


Universidad Abierta Interamericana.

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría.

# El sistema propioceptivo del pie en el entrenamiento sin calzado

Colautti, Facundo Gabriel

Tutor: Rubinich, Nicolás

Año: 2023

Rosario

Resumen

En el presente trabajo se aborda la temática de la salud del pie del deportista en relación al uso o no uso de calzado. En los últimos tiempos se han puesto de moda determinadas zapatillas con una ergonomía adaptada a cada deporte. La mayoría revisten de misticismo, antropología o ciencia en su fundamentación. Sin embargo, en estudios recientes se está hablando de un "retorno a la naturaleza" a través de ciertas prácticas sin uso de calzado. La pregunta de esta investigación es la siguiente: ¿el entrenamiento de fuerza sin calzado produce mejoras en la propiocepción del pie? El objetivo de este trabajo es describir la relación entre el entrenamiento de fuerza sin calzado y la propiocepción. Metodología: revisión bibliográfica. Resultados: las revisiones presentadas indican que aún el calzado minimalista, sigue siendo un sostén en el pie. Si se va a trabajar la propiocepción, los estudios analizados concluyen que el pie descalzo es más efectivo que el pie con zapatillas para incrementarla. Al estar los receptores situados en la piel, músculos y articulaciones, el uso del calzado puede reducir la capacidad sensitiva de dichos receptores. Por lo que, si se tiene presente la alta concentración de receptores en la superficie de la planta del pie, la adaptación inicial para el desarrollo del componente sensitivo, sería el realizar las actividades descalzo.

Palabras clave: pie descalzo, propiocepción, musculatura intrínseca, articulaciones.

Índice

Resumen……..…….2

Introducción……..……4

Antecedentes ……6

Problemática……..9

Objetivos ……..……11

Marco teórico……..……12

Marco Metodológico ……..……..26

Resultados……..28

Conclusiones ……..……..30

Bibliografía …….……31

## Introducción

El humano nace descalzo pero la modernidad y la vida en las ciudades ha llevado a calzarse cada vez más y de más jóvenes evitando que el pie se expande en su totalidad, manteniendo los dedos apretados y no permitiendo que la musculatura intrínseca del pie se desarrolle correctamente (Sánchez, 2017). La controversia se pone de manifiesto cuando se estudia a deportistas que desde niños han entrenado descalzos (como muchos africanos) o con un calzado muy básico (del tipo sandalia), o se consultan referencias históricas sobre la forma de entrenar de los deportistas de élite hasta que aparecieron ese tipo de zapatillas con gran amortiguación. El denominador común es que entrenaban habitualmente con un apoyo de toda la planta o del metatarso (Lieberman, 2011). Las zapatillas con gran amortiguación han modificado el punto de apoyo. Si uno entrena mucho tiempo así, entonces el pie va perdiendo su activación, dejando a esos elementos pasivos de la zapatilla la responsabilidad de algo que deberían hacerla musculatura de pie y gemelos. Se activa menos la musculatura tanto antes como durante el apoyo (Azevedo y cols, 2009) y los impactos tienen una cinética distinta (rápida y de dos picos), siendo de una fuerza de hasta 7 veces menor al entrenar de metatarso que entrando con el talón. El equivalente para el talón sería el de recibir un martillazo ahí, en cada apoyo, de una fuerza de entre 1,5 y 3 veces el peso corporal (Lieberman, 2011). Alguien que supiera entrenar de metatarso descalzo pasará fácilmente a entrenar con toda la planta si lleva zapatillas con amortiguación, y quien entrenase de planta pasará a apoyar el talón lo primero (Lieberman, 2011). Y se puede suponer que, si se lleva menos intensidad de golpes, o si se está más fuerte para tolerarlo, se lesionará menos o se aguantará más intensidad o número de apoyos.

Muchos entrenadores trabajaban ya la fuerza del pie, corriendo o haciendo ejercicios descalzos, desde décadas atrás. Si hasta los años ’70 no había amortiguación en las zapatillas, es obvio que además muchas marcas se consiguieron con zapatillas extremadamente sencillas. Y hubo entrenadores que, incluso existiendo las zapatillas con amortiguación, recelaban de las mismas. De hecho, es paradójico que en competición siempre se ha observado zapatillas con muy poca amortiguación (las zapatillas de clavos en atletismo en pista o las “voladoras” para pruebas cortas de ruta). El sistema de consumismo ha reaccionado a la amenaza del no uso de calzado al entrenar por lo que ha generado modelos de zapatilla mucho más sencillos (Lieberman, 2011). Una zapatilla así, parte de la premisa de no tener sistemas de amortiguación en el talón, o mínimo e igual

en talón y parte delantera), no tener una suela rígida (es decir que se pueda doblar hacia arriba tocando talón y punta), y no tener un arco marcado (que no tenga soporte). Por tanto, básicamente protegen al pie del contacto con el suelo, pero le permiten total libertad de actuación y quitan amortiguación. Lo curioso es que una zapatilla así no debería tener especial coste, y que muchas firmas y modelos sencillos pueden cumplir esos requisitos. Sin embargo, ahora las grandes marcas que han favorecido el desarrollo y popularidad de los sistemas de amortiguación y control de la pisada también se van sumando al carro. Como no hay nada que vender si se vende ir descalzo, se venden zapatillas que emulan al máximo ir descalzo, dejando cada vez más libertad al pie para trabajar y básicamente protegiéndole de cortes o rasguños. Pero el primer paso debe ser reforzar los pies, no sólo "hacer callo" sino todo el pie y gemelos en general. Caro, S. (2022) describe que estar descalzo genera un contacto con el suelo que ningún calzado puede imitar.

