, la estabilidad y la función locomotora del pie humano. Estos músculos son responsables de controlar y regular los movimientos y la postura durante la marcha y otras actividades relacionadas con la locomoción.

Los músculos intrínsecos del pie se dividen en varias capas, que se interconectan y colaboran para proporcionar la estabilidad necesaria. Según un estudio realizado por (Jastifer, 2023), la primera capa de músculos, conocida como la capa lumbrical, consiste en cuatro músculos interóseos plantares. Estos músculos juegan un papel fundamental en la flexión y extensión de los dedos, así como en la estabilidad del arco longitudinal medial del pie.

La segunda capa de músculos intrínsecos del pie, según las investigaciones de (Jastifer, 2023), está formada por los músculos aductores y abductores del hallux. Estos músculos son cruciales para los movimientos de aducción y abducción del dedo gordo del pie, así como para mantener el equilibrio y la estabilidad durante la marcha.

En cuanto a la tercera capa, el estudio de (Jastifer, 2023) revela que está compuesta por los músculos responsables de la flexión y extensión de los dedos del pie, contribuyendo así a la función de propulsión y al mantenimiento del equilibrio.

Además de las capas musculares mencionadas, existe una capa profunda de músculos intrínsecos del pie. Según la investigación de (Jastifer, 2023), esta capa comprende los músculos plantares cortos, como el músculo abductor del quinto dedo y el músculo flexor corto del dedo gordo. Estos músculos desempeñan un papel fundamental en la estabilización del arco transversal del pie y en la distribución de la carga.

Además de estos grupos musculares, el concepto del "Foot Core" ha ganado relevancia en los últimos años. Según la investigación de (McKeon et al., 2015), el Foot Core se refiere a un grupo específico de músculos intrínsecos del pie que trabajan en conjunto para proporcionar estabilidad y control del arco del pie durante la actividad física. Estos músculos incluyen el músculo abductor hallucis, el músculo flexor hallucis brevis, el músculo abductor digiti minimi y el músculo flexor digiti minimi brevis.

Un estudio realizado por (Pohl et al., 2009) demostró que el fortalecimiento y la activación adecuada de estos músculos son fundamentales para mantener un arco plantar estable y prevenir lesiones relacionadas con el pie y el tobillo.

El conocimiento de la anatomía de la musculatura intrínseca del pie y del Foot Core es crucial para profesionales de la salud como podólogos, fisioterapeutas y entrenadores deportivos. Comprender la función y la interacción de estos músculos, así como entrenarlos, permite una evaluación más precisa de la funcionalidad biomecánica del pie, así como la implementación de estrategias de tratamiento y prevención basadas en evidencia (Jaffri et al., 2022).

En resumen, la musculatura intrínseca del pie, incluyendo los grupos musculares plantares, dorsales y plantares interóseos, así como el concepto del Foot Core, desempeñan un papel esencial en la estabilidad, el soporte y el rendimiento del pie humano. El estudio de la anatomía de estos músculos y su relación con la función del pie nos brinda un enfoque más preciso para el diagnóstico, tratamiento y prevención de lesiones.

2.2 Musculatura intrínseca del pie

La musculatura intrínseca del pie está compuesta por un grupo de músculos localizados en el interior del pie que tienen una función importante en la estabilización y el control motor de la extremidad inferior durante la ejecución de los patrones motores en bipedestación (Sichting et al., 2020). La evolución de la estructura y función de la musculatura intrínseca del pie ha sido objeto de estudio en la literatura científica reciente, con el objetivo de comprender mejor su papel en la adaptación del pie humano a diferentes actividades físicas y condiciones ambientales (Holowka & Lieberman, 2018).

La musculatura intrínseca del pie desempeña un papel crucial en la estabilización y el control motor durante la actividad física (Cobb et al., 2014). El entrenamiento de la musculatura intrínseca del pie se ha propuesto como una estrategia para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones en deportes que involucran movimientos repetitivos y cambios de dirección (Almazán Polo et al., 2018).

En un reciente estudio experimental, (Holowka & Lieberman, 2018) se examinó la hipótesis evolutiva de que la estructura de la musculatura intrínseca del pie humano se ha adaptado para proporcionar estabilidad durante la carrera y otros tipos de actividades físicas, que implican cambios de dirección y terrenos irregulares. Los resultados de este estudio sugieren que la musculatura intrínseca del pie es capaz de generar fuerzas considerables para la estabilización del pie, lo que puede contribuir a reducir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y mejorar el rendimiento físico.