Antecedentes

No busques zapatillas: Harvard explica por qué es beneficioso entrenar descalzo (Caro, S., 2022). Según un estudio de Harvard Health, comenzar los estiramentos y realizar el ejercicio descalzo puede ayudar a fortalecer los músculos de los pies y los tobillos y mejorar su flexibilidad y su destreza, además de reducir el impacto de la pisada. Algunos deportes como el yoga o pilates se suelen realizar sin ningún tipo de calzado ya que, según los expertos, no solo beneficia al entrenamiento, sino también a la propia salud. Uno de los grandes beneficios de entrenar sin zapatos es que tanto los músculos del pie como los músculos del tobillo experimentarán un gran fortalecimiento. Hay que tener en cuenta que pisar descalzos nos permite ejercitar en mayro medida los músculos de los pies, por lo que nuestros pies estarán mucho más 'fuertes'. Eso sí, es importante calentar antes de empezar a realizar cualquier tipo de ejercicio físico ya que, de no haber calentado, se podría sufrir una lesión. Con el paso del tiempo, nuestros pies se amoldan a las zapatillas que estamos usando. En la mayoría de ocasiones, nos acostumbramos a plantar antes el talón que el tobillo, por lo que es posible que el pie esté expuesto a más lesiones. Al entrenar descalzos, tendremos un cambio en el punto de apoyo de la pisada (ya empezaremos a plantar antes la planta del pie que el tobillo), por lo que el número de lesiones se verá ampliamente reducido. Aunque entrenar descalzos no curará ningún tipo de patología relacionada con la columna vertebral, sí que es cierto que podrá ayudar a mejorar la alineación de la columna. El calzado reduce la percepción del pie al pisar, por lo que se pierde información sensorial muy útil. Al entrenar descalzos, la información es mucho más precisa, por lo que nos ayudará a enderezar la columna. Esto ocurre porque existe una mayor estimulación de los músculos de la planta del pie y se obtiene una mejor posición al notar todos los estímulos nerviososo. Entrenar sin zapatos también mejora las articulaciones y los ligamentos, aumenta la fuerza e incluso ayuda a perder peso, por lo que, siempre que puedas, quítate los zapatos y entrena descalzo, tal y como recomienda la Universidad de Harvard.

Levantar pesas descalzo: beneficios y riesgos de la nueva tendencia de entrenamiento (Fairbank, R., 2022). El objetivo de este trabajo es presentar los beneficios y contraindicaciones de entrenar sin calzado y con calzado ergonómicamente adaptado al deporte. El entrenamiento de hacer pesas con los pies descalzos puede fomentar el aumento de la fuerza, el equilibrio y la estabilidad del pie, pero no hay pruebas claras de que pueda mejorar drásticamente el rendimiento ni ayuda a levantar más carga. En un

estudio publicado en la revista Sports, Valenzuela y algunos colegas suyos analizaron el rendimiento en el levantamiento de peso muerto entre deportistas descalzos y otros que llevaban calzado. No encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre ambos grupos, aunque el levantamiento de peso muerto con calzado requería un poco más de trabajo. "Cuando tenés puesto cualquier tipo de calzado, estás unos dos centímetros más alta que si estuvieras descalza", observa Anna Swisher (2022) entrenadora de USA Weightlifting: "Tenés que mover la barra dos centímetros más". Esos centímetros extra pueden no suponer una gran diferencia en un solo levantamiento, pero a lo largo de un ciclo de entrenamiento pueden acumularse.

Levantar un porcentaje del peso corporal no implica un esfuerzo excesivo para el pie, pero cuando se levanta una cantidad significativamente superior al peso, el calzado adecuado pasa a ser esencial, ya que esto supone una carga para el pie mayor de la que es capaz de soportar, explica Splichal, E. (2018) podóloga y autora del libro Barefoot Strong: Unlock the Secrets to Movement Longevity (Pies fuertes: liberá los secretos de la longevidad de movimientos). Como señala Splichal, muchas personas que levantan pesas hacen el calentamiento y los levantamientos más ligeros descalzos, y luego, cuando apuntan más alto, se ponen las zapatillas de levantamiento de pesas. En su mayoría, las zapatillas para halterofilia tienen suelas duras, densas y no comprimibles. "Es más fácil de equilibrar y es mucho más estable", comenta Mark Rippetoe, entrenador de halterofilia y autor del libro Starting Strength: Basic Barbell Training (Fuerza inicial: entrenamiento básico de pesas). El calzado para levantamiento también cuenta con talones con cuñas que inclinan el pie hacia adelante y, según la experiencia de Anna Swisher, la estabilidad que proporcionan puede ayudar a mantener la forma adecuada, especialmente crítica durante las sentadillas con peso. "Contar con esa elevación extra en el talón facilita mantener el torso más erguido, lo que ayuda a mantener el centro de gravedad de la barra más alineado con tu centro de gravedad", indica Swisher. Esto reduce la cantidad de presión ejercida sobre la parte baja de la espalda, lo que puede ayudar a prevenir lesiones.

Ciertos calzados no son apropiados para el levantamiento de pesas. Rippetoe, M. (2018) ve a menudo a personas que levantan pesas con zapatillas de correr en lugar de específicas para levantar peso. "Hacer sentadillas con zapatillas de running es como hacerlas sobre un colchón", dice. "Cada repetición es diferente." Esto dificulta mantener una buena posición, lo cual también puede conducir a una lesión. Recomiendan levantar peso usando zapatillas de correr.

Aunque el levantamiento de pesas sin calzado puede aportar beneficios, todos los expertos consultados, incluida Claire Haeuptle, advirtieron que hay una serie de riesgos, entre ellos la posibilidad de lesiones, si no se lo realiza correctamente. Uno de los principales problemas del levantamiento de pesas descalzos es que "algunas personas no tienen la estabilidad necesaria en el tobillo para hacerlo bien", señala Valenzuela. Si una persona con tobillos débiles empieza a levantar pesas descalza, puede hacer que los tobillos se bamboleen. Este bamboleo puede hacer que los arcos de los pies se hundan hacia adentro, lo que gradualmente lleva a que las rodillas y las caderas se hundan también hacia adentro. "Ese movimiento de balanceo hacia adentro no suele ser bueno para las articulaciones ni para los tejidos que las integran", advierte Valenzuela. Con el tiempo, esto puede conducir a lesiones de tobillo, rodilla o cadera. "Lo que ocurre en el tobillo afecta a lo que ocurre en la rodilla, que a su vez afecta a la cadera", explica.

El levantamiento de pesas sin calzarse conlleva también algunas advertencias adicionales. La primera es que andar descalzo en un gimnasio puede propagar enfermedades infecciosas, como el pie de atleta o las verrugas. "El pie de atleta, una vez que entra en un vestuario o en un ámbito de entrenamiento, puede proliferar desenfrenadamente", apunta Moseley, B. (2021). Si te inquieta, podés usar calzado para entrenamiento “tipo descalzo”. El otro riesgo son las lesiones en los pies. Aunque el calzado no sirve de mucho si se deja caer una pesa de 20 kilos, puede proporcionarte cierta protección contra una pesa más liviana o un golpe en un dedo del pie.

Levantar demasiado peso demasiado pronto puede provocar lesiones por sobrecarga, como fracturas por estrés o dolor de talón. Pero empezar con un peso reducido y un número limitado de repeticiones con los pies descalzos "aplicará gradualmente la tensión a estos tejidos", puntualiza el doctor Moseley, lo que permite que los tejidos de los pies se adapten. Si una persona empieza a sufrir dolor de pies, o su postura se resiente, es señal de que está levantando demasiado peso, demasiado rápido, y debe parar. Claire Haeuptle empezó gradualmente y tardó un año en pasar de unas pocas repeticiones descalza durante un entrenamiento a hacer la mayoría de sus levantamientos sin calzado. Levantar pesas descalza "me permite sentir mejor el suelo", afirma. Este trabajo concluye que levantar peso descalzo con un correcto entrenamiento, respetando la gradualidad de la incorporación del peso y cuidando la higiene del pie posterior al ejercicio, es beneficioso para el fortalecimiento de la musculatura del pie.

Por qué entrenar descalzo mejorará tus resultados en el gimnasio (Abbate, E., 2019). Entrenar descalzo está de moda en ciertos sectores de la población que va al gimnasio, y no precisamente por ser tan perezosos como para no ponerse un par de zapatillas primero. “Piensa en las zapatillas como unas enormes almohadillas protectoras alrededor de los pies”, dice Lacee Lazoff (2021) especialista en kettlebell y entrenadora en Performix, al intentar explicar el método. “Eliminan la sensibilidad y pueden enmascarar los numerosos receptores de nuestros pies que envían señales a los músculos que se mueven por la cadena cinética de nuestros cuerpos”. Lazoff dice que quitar esas almohadillas y permitir que nuestros pies entren en contacto directo con el suelo hace que sea más fácil que los músculos trabajen. Esto significa que se puede disfrutar de cada tic, hormigueo y “uf, cómo cuesta esto” con cada movimiento con el peso. Pero antes de que te quites las zapatillas, es importante comprobar si esta práctica es adecuada para ti y cómo implementarla sin hacerte daño ni a ti ni a otros.

Principalmente existen tres razones por las que la gente va descalza por los gimnasios, según Cameron Yuen, DPT de Bespoke Treatments en Nueva York. Y son: e l aumento de la propriocepción, es decir, sentirse a uno mismo mientras se mueve; aumento de la capacidad de producir fuerza y aumento de la contratación de los músculos. “La propriocepción es importante para cualidades como el equilibrio y la agilidad” dice Yuen. “Los pies están llenos de terminaciones nerviosas y, cuando están en contacto directo con el suelo, el cerebro recibe más información y, además, en menos tiempo”. Asumiendo que entrenes en un gimnasio con suelo duro, deshacerte del calzado ayudará a que hagas más fuerza en el suelo con los levantamientos. (Lo que se traduce en mejores resultados). Cuando entrenas con unos zapatos acolchados, estás prácticamente intentando levantar peso sobre una superficie inestable. Que es recomendable cuando quieres entrenar el equilibrio usando una pelota BOSU, por ejemplo. Pero no lo es tanto cuando quieres conseguir un nuevo máximo en los datos. “Si lo que se busca es levantar más peso, se necesita una base sólida e ir descalzo puede ayudar”, dice Yuen. De repente, le empezamos a encontrar el sentido a todos los tíos que llevaban Chuck Taylors por la zona de las sentadillas. Por último, andar descalzo puede mantener las piernas y la postura en general en forma gracias a fortalecer los músculos de la parte inferior de la pierna. “Empieza por abajo para terminar moviéndote mejor en general”, dice Lazoff. “Estos músculos pequeños no se suelen entrenar, pero son muy importantes para prevenir esguinces de tobillo y desarrollar una buena sujeción del arco”. Este estudio concluye en

relación a si es seguro y beneficioso andar descalzo durante el entrenamiento: sí, siempre y cuando seas lo suficientemente coordinado como para no tirarte una mancuerna en el pie descalzo (lo que se podría decir que es bastante dañino también con unas deportivas desgastadas). Correr descalzo ya lleva de moda unos cuantos años, y lo pueden corroborar los compradores de los zapatos con aspecto de Vibram Spiderman. Si tomamos como referencia un estudio de la Universidad Central de Florida, esta no fue capaz de encontrar evidencias significativas por la que correr descalzo o con calzado minimalista fuera tan peligroso como para advertir a la gente curiosa para que ni siquiera lo intentase. Sin embargo: "Podría ser un reto al principio se han tenido lesiones previas en los dedos de los pies o tobillos", dice Yuen. Si llegas a probar esto por desventuras en el baloncesto, lo mejor será empezar con unas zapatillas de bajo apoyo y suela, como las Reebok Nano, Nike Metcon, Under Armour TriBase Reign o Altra HIIT XT, para conseguir esa sensación de estar cerca del suelo. "Cuanta menos suela, mejor" dice Yuen. Lazoff lanza otra advertencia: se debe empezar despacio y suave, como en cualquier otro entrenamiento nuevo. Antes de levantar tu peso habitual, asegúrate de que tu cuerpo controla los nuevos patrones de movimiento. Aumenta el peso lentamente con el tiempo según te vayas sintiendo cómodo con tener los pies descalzos. Si entrenas descalzo bien, vas a estar muy muy dolorido al día siguiente, pero estamos seguros de que los resultados te alentarán.