La aponeurosis plantar es una estructura anatómica que se encuentra en la planta del pie y se extiende desde el calcáneo hasta los dedos (Sichting et al., 2020). Esta tiene un papel importante en la estabilización y el control motor, y su evolución en primates, incluyendo a los humanos, ha sido estudiado en la literatura científica.

En un estudio reciente, (Sichting et al., 2020), examinaron la anatomía evolutiva de la aponeurosis plantar en primates, y encontraron que su estructura está altamente conservada, incluyendo a los humanos. Estos hallazgos sugieren que la aponeurosis plantar es una estructura crítica para la estabilización y el control motor del pie en los primates, y que su estructura y función están altamente adaptadas para las demandas específicas de las actividades físicas que realizan.

Además de la musculatura intrínseca y la aponeurosis plantar, otros aspectos anatómicos del pie también desempeñan un papel importante en la estabilización y el control motor. Por ejemplo, la forma y estructura del arco plantar se ha investigado ampliamente en relación con la función de la musculatura intrínseca del pie. Estudios han demostrado que un arco plantar adecuado contribuye a la distribución de las fuerzas de carga durante la marcha y proporciona una base estable para la propulsión (Buldt et al., 2018).

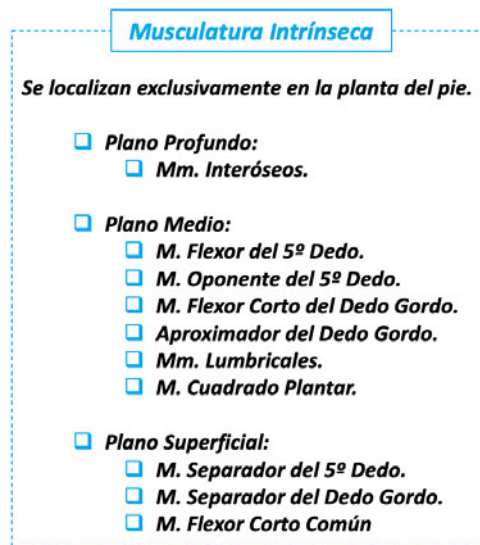
La influencia de la musculatura intrínseca del pie en la prevención de lesiones también ha sido objeto de investigación. Se ha encontrado que la debilidad o disfunción de estos músculos puede aumentar el riesgo de desarrollar condiciones como la fascitis plantar, el síndrome del túnel del tarso y las deformidades del pie, como los dedos en garra (Cheung et al., 2016).

Por lo tanto, comprender la función y la importancia de estos músculos en la estabilidad del pie puede ser clave para la prevención y el tratamiento de estas afecciones

Otro aspecto relevante es la influencia de la musculatura intrínseca del pie en la propiocepción y el equilibrio. Varios estudios han demostrado que estos músculos desempeñan un papel crucial en la detección y transmisión de información sensorial a través de los receptores ubicados en la planta del pie, lo que contribuye a la percepción del cuerpo en el espacio y al mantenimiento del equilibrio durante la marcha y actividades funcionales (Hertel et al., 2006). Esta capacidad propioceptiva de la musculatura intrínseca del pie puede ser especialmente relevante en deportes que requieren movimientos rápidos y cambios de dirección, como el fútbol o el baloncesto.

La musculatura intrínseca del pie y la aponeurosis plantar son estructuras anatómicas críticas para la estabilización y el control motor del pie durante la actividad física. La comprensión de la estructura y función de estas estructuras anatómicas puede tener implicaciones importantes para la prevención y tratamiento de lesiones musculoesqueléticas del pie y la mejora del rendimiento físico en diferentes tipos de deportes y actividades físicas.

Ilustración 1: Musculatura Intrínseca del Pie



2.3 Musculatura extrínseca del pie

Para realizar un repaso anatómico de la musculatura extrínseca del pie hemos utilizado de referencia el atlas (Netter H, 2007), así como el estudio realizado por (McKeon et al., 2015) que relaciona dicha musculatura con la musculatura intrínseca del pie y su relación con la estructura del arco plantar.

La musculatura extrínseca del pie comprende un grupo de músculos ubicados en la pierna que se extienden hacia el pie, desempeñando un papel crucial en la movilidad, estabilidad y función global del mismo. Estos músculos se dividen en compartimentos anterior, posterior y lateral de la pierna, cada uno con funciones específicas.