En una revisión que analizó las modificaciones agudas que se producen luego de correr largas distancias, que midieron el área de sección transversal. (Sánchez-Ramírez, 2019) (CSA) de músculos intrínsecos del pie antes y después de un entrenamiento a pie descalzo. Los primeros autores encuentran que el músculo abductor del dedo pequeño y el flexor corto de los dedos aumentan su volumen luego de 12 semanas de adaptación al barefoot.  En el grupo que entrenó con calzado minimalista, al igual que el segundo estudio que reporta que en sujetos que entrenaron 10 semanas con calzado minimalista, un aumento del músculo abductor del Hallux en un 10,6 %. Este crecimiento muscular podría relacionarse con un aumento relativo de la superficie de apoyo plantar, principalmente en la zona del mediopié, lugar donde se halla el vientre de los músculos mencionados. Asimismo, encontraron que el área del mediopié aumentaba entre un 3,5 % y 9,1 % luego de una sesión de carrera de 2500 m y de 30 min respectivamente. En esta misma línea, estudiaron a sujetos divididos según patrón de apoyo plantar, quienes corrieron a 3,0 m·s-1 en condiciones de calzado y descalzo, encontrando que los sujetos

que habitualmente se mueven descalzos tienen menor área de superficie de apoyo en la zona medial del mediopié lo cual indica una de tipología cava, resultado que coincide con los cambios descritos en la distribución de tipología de pie, en donde los sujetos que corrieron descalzos tuvieron tendencia a modificar su arco plantar hacia un tipo cavo, en entrenamientos de 20 min trote durante 8 semanas. También estudiaron a dos poblaciones de sujetos que normalmente corren a pie descalzo (indios) con otro grupo de corredores calzados (chinos), obteniendo como resultado que las mujeres del primer grupo tienen pies más largos y antepiés más anchos, lo cual podría ser una adaptación natural. Reportan resultados similares, en donde sujetos que caminan descalzos también muestran pies más anchos que quienes utilizan calzado, pero poseen pies relativamente más cortos. En tiempo de adaptación a la locomoción descalza es el factor que hace la diferencia, ya que las adaptaciones morfológicas en personas que nunca han usado calzado son distintas a las que sufren quienes siempre han usado calzado y que en una edad adulta pasan a prescindir de esta prenda. De todas maneras, los cambios registrados en esta investigación deben ser tomados sólo a modo de referencia ya que la variación encontrada se traduce en una media de 1,1 mm de diferencia, valor que se encuentra dentro del error estándar de la media. De esta investigación de tipo experimental, fue posible concluir que la condición descalza durante la práctica de carrera produce efectos, principalmente luego de un período de adaptación de 8 semanas, tendientes a producir modificaciones morfológicas específicas en el pie, consistentes en un aumento armónico en la superficie de apoyo plantar con tendencia a una disminución relativa del área del mediopié, lo cual se tradujo en una disminución de sujetos con MLFA de tipología plana.

## Problemática

Algunos deportistas afirman que entrenar sin calzado es beneficioso en relación al fortalecimiento de los músculos más pequeños que no se utilizan tanto cuando se lleva

calzado, como el abductor hallux, que abarca el arco del pie y controla el dedo gordo, o el tibial posterior, que sostiene el arco. Cuando se está sin zapatos, estos músculos empiezan a trabajar más, lo que a la larga proporciona un pie más fuerte y adaptable (Moseley, B., 2020). Pasar más tiempo sin calzado también puede aumentar la capacidad de sentir dónde están los pies en el espacio, al igual que cómo se mueven. Esta mayor conciencia del cuerpo, conocida como propiocepción, puede contribuir a aumentar el equilibrio ya que mejora la retroalimentación entre el cerebro y los nervios de los tobillos y los pies. Las investigaciones centradas en el entrenamiento de pesas con los pies descalzos son limitadas, pero es posible que la propiocepción ayude a mantener la estabilidad mientras se entrena.

Es por lo antes expuesto que la pregunta de esta investigación es la siguiente: ¿el entrenamiento de fuerza sin calzado produce mejoras en la propiocepción del pie?

## Justificación

En el siglo XX se experimentan nuevos materiales para la construcción del calzado como la goma de la suela. Las primeras zapatillas de goma fueron lanzadas a la venta en 1971. Aquí comienzan las primeras variantes en la marcha del ser humano ya que comienza a tomar contacto con el suelo con el talón y deja de hacerlo con el antepié.

El calzado se utilizó con fines de protección y de seguridad; actualmente el calzado es parte de la indumentaria. Se clasifican en: zapatos, zapatillas, sandalias, botas o deportivas. Se seleccionan de acuerdo a la función que se desee, hay zapatos de baile, deportivos, etc.

Su función consiste en proporcionar un apoyo a nuestro organismo, pero también los utilizamos para movernos y detenernos, para realizar acciones rítmicas, de propulsión y absorción de choques y para mantener el equilibrio. Son, por tanto, un segmento del cuerpo muy especializado que hay que cuidar. Y un calzado adecuado no es lo que suele haber en el mercado cuando prima la venta indiscriminada al ritmo del marketing de formas y colores de diferentes tipos de calzado pero que ninguno considera realmente las características intrínsecas del pie. El calzado no solo evita que tengamos información de temperatura y relieve, también nos priva de sentir a través de la propiocepción el balance de nuestro cuerpo o variaciones de presión.

Objetivos

Objetivo general

- Describir la relación entre el entrenamiento de fuerza sin calzado y la propiocepción.

Objetivos específicos

- Describir el proceso fisiológico de incremento de la musculatura.
- Describir el cambio en el arco del pie y el tibial posterior.
- Describir la reacción de los circuitos propioceptivos vestibulares supramedulares.
- Describir la relación entre la propiocepción y la retroalimentación entre el cerebro y los nervios de los tobillos y los pies.

Marco Teórico

Sistema propioceptivo

El sistema propioceptivo se encarga de enviar información al cerebro de la posición y el movimiento de las partes del cuerpo entre sí y en relación a su base de soporte, es decir de acuerdo a lo posición de los pies con respecto a una zona de apoyo. La propiocepción actúa como un mecanismo de defensa ante movimientos exagerados que implican una respuesta específica del cuerpo (Lieberman, 2011). Trabajar de forma activa este aspecto permitirá realizar unas zancadas más eficientes y minimizar el riesgo de padecer lesiones, tanto al caminar como al realizar actividades deportivas. Un alto porcentaje de pacientes que acuden a estudio baropodométrico de evaluación del pie presentan alteraciones en la estabilidad del tobillo, principalmente por la alteración del sistema propioceptivo de la base de sustentación que está determinado por la posición de los pies. La sensibilidad de la propiocepción es sumamente importante en la vida de un ser humano, debido a que esta información es muy precisa sobre los movimientos rápidos y contribuye a mantener el tono muscular, por lo tanto, desencadena la mayor parte de los reflejos que proporcionan el equilibrio.

Durante el estudio baropodométrico en la fase de la evaluación dinámica se puede reconocer a los pacientes que sufren de problemas con el sistema propioceptivo, ya que durante el apoyo inicial el tobillo tiende a presentar un juego (Lieberman, 2011). Esto se debe a que la sensibilidad propioceptiva se encarga de la coordinación del movimiento y durante el contacto inicial del pie la respuesta para frenar el impulso de la pierna al ser lanzada al frente para avanzar debe ser inmediato y estable, si no es adecuada la respuesta el tobillo puede desencadenar un esguince. Una vez que se detecta un fallo en el sistema propioceptivo es importante la recuperación una vez se ha sufrido un problema físico.

Beneficios de ejercitar la propiocepción

Permite trabajar la fuerza, equilibrio, coordinación, flexibilidad, el tiempo de reacción ante situaciones determinadas, el control postural y la estabilidad. Fortalecer las articulaciones, y no solo de la zona a trabajar (en caso del pie) sino también articulaciones continuas como la rodilla y la cadera, además de grupos musculares. Además de prevenir lesiones “evita recaídas y ayuda en el proceso de rehabilitación de las mismas; por ejemplo: En lesiones como meniscos cruzados, esguinces o fracturas cercanas a las articulaciones. La propiocepción mal atendida y mal entrenada puede ser nefasta para los engranajes articulares, y por ende para los objetivos de recuperación de una persona y con mayor impacto en los deportistas. La propiocepción mantiene al tanto de la posición y de los cambios que en circunstancias externas pueden provocar en diferentes escenarios

(Lieberman, 2011). Por la vía sensorial del cuerpo se envía información al sistema nervioso central (cerebro) y por vía eferente también conocida como vía motora llega información del sistema nervioso central a los músculos.

¿Cómo hacer un entrenamiento propioceptivo?

Es obligatorio recalcar que no se puede igualar el volumen de trabajo entre personas en periodos de rehabilitación y personas sanas en periodos de prevención. Sin entrenar a profundidad hay que valorar el tiempo que transcurre desde la recepción sensorial, hasta la respuesta motora, cuanto de efectivo/eficaz es el tiempo que tenemos que soportar en esa situación, si es poco no habrá adaptación, pero si es mucho o demasiado habrá riesgos de contracciones (Sánchez, C., 2017) (activación simultánea de músculos agonistas y antagonistas para estabilizar una articulación) que nos provoquen a larga o corta de una lesión por estrés articular y muscular. Este proceso debe ser guiado por un especialista en fisioterapia, orientando el tratamiento siempre a las necesidades y actividades de cada paciente, el reconocimiento de las alteraciones en la propiocepción son parteaguas para la detección de lesiones músculo esqueléticas principalmente de las articulaciones de las extremidades.

Mejorar la propiocepción y la musculatura del pie por medio de ejercicios (Sánchez, C., 2017):

Sentado/a estirar una pierna, colocar una banda de resistencia en la zona anterior del pie, con ambas manos tomar cada extremo de la banda y ejercer tensión. El ejercicio consiste en mover la punta del pie al frente, mantener la tensión por 2 segundos e ir regresando lentamente. Repetir esta secuencia 10 ocasiones más.

En la misma posición que el ejercicio pasado, pero en esta ocasión la liga debe ser sostenida por un familiar, llevando la banda hacia el lado contrario del paciente; este debe mover el pie con dirección al cuerpo, mantener la tensión por 2 segundos e ir regresando lentamente. Repetir esta secuencia 10 ocasiones más.

Caminar descalzo durante 10 minutos por diferentes terrenos, como pasto o arena, ayudará a que el sistema propioceptivo del pie se active.

Mecanismos anátomo - fisiológicos

La propiocepción depende de estímulos sensoriales provenientes de los sistemas visual, auditivo y vestibular, de los receptores cutáneos, articulares y musculares, que son

responsables de traducir eventos mecánicos ocurridos en los tejidos en señales neurológicas (Saavedra, 2003). La propiocepción ha sido caracterizada como una variación especializada del tacto, la cual incluye la habilidad para detectar tanto la posición como el movimiento articular. La propiocepción ocurre por una compleja integración de impulsos somatosensoriales (conscientes e inconscientes) los cuales se transmiten por medio de mecanorreceptores, permitiendo el control neuromuscular de parte del atleta (Childs, 2003; Buz, 2004). La estabilidad dinámica articular resulta de un preciso control neuromotor de los músculos esqueléticos que atraviesan las articulaciones. La activación muscular puede ser iniciada concientemente (orden voluntaria directa) o inconscientemente y automáticamente (como parte de un programa motor o en respuesta a un estímulo sensorial). El término control neuromuscular se refiere específicamente a la activación inconsciente de los limitantes dinámicos que rodean una articulación (Lephart, 2003; Buz, 2004). Existen básicamente tres clases de mecanorreceptores periféricos, los cuales incluyen receptores musculares, articulares y cutáneos, responden a deformación mecánica producida en los tejidos y es enviada al sistema nervioso central, modulando constantemente el sistema neuromuscular. Las vías aferentes hacen sinapsis en el asta dorsal de la medula espinal y de allí pasan directamente o por medio de las interneuronas a las neuronas alfa y gamma, las cuales controlan la información proveniente de la periferia. La información aferente, también es procesada y modulada en otros centros de control en el sistema nervioso central como son el cerebelo y la corteza. Trabajando en forma completamente subconsciente, el cerebelo tiene un rol esencial en la planificación y modificación de las actividades motoras. El cerebelo es dividido en tres áreas funcionales, la primera es el Vestíbulo – cerebellum responsable de controlar los músculos axiales primarios que tienen que ver con el equilibrio postural; mientras que la segunda división, el cerebro – cerebellum, esta principalmente involucrada en la planificación e iniciación de movimientos que requieren precisión, rapidez y destreza. La tercera división, el espino – cerebellum, recibe información aferente somatosensorial, visual y vestibular, sirve para ajustar movimientos a través de conexiones con el bulbo reaquídeo y la corteza motora. Adicionalmente, esta división regula el tono muscular por medio de motoneuronas gamma. A partir de lo anterior, los tres tipos de mecanorreceptores tienen un rol interactivo en el mantenimiento de la estabilidad articular (Childs, 2003; Buz, 2004).