En el compartimento posterior de la pierna, encontramos los músculos gastrocnemios, sóleo y tibial posterior. El músculo gastrocnemio, que se origina en los cóndilos femorales y se une al tendón de Aquiles, es un músculo voluminoso y potente. Actúa principalmente en la flexión plantar del pie y desempeña un papel fundamental en la propulsión durante la marcha y la carrera. Además, el gastrocnemio contribuye a la estabilización del tobillo durante los movimientos de carga y descarga del peso corporal.

El sóleo, ubicado debajo del gastrocnemio, se extiende desde la parte posterior de la tibia y el peroné hasta el tendón de Aquiles. Trabaja en sinergia con el gastrocnemio para la flexión plantar del pie y la estabilización del tobillo. El sóleo también desempeña un papel importante en el control del movimiento durante la fase de apoyo de la marcha y en la absorción de impactos.

El músculo tibial posterior se origina en el cuerpo superior de la tibia y el peroné y se inserta en el escafoides, cuneiformes y los tres metatarsianos centrales. Se extiende desde la parte posterior de la tibia y el peroné hasta la región medial del pie, se encarga de los movimientos de inversión y flexión plantar del pie y su acción es esencial para mantener el arco longitudinal medial y proporcionar estabilidad al tobillo y al pie durante la marcha. El tibial posterior también desempeña un papel fundamental en el control del equilibrio y en la amortiguación de los impactos durante la actividad física.

En el compartimento anterior de la pierna, se encuentra el músculo tibial anterior, que se origina en la superficie anterior de la tibia y la membrana interósea y se inserta en la superficie inferomedial del cuneiforme y el primer metatarsiano. El tibial anterior es responsable de la flexión dorsal del pie, lo que significa que es crucial para levantar el pie y mantener el tobillo en posición neutra durante la marcha. Además, este músculo desempeña un papel importante en el control de la pronación del pie y en la estabilización del arco longitudinal medial.

En el compartimento lateral de la pierna, se encuentran los músculos peroneos: el peroneo largo y el peroneo corto. El peroneo largo se origina en la cabeza del peroné, compartiendo parte del origen en la tuberosidad externa de la tibia, y se extiende a lo largo de la parte posterior y lateral de la pierna, insertándose en el primer metatarsiano. Contribuye a la eversión del pie, es decir, a inclinar el borde lateral externo del pie hacia arriba. Además, el peroneo largo participa en la estabilización del tobillo durante los movimientos laterales y de rotación.

El peroneo corto, se origina en la zona externa del peroné y se inserta en la apófisis estiloides del quinto metatarsiano, también contribuye a la eversión del pie y a la estabilización del tobillo. Aunque es más pequeño que el peroneo largo, su acción es igualmente importante para el control del equilibrio y la estabilidad durante la marcha y las actividades deportivas.

La musculatura extrínseca del pie trabaja en conjunto para proporcionar movimiento, estabilidad y control durante actividades como caminar, correr, saltar y realizar movimientos específicos del pie. La función adecuada de estos músculos es esencial para mantener una marcha eficiente y un rendimiento óptimo en actividades deportivas.

Ilustración 2: Musculatura Extrínseca del pie.

Musculatura Extrínseca

Su tendón se localiza en la planta del pie, pero su vientre muscular está en la parte posterior de la pierna.

- M. Flexor Largo del Dedo Gordo.***
- M. Flexor Largo Común de los Dedos.***
- M. Tibial Posterior.***

2.4 Navicular Drop Test

El pie es una estructura compleja que juega un papel crucial en la estabilización del cuerpo y la transmisión de la fuerza al suelo durante la actividad física (Voegeli, 2003). La pronación excesiva del pie puede afectar negativamente la mecánica de la extremidad inferior y aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, como el síndrome de dolor patelofemoral y la fascitis plantar (Oliveira Silva, 2013). El Navicular Drop Test (NDT) es una herramienta de evaluación clínica utilizada para medir la pronación del pie (Zuil-Escobar et al., 2018).

El NDT se basa en la medición de la distancia vertical entre el borde inferior del hueso navicular y el suelo en posición de carga y descarga. La diferencia entre estas medidas se conoce como el navicular drop y se considera un indicador de la pronación del pie (Zuil-Escobar et al., 2018). Como muestra el estudio de (Mueller et al., 1993) se considerará que existe pronación excesiva del pie si la diferencia entre ambas mediciones es mayor de 10 milímetros. Se ha demostrado que el NDT tiene una buena fiabilidad y validez para evaluar la pronación del pie en diferentes poblaciones (Zuil-Escobar et al., 2018).

En un estudio reciente, (Pabón-Carrasco et al., 2020) se realizó ensayo clínico aleatorizado para evaluar el efecto del ejercicio de la musculatura intrínseca del pie en la pronación del pie por medio del NDT en una muestra de personas con pronación excesiva. Los resultados mostraron que el grupo que realizó el entrenamiento de la musculatura intrínseca del pie presentó una reducción significativa del navicular drop en comparación con el grupo control que realizó un programa de estiramientos. Estos hallazgos sugieren que el ejercicio específico de la musculatura intrínseca del pie puede ser una estrategia efectiva para reducir la pronación excesiva del pie y mejorar la mecánica de la extremidad inferior ante ciertas acciones deportivas.

El Navicular Drop Test parece ser una herramienta clínica útil para evaluar la pronación del pie y su relación con la pronación excesiva y las lesiones musculoesqueléticas. Estudios han demostrado su validez y fiabilidad en la evaluación de la pronación del pie, y su asociación con lesiones como el síndrome de dolor patelofemoral y las lesiones por estrés tibial medial.

Además, según la evidencia consultada, la implementación de programas de entrenamiento específico de la musculatura intrínseca del pie puede resultar en una reducción del navicular drop y mejorar la estabilización y el control motor de los miembros inferiores.

El navicular drop test no es sólo una herramienta útil para medir la caída del arco plantar y la pronación del pie. Como podemos ver en el estudio de (Álvarez Díez, 2019), también se utiliza para estudiar la prevalencia de tendinopatía aquilea relacionada con la práctica del baloncesto, así como se podría utilizar para conocer otras lesiones.

2.5 Potenciación Post Activación:

La potenciación post activación (PPA) es una estrategia de entrenamiento de fuerza que utiliza un ejercicio de alta intensidad antes de un movimiento explosivo similar, para aumentar la activación y la producción de fuerza (Picón-Martínez et al., 2019). La PPA involucra la activación de las fibras musculares tipo II a través de la realización de un ejercicio de alta intensidad que se ajusta a las necesidades individuales (Dobbs et al., 2018). Se cree que la PPA puede mejorar el rendimiento en ejercicios explosivos, como saltos y cambios de dirección, y ha sido utilizada en deportes como baloncesto, fútbol y tenis (Dobbs et al., 2018).

En un estudio reciente, (Maroto-Izquierdo, 2020) investigaron el efecto del entrenamiento de resistencia con volante de inercia (flywheel) en la potenciación post-activación (PPA) de la musculatura intrínseca del pie. En dicho estudio, se llevó a cabo un protocolo de entrenamiento de resistencia con volante de inercia a un grupo de sujetos, y se evaluó el efecto del entrenamiento en la PPA de la musculatura intrínseca del pie mediante un test de fuerza isométrica. Los resultados del estudio indican que el entrenamiento de resistencia con volante de inercia mejora significativamente la PPA de la musculatura intrínseca del pie. Además, se observó un aumento en la fuerza muscular máxima en el grupo de sujetos que recibieron el entrenamiento de resistencia con flywheel, lo que sugiere que este tipo de entrenamiento puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento físico en deportes que involucran movimientos repetitivos y cambios de dirección.

Estos hallazgos están respaldados por estudios previos que han investigado los efectos de diferentes modalidades de entrenamiento en la PPA. Por ejemplo, (Picón-Martínez et al., 2019) encontraron que un programa de entrenamiento pliométrico mejoró la PPA en jugadores de baloncesto, lo que resultó en un aumento en la altura de salto vertical. Además, (Dobbs et al., 2018) demostraron que la PPA mejoró después de un protocolo de entrenamiento de fuerza basado en ejercicios compuestos en jugadores de fútbol.

Resumiendo, la potenciación post activación (PPA) se presenta como una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento físico en deportes que involucran movimientos explosivos y cambios de dirección. Tanto el entrenamiento de resistencia con volante de inercia, como el entrenamiento pliométrico y el entrenamiento de fuerza basado en ejercicios compuestos, han demostrado beneficios significativos en la PPA y la mejora de la fuerza muscular. Estos hallazgos respaldan la importancia de implementar programas de entrenamiento específicos que incluyan la PPA como parte de la preparación física de los atletas.