Cuatro tipos de mecanorreceptores han sido descritos en la literatura (Hewett, 2005).

Tipo 1: Ruffini, que tienen un bajo umbral mecánico de activación y una lenta adaptación a la deformación. Esto hace que solo estén calificados para detectar posición estática articular, presión intraarticular, limite articular, amplitud y velocidad de movimiento. Estudios histológicos han demostrado que se encuentran localizados en la bursa subacromial, ligamentos glenohumerales, cápsula del hombro, ligamentos cruzados y colaterales de la rodilla, ligamentos meniscofemorales, meniscos, ligamentos talofibular anterior y posterior, ligamentos calcáneo fibular y deltoides.

Tipo 2: Corpúsculos de Pacini, tienen bajo umbral de excitación y se adaptan rápidamente. Son responsables de detectar señales de aceleración y desaceleración de la articulación. Están ubicados en los ligamentos glenohumerales del hombro, cápsula articular, todos los ligamentos estabilizadores de la rodilla, meniscos y todos los ligamentos del tobillo.

Tipo 3: Son similares al órgano tendinoso del Golgi que se encuentra en la unión miotendinosa. Tienen un alto umbral para la excitación y no son adaptables. Responden sobre los extremos de movimiento y pueden ser responsables en la mediación de arcos reflejos de protección. Además, detectan la dirección de movimiento y la posición articular. Están presentes en los ligamentos glenohumerales del hombro, ligamentos cruzados y colaterales de la rodilla y todas las estructuras ligamentosas del tobillo.

Tipo 4: Son terminaciones nerviosas libres que detectan estímulos de dolor.

Los receptores musculares consisten de husos y órgano tendinoso de Golgi. El huso muscular ayuda a controlar de forma precisa la actividad muscular. La longitud y velocidad de movimiento muscular son detectadas por fibras primarias y secundarias que están íntimamente conectadas con las fibras musculares intrafusales especializadas. Las fibras primarias tipo 1, detectan el grado y frecuencia del estiramiento en el músculo, mientras que las fibras aferentes tipo 2, detectan primariamente el grado de estiramiento. Esta información es trasmitida al sistema nervioso central, donde es procesada, integrada y modulada en la medula espinal, cerebelo, corteza cerebral y otros centros de control (Hewett, 2005). Una vez la información es procesada, la respuesta regulatoria apropiada es transmitida de regreso al músculo por medio de vías eferentes (motoneuronas alfa y gamma), que estimulan las fibras musculares tanto intrafusales (alfa) como extrafusales (gamma), ayudando a mantener así el control preciso del movimiento. El reflejo de estiramiento muscular sobre la rodilla, es una representación clásica de que este

mecanismo ocurre a nivel medular espinal. El órgano tendinoso de Golgi, localizado en el colágeno de la unión miotendinosa y posiblemente en los elementos contráctiles del músculo, responde a incrementos y disminuciones en la tensión muscular, principalmente durante la contracción muscular. La activación de ellos, produce relajación de los músculos agonistas estirados y contracción de los antagonistas. Algunos investigadores han hipotetizado que el sistema husos musculares puede ser el componente más significativo del sistema. Aunque el mecanismo de retroalimentación ha sido considerado tradicionalmente el mecanismo primario de control neuromuscular, el mecanismo de anticipación o anterogrado (feedforward) que planifica programas de movimiento y activa la musculatura en base a las experiencias vividas anteriormente, también juega un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad articular. Este mecanismo está caracterizado por el uso de información propioceptiva en preparación para cargas anticipadas o actividades que pueden ser realizadas. Este mecanismo sugiere, que un constructo interno para la estabilidad articular es desarrollado y sufre continuas actualizaciones sobre la base de experiencias previas bajo condiciones conocidas. Esta información preparatoria es acoplada con impulsos propioceptivos de tiempo real, para generar comandos motores preprogramados que permitan lograr los resultados deseados (Childs, 2003; Buz, 2004).

Los mecanorreceptores cutáneos que rodean la articulación proveen exclusivamente información de eventos externos (exteroceptores) que afectan el sistema articular. Los receptores cutáneos en la superficie plantar se cree juegan un importante papel en el control postural por señalización de la distribución del peso y localización del centro de masa (Buz, 2004). Existen cuatro mecanorreceptores presentes en la piel: discos de Merkel, corpúsculos de Meissner, corpúsculos de Rufini y Pacini.

Vías propioceptivas

Tanto la sensibilidad exteroceptiva como propioceptiva caminan entremezcladas por los nervios periféricos hasta que penetran en la médula y tronco cerebral donde cada tipo de sensibilidad viaja en un fascículo propio (Ruíz, 2001).