2.6 Relación pie ↔ rendimiento

El pie humano es una estructura biomecánica compleja y fundamental para el rendimiento deportivo en diversas disciplinas. Su correcto funcionamiento y su capacidad para adaptarse a las demandas específicas del deporte son cruciales para optimizar el desempeño y prevenir lesiones.

La capacidad de generar fuerza y transmitirla eficientemente es esencial para el rendimiento atlético. El pie constituye el punto de contacto primario con la superficie de juego y es clave en la producción y transferencia de fuerzas durante la actividad deportiva. Estudios han demostrado que las características estructurales y funcionales del pie influyen en la capacidad de generación de fuerza muscular y en la estabilidad del individuo (Helliwell, 2007). Además, la correcta alineación del pie y la adecuada distribución de las cargas mecánicas son determinantes en la prevención de lesiones (Scott et al., 2007).

La capacidad de absorción de impacto del pie también juega un papel crucial en el rendimiento deportivo. Durante actividades de alto impacto, como el salto o el sprint, el pie actúa como un amortiguador natural, reduciendo el estrés y las fuerzas de impacto que se transmiten a las articulaciones superiores, como la rodilla y la cadera. Una investigación reciente ha destacado la relación entre la capacidad de absorción de impacto del pie y la prevención de lesiones en atletas (Hertel, 2014). Una inadecuada absorción de impacto puede aumentar el riesgo de lesiones, como fracturas por estrés o lesiones en los tejidos blandos.

Además, el control del movimiento del pie es esencial para el rendimiento deportivo óptimo. La estabilidad y el equilibrio son fundamentales en muchas disciplinas deportivas, y el pie desempeña un papel central en la generación de un apoyo estable. Estudios han revelado la importancia de la capacidad de controlar los movimientos del pie, tanto en la fase de apoyo estático como durante el movimiento dinámico, en el rendimiento atlético y la prevención de lesiones (Delahunt et al., 2010). El control adecuado del pie permite una mayor eficiencia en la producción de fuerza y un menor riesgo de desequilibrios musculares.

En resumen, el pie desempeña un papel crítico en el rendimiento deportivo. Su capacidad para generar fuerza, absorber impacto y controlar el movimiento son factores determinantes en el éxito atlético y la prevención de lesiones. La comprensión científica de la importancia del pie ha llevado al desarrollo de intervenciones específicas, como ejercicios de fortalecimiento y técnicas de rehabilitación, que buscan optimizar su funcionamiento en los atletas. Es fundamental que los profesionales de la salud y los entrenadores deportivos reconozcan y aborden adecuadamente la influencia del pie en el rendimiento deportivo para maximizar el potencial de los deportistas.

3. Justificación

En el presente estudio trataremos de abordar cómo la potenciación post activación (PPA) y el entrenamiento de la musculatura intrínseca del pie pueden afectar a la mejora del navicular drop y la caída del arco plantar, con la consecuente mejora del gesto técnico que estudiaremos, los cambios de dirección.

A lo largo de los años, numerosas evidencias han surgido acerca de la PPA, la cual según estudios como la revisión bibliográfica realizada por (Picón-Martínez et al., 2019), la realizada por (Robbins, 2007) o el estudio realizado por (Represas Lobeto, 2015), muestran evidencia de la efectividad de la misma. Sin embargo, en la mayoría concluyen que el principio de individualización y familiarización previa son factores a tener en cuenta para determinar la PPA óptima para cada deportista.

Por otra parte, la musculatura intrínseca del pie o “FootCore” ha sido analizada con el fin de dar evidencia científica de su relación a la estabilidad y equilibrio, así como el análisis del valgo de rodilla. Estudios como el de (Cobb et al., 2014) o (Zuil-Escobar et al., 2018) lo corroboran. En este último estudio se utiliza el navicular drop test, herramienta que utilizaremos también en nuestro estudio, y que también muestra evidencia científica, como ellos mismos muestran.

4. Objetivos e hipótesis

Determinar el efecto de potenciación post activación de la musculatura intrínseca y extrínseca del pie en el navicular drop.

4.1 Hipótesis

La potenciación post activación de la musculatura intrínseca y extrínseca del pie, disminuye el Navicular Drop.

5. Metodología

5.1 Diseño

- Realización del Navicular Drop Test a los sujetos antes de someterse al entrenamiento.
- Ejecución del ejercicio:

Salida abierta

Ilustración 3: Posición Inicial



Ilustración 4: Posición Final



- Realización del Navicular Drop Test a los sujetos después de someterse al entrenamiento.

5.2 Muestra y formación de grupos

La muestra estará formada por diferentes grupos. Aprovechando que la muestra serán jugadores y jugadoras de las diferentes selecciones autonómicas de baloncesto, realizaremos la división de los grupos en función de dichas categorías.

Las categorías para la formación de los grupos serán las siguientes:

- Infantil: 12-13 años.
- Precadete: 14-15 años.
- Cadete: 16-17 años.
- Junior: 18 años.

5.3 Variables y material de medida

5.3.1 Variable:

Como variables de este estudio hemos de considerar:

- Variable independiente: Realización o no de la salida lateral
- Variable dependiente: Navicular Drop Test

5.3.2 Material de medida:

- Galga dinamométrica para igualar la carga del elástico en todos los sujetos.
- Paquete estadístico para el análisis de datos.
- Material necesario para realizar el Navicular Drop Test:
 - Rotulador.
 - Cinta métrica.
 - Marcador (papel).

5.4 Procedimiento

Comenzamos el protocolo del estudio realizando la medición del Navicular Drop Test de manera previa a los ejercicios de Potenciación Post Activación. Para poder establecer una validez del test, utilizamos el estudio publicado por ((Martín Perea & Cuevas Gómez, 2014), siendo el protocolo el siguiente.

El paciente se colocará en posición de sedestación. Marcamos el tubérculo del navicular (Foto 1). Colocaremos en posición neutra el Subtalar palpando la cabeza del astrágalo tanto por la zona medial como lateral para llevarlo a dicha posición. Colocamos el marcador al lado del pie, con el paciente aún en sedestación y marcamos la altura del navicular (Foto 2). Le pedimos al paciente que se levante y deje el pie en carga total. Nuevamente colocaremos el marcador al lado del pie y volveremos a marcar la altura del navicular. Con ayuda de la cinta métrica medimos la diferencia entre ambas marcas.

Ilustración 5: Foto 1



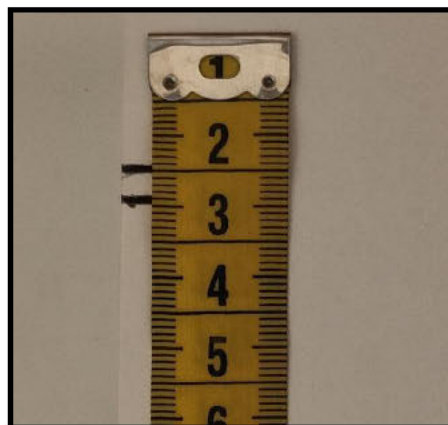
Ilustración 6: Foto 2



Ilustración 7: Foto 3



Ilustración 8: Foto 4



Una vez obtenido el valor inicial del ND, los sujetos del estudio realizarán los ejercicios de Potenciación Post Activación dirigidos a la musculatura intrínseca del pie. Tras el protocolo de entrenamiento, se repetirá el Navicular Drop Test a los sujetos con el fin de comparar los resultados.

El test se realizará dos veces en dos días separados de manera que podremos calcular si las medidas tomadas son fiables.

El protocolo de ejercicios a realizar por los sujetos será el siguiente:

5.4.1 Normalización de la carga:

Para normalizar la carga a cada participante, se usará la galga, situándola como “eslabón” entre el anclaje del suelo y el elástico. Colocaremos el elástico en la cadera del sujeto y le pediremos que se aleje hasta generar una tensión en el elástico equivalente a un 25% de su peso corporal.

5.4.2 Ejecución:

Una vez se ha normalizado la carga, el participante se colocará lateral al punto de anclaje, con el elástico fijado por encima de las crestas ilíacas y realizara el gesto de salida abierta, focalizando en hacer fuerza en el apoyo plantar con el primer y segundo metatarsiano y dedo gordo. La pierna alejada del punto de anclaje se abrirá mientras la cercana servirá de punto de apoyo para la triple extensión.