Vías de la sensibilidad propioceptiva

Los cuerpos celulares de la primera neurona de esta vía se localizan en los ganglios espinales cuya prolongación central penetra por las raíces posteriores en la médula, asciende por los cordones medulares posteriores hasta los núcleos grácilis y cuneatus del

tronco cerebral (bulbo) donde se encuentra localizada la segunda neurona. Las segundas neuronas tienen dos destinos (Garrido, 2003):

- Una parte cruzan el rafe medio, formando el lemnisco medio, que asciende por el tronco cerebral hasta alcanzar el núcleo posterolateral y ventral del tálamo. Desde el tálamo la tercera neurona establece conexiones con la corteza parietal.
- Otra porción va al cerebelo: fascículos espinocerebelosos. Estos facículos no proporcionan información consciente, al no llegar a niveles corticales. Contribuyen a regular el tono muscular y permiten que el cerebelo ejerza su función de control de la postura y locomoción.

Vías de la sensibilidad exteroceptiva

Penetra en la médula igualmente por las raíces posteriores y cruzando la comisura medular anterior ascienden por el cuadrante antero lateral como tracto espinotalámico, a través del tronco cerebral al tálamo.

Vías cerebelosas

El cerebelo mantiene conexiones tanto aferentes como eferentes con todos los elementos del sistema del equilibrio.

Aferencias cerebelosas: Reciben información de la tríada de orientación témporo-espacial. Así la información propioceptiva se la suministran los fascículos espinocerebelosos de las vías de la sensibilidad propioceptiva. Son el haz espino-cerebeloso directo que alcanza el cerebelo por el pedúnculo cerebeloso inferior y el haz cruzado que lo alcanza por el superior. Ambos haces toman contacto primero con la corteza paleocerebelosa y luego con los núcleos emboliforme y globoso del cerebelo.

Eferencias cerebelosas: Núcleos oculomotores: no están bien definidas cuales son las vías aferentes y eferente que interconectan el cerebelo y el Sistema Oculo Motor, pero es evidente que éste ejerce un control sobre los movimientos oculares. Núcleo rojo, a través de él conecta con la vía extrapiramidal teniendo así acceso al control de las neuronas motoras de la sustancia gris medular. Núcleos talámicos y subtalámicos a través de los cuales conecta con la corteza cerebral. Sustancia reticular: conectando a través de sus proyecciones ascendentes con la corteza cerebral (Hewett, 2005).

Vías reticulares

Vía retículo-espinal: las eferencias nerviosas de la formación reticular son vehiculadas por esta vía que establece conexiones homolaterales y contralaterales a lo largo de toda la médula, transmitiendo impulsos inhibidores tanto para las motoneuronas extensoras como para las flexoras, e impulsos facilitadores. Aunque anatómicamente la vía no está bien definida por la cantidad de colaterales que tiene, funcionalmente está relacionada con la mayor parte de las acciones reflejas motoras del equilibrio, incluyendo ajustes posturales en respuesta a estímulos sensoriales extravestibulares como pueden ser estímulos auditivos, visuales o táctiles (Hewett, 2005).

Vías motoras

Las vías motoras son el elemento efector, o sistema eferente, de los reflejos del equilibrio y de la actividad consciente, voluntaria relacionada con él: Vía corticoespinal piramidal: El sistema motor tiene su origen en la corteza cerebral, circunvolución frontal ascendente (área prerrolándica, o área 4 de Brodmann), también denominada área motora cortical piramidal. Su lesión supone contralateralmente hemiplejía. La vía desciende desde la corteza cerebral hacia los núcleos motores de los pares craneales del tronco cerebral (haz córtico-pontino, también conocido como fascículo geniculado) y a los núcleos de las astas anteriores de toda la médula espinal (haz córtico-espinal), siendo ambas conexiones de tipo directo y cruzado (Hewett, 2005). Constituye la vía motora principal transmite las órdenes para los movimientos voluntarios considerados rápidos. Gobierna la marcha mediante la transmisión de órdenes voluntarias para la contracción dinámica muscular. Al ejecutar estos movimientos voluntarios se produce una inhibición del tono muscular reflejo que mantiene el equilibrio estático.

Sistema extrapiramidal: Tiene su comienzo en las áreas corticales extrapiramidales. Desciende hacia el troncoencéfalo donde está constituida por una serie de centros que integran y controlan las órdenes motoras. Este sistema superpone a la acción motora piramidal, una serie de respuestas lentas de tipo postural automáticas que son también necesarias para el mantenimiento del equilibrio durante el movimiento, como por ejemplo el balanceo de los brazos

Circuitos propioceptivos vestibulares

Son circuitos supramedulares que tienen como captores a los receptores periféricos estatocinéticos del Sistema Vestibular. La información por ellos suministrada inicia su recorrido de cadena inversa por las vías vestibulares, a lo largo de las prolongaciones de

la primera neurona localizada en los ganglios de Scarpa y Böttcher. Las prolongaciones de esta primera neurona pueden dirigirse a dos áreas receptoras de su información: la corteza cerebelosa y los Núcleos Vestibulares. La primera debe de considerarse como un centro de gobierno (precisión de movimientos, adaptación y aprendizaje) y la segunda como un centro distribuidor y coordinador de impulsos eferentes (reflejos rápidos). Los impulsos nerviosos de estas dos formaciones tienen como destino los músculos posturales y se utilizarán en el control del equilibrio (Hewett, 2005). Los impulsos eferentes que salen del órgano de gobierno cerebeloso caminan de nuevo a los Núcleos Vestibulares. Por medio de esta vía de retorno de impulsos ya sojuzgados, el órgano de gobierno cerebeloso controla todas las órdenes motrices de la vía vestibular. A partir de los núcleos vestibulares los impulsos pueden seguir tres caminos:

Vía vestíbulo-espinal: las conexiones de los Núcleos Vestibulares con la médula espinal constituyen la vía refleja más importante desde el punto de vista del equilibrio corporal. Transmite estímulos efectores a distintos niveles de la médula espinal que se descargan sobre la musculatura postural extensora para producir contracciones isotónicas e isométricas. Esta acción se deja sentir principalmente en la musculatura cervical y en menor grado sobre el resto de los músculos del organismo.