5.4.3 Materiales:

- Punto de anclaje a 10 cm del suelo.
- Galga dinamométrica.
- Banda elástica.
- Ordenador para monitorizar la carga de la galga.

5.4.4 N.º de Repeticiones:

El participante realizará 6 repeticiones seguidas.

5.4.5 Intensidad:

Una vez normalizada la resistencia la intensidad será la máxima velocidad voluntaria de ejecución.

5.5 Análisis de datos

Para el análisis de los datos se contará con el software estadístico SPSS y la hoja de cálculo Excel desarrollada por Hopkins.

Sobre las medidas iniciales del ND se aplicará una T para muestras relacionadas en el SPSS. Si el valor es mayor a 0,05 pasaremos al análisis mediante Excel del coeficiente de correlación intraclase (CCI) y coeficiente de variación (CV). Si el CCI es superior a 0,7 y el CV menor del 5%, consideraremos los valores de ND iniciales como fiables.

Una vez realizados estos cálculos analizaremos si hay cambios significativos en el ND producto de la PPA tras el ejercicio. Para ello a través de una prueba T para muestras relacionadas compararemos los datos pre y post. Si el resultado es menor a 0,05 podremos afirmar que ha habido cambios significativos en el ND debido al efecto de PPA.

Los resultados nos permitirán de manera adicional hacer comparaciones entre las edades de los participantes.

6. Equipo investigador

- Fernando Jesús Hernández-Abad de la Cruz. Doctorado en Ciencias de la Salud y Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
- Javier Benítez de Lugo Vera. Estudiante de cuarto curso del grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
- Luis Benítez de Lugo Vera. Estudiante de cuarto curso del grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

7. Viabilidad del estudio

La realización de este estudio no contempla grandes dificultades, puesto que ya poseemos una galga dinamométrica y los elásticos necesarios para el protocolo de entrenamiento. Además, los materiales para la realización del Navicular Drop Test son muy económicos y de fácil acceso. El único problema con el que podríamos enfrentarnos sería la fidelización de la muestra.

Consideramos que, para que los resultados obtenidos sean válidos, debemos afianzar una muestra lo suficientemente amplia y comprometida con el estudio.

Para solucionar esta dificultad, consideramos óptimo coordinar el estudio con la Federación Canaria de Baloncesto, de tal forma que a través de ellos obtengamos una muestra de similar tamaño en cada una de las categorías.

8. Referencias bibliográficas

- Almazán Polo, J., Barrio Calvo, J., Calvo Lobo, C., Romero Morales, C., Rodríguez Sanz, D., Vazquez Gonzalez, S., Pérez Chicharro, A., & Santa Cruz Ramos, E. (2018). Análisis de la activación isométrica del glúteo medio y la musculatura intrínseca de la planta del pie en la prevención de lesiones en jugadores de baloncesto de élite: Estudio Piloto. *European Journal of Podiatry / Revista Europea de Podología*, 4(2), 35-44.
- Álvarez Díez, Á. (2019). *PATOLOGÍA AQUÍLEA RELACIONADA CON LA PRÁCTICA DE BALONCESTO. PROPUESTA DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.*
- Buldt, A. K., Forghany, S., Landorf, K. B., Levinger, P., Murley, G. S., & Menz, H. B. (2018). Foot posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait & Posture*, 62, 235-240.
- Cheung, R. T. H., Sze, L. K. Y., Mok, N. W., & Ng, G. Y. F. (2016). Intrinsic foot muscle volume in experienced runners with and without chronic plantar fasciitis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(9), 713-715.
- Cobb, S. C., Bazett-Jones, D. M., Joshi, M. N., Earl-Boehm, J. E., & James, C. R. (2014). The relationship among foot posture, core and lower extremity muscle function, and postural stability. *Journal of Athletic Training*, 49(2), 173-180.

Represas Lobeto, G. D. (2015). *Adaptación aguda al principio de pre-activación de la potencia muscular (PPA) en deportistas mujeres integrantes del equipo nacional de fútbol de Argentina.*

Delahunt, E., Coughlan, G. F., Caulfield, B., Nightingale, E. J., Lin, C. W. C., & Hiller, C. E. (2010). Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(11), 2106-2121.

Dobbs, W. C., Toluoso, D. V, Fedewa, M. V, & Esco, M. R. (2018). *EFFECT OF POSTACTIVATION POTENTIATION ON EXPLOSIVE VERTICAL JUMP: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS.*

Helliwell, P. (2007). *The foot and ankle in rheumatoid arthritis a comprehensive guide* (1st ed.). Churchill Livingstone-Elsevier.

Hertel, J. (2014). *Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability Multisegmented Foot Function in Lateral Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability View project Gait Analysis Using Wearable Sensors View project.*

Hertel, J., Braham, R. A., Hale, S. A., & Olmsted-Kramer, L. C. (2006). *Simplifying the Star Excursion Balance Test: Analyses of Subjects With and Without Chronic Ankle Instability.*

- Holowka, N. B., & Lieberman, D. E. (2018). Rethinking the evolution of the human foot: Insights from experimental research. En *Journal of Experimental Biology* (Vol. 221, Número 17). Company of Biologists Ltd.
- Jaffri, A., Koldenhoven, R., Saliba, S., & Hertel, J. (2022). Evidence of Intrinsic Foot Muscle Training in Improving Foot Function: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Athletic Training*.
- Jastifer, J. R. (2023). Intrinsic muscles of the foot: Anatomy, function, rehabilitation. *Physical Therapy in Sport*, 61, 27-36.
- Maroto-Izquierdo, S. (2020). *Experimental Approach to the Problem*.
- Martín Perea, C., & Cuevas Gómez, R. (2014). *Estudio del descendimiento del navicular en la población atlética masculina con sobrecarga ponderal y bajo porcentaje de grasa corporal*.
- McKeon, P. O., Hertel, J., Bramble, D., & Davis, I. (2015). The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. En *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 49, Número 5, p. 290). BMJ Publishing Group.
- Miñano, J., Sánchez, J., Rodríguez Fernández, A., & Casamichana, D. (2016). POST-ACTIVACIÓN POTENCIACIÓN EN FÚTBOL: ¿ES POSIBLE? En *Revista de Preparación Física en el Fútbol*.

Mueller, M. J., Host, J. V., & Norton, B. J. (1993). Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 83(4), 198-202.

Netter H, F. (2007). *Atlas de Anatomía Humana* (J. K. Brueckner, S. W. Carmichael, T. R. Gest, N. A. Granger, J. T. Hansen, & A. H. Walji, Eds.; 4º, Vol. 1). Elsevier - Masson.

Oliveira Silva, D. et al. (2013). *Q angle and subtalar pronation are not good predictors for pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome.*

Pabón-Carrasco, M., Castro-Méndez, A., Vilar-Palomo, S., Jiménez-Cebrián, A. M., García-Paya, I., & Palomo-Toucedo, I. C. (2020). Randomized clinical trial: The effect of exercise of the intrinsic muscle on foot pronation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 1-11.

Picón-Martínez, M., Chulvi-Medrano, I., Manuel Cortell-Tormo, J., & Alberto Cardozo, L. (2019a). *La potenciación post-activación en el salto vertical: una revisión Post-activation potentiation in vertical jump: a review* (Vol. 36).

Picón-Martínez, M., Chulvi-Medrano, I., Manuel Cortell-Tormo, J., & Alberto Cardozo, L. (2019b). *La potenciación post-activación en el salto vertical: una revisión Post-activation potentiation in vertical jump: a review* (Vol. 36).

- Pohl, M. B., Hamill, J., & Davis, I. S. (2009). Biomechanical and Anatomic Factors Associated with a History of Plantar Fasciitis in Female Runners. En *Clin J Sport Med* (Vol. 19).
- Robbins, D. W. (2007). *Potenciación Post-Activación y su Aplicabilidad Práctica: Una Breve Revisión*.
- Scott, G., Menz, H. B., & Newcombe, L. (2007). Age-related differences in foot structure and function. *Gait & Posture*, 26(1), 68-75.
- Sichting, F., Holowka, N. B., Ebrecht, F., & Lieberman, D. E. (2020). Evolutionary anatomy of the plantar aponeurosis in primates, including humans. *Journal of Anatomy*, 237(1), 85-104.
- Voegeli, A. V. (2003). Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. En *Rev Esp Reumatol* (Vol. 30, Número 9).
- Zuil-Escobar, J. C., Martínez-Cepa, C. B., Martín-Urrialde, J. A., & Gómez-Conesa, A. (2018). Medial Longitudinal Arch: Accuracy, Reliability, and Correlation Between Navicular Drop Test and Footprint Parameters. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 41(8), 672-679.

9. Anexos