Conexiones con los núcleos oculomotores de los pares craneales III, IV y VI: las vías vestíbulo-oculares siguen trayectos homo y heterolaterales. Esta vía es la responsable de la estabilidad de la mirada y de las desviaciones compensadoras de los ojos durante los movimientos de la cabeza. Transmite el componente lento del nistagmo. Conexiones con la corteza cerebral a través de las vías vestíbulo-tálamo-corticales: cinta de Reil externa o lemnisco externo. Esta es la vía propia de la sensibilidad profunda consciente de origen vestibular.

Práctica Deportiva

La fisiología del pie y entrenar descalzo

Andar descalzo ha sido una de las terapias más consideradas dentro de la terapia de Kneipp y un acto básico para mejorar la capacidad de respuesta del organismo y sus mecanismos de adaptación al medio. La propuesta de Kneipp ha llevado en países europeos como Austria, Dinamarca, Francia, Alemania, Hungría, Suiza y el Reino Unido, a la dedicación de parques adecuados al paseo descalzo. Permiten experimentar la

sensación de diferentes texturas de suelo bajo los pies; vadear ríos, arroyos, barro, o estanques, así como andar en tierra, arena, hierba (Franklin, S.; Li, F.X.; Grey, M.J. 2017).

El movimiento físico y el estímulo sensorial del bebé a través de los pies descalzos es factor de aceleración de maduración, del desarrollo propioceptivo y del desarrollo intelectual del niño. Caminar descalzo permite una mayor difusión del antepié bajo carga y tener los pies anatómicamente más amplios, sensación de amplitud del pie, se reduce el paso / longitud de la zancada y aumenta de la cadencia, permite una marcha más natural, lo que elimina el golpe de talón duro y en su lugar se realiza un movimiento de balanceo del pie al contactar con el suelo mediante la parte delantera o mediana del pie, en lugar de hacerlo con el talón, generando menos fuerza de colisión en el pie y la pierna (Franklin, S.; Li, F.X.; Grey, M.J. 2017). Los adultos que caminan descalzos pueden tener una menor tasa de artrosis o que esta mejore cuando el calzado imita lo más posible el hecho de ir descalzo. También las características de la marcha descalzo en personas ancianas y las variaciones de esta con el calzado hacen que tengamos en cuenta esta posibilidad a la hora de mejorar su movilidad. Los niños que usaban zapatos eran tres veces más propensos a tener los pies planos que aquellos que no lo hicieron, y eso sugirió que el uso de zapatos en la primera infancia puede ser perjudicial para el arco longitudinal del pie. Los niños que habitualmente van descalzos tienen pies más fuertes, con una mayor flexibilidad y movilidad y menos deformidades (Franklin, S.; Li, F.X.; Grey, M.J. 2017). En personas no habituadas a andar descalzas, al principio pueden tener dolor en la pantorrilla o la tendinitis de Aquiles o fascitis plantar debido al acortamiento del tendón de Aquiles. Una adaptación cuidadosa alivia o elimina los síntomas rápidamente.

En los movimientos de los corredores descalzos se observa que, al aterrizar, la parte media o delantera del pie casi no tiene colisión, aunque esto puede diferir según las personas y su forma de correr. La longitudinal (medial) del arco del pie también puede sufrir cambios fisiológicos habitualmente al entrenar descalzo. El arco longitudinal se ha observado que decrece en longitud por un promedio de 4,7 mm, lo que sugiere la activación de la musculatura del pie descalzo, que está generalmente inactiva cuando está calzado. Estos músculos mejoran la amortiguación del impacto y esto puede eliminar la tensión de la fascia plantar. Además de los cambios musculares, correr descalzo también reduce el consumo de oxígeno, pues dicho consumo es un 4% más alto en los corredores calzados. Esto puede explicarse por una mejor utilización de la elasticidad muscular (Franklin, S.; Li, F.X.; Grey, M.J. 2017). Algunos fabricantes modernos de calzado han diseñado

recientemente calzado para imitar la experiencia correr descalzo, manteniendo la flexibilidad óptima y el andar natural mientras también proporciona cierto grado de protección. El propósito de estos zapatos minimalistas es permitir a los pies y las piernas sentir de manera más sutil los impactos y las fuerzas que intervienen en el apoyo del pie.

Diferentes factores de riesgo pueden contribuir a la susceptibilidad de un atleta a la aparición de lesiones, entre estos se han descrito factores intrínsecos y extrínsecos. Dentro de los factores intrínsecos se encuentran mal alineamientos posturales, variaciones o alteraciones anatómicas, incremento de la laxitud ligamentaria fisiológica e influencias hormonales. Los factores extrínsecos, destacan un acondicionamiento físico insuficiente como son los desequilibrios musculares, inadecuado control neuromuscular (propiocepción) y mala ejecución de los movimientos corporales fundamentales como el salto, el correr, etc. La mayoría de la información conocida acerca del valor predictivo de estos factores de riesgo es no concluyente, por lo que se requieren más investigaciones al respecto (Hewett, 2005).

Sólo se han identificado unos pocos de los factores de riesgo para presentar lesiones deportivas. (Hewett, 2005) Se clasifica a los factores de riesgo internos como predisponentes, que actúan desde el interior, y que pueden ser necesarios, pero no suficientes para producir la lesión. Los factores de riesgo externos actúan sobre un atleta predispuesto, y se clasifican como factores facilitadores para que se manifieste la lesión. La presencia de factores de riesgos internos y externos tiene un efecto sumatorio y su interacción "prepara" al atleta para que ocurra una lesión en una situación dada. Este autor, describe el evento incitador como el eslabón final en la cadena que causa una lesión (Yang, 2005).

Factores intrínsecos

1. Edad: al respecto, los estudios muestran resultados diferentes; algunos reportan que al aumentar la edad es mayor el riesgo de presentar lesiones deportivas por factores asociados como el desacondicionamiento físico y enfermedades asociadas como la osteoporosis. Sin embargo, hay reportes en los cuales la mayor incidencia de lesiones deportivas se presenta durante la adolescencia. Un estudio de incidencia de lesiones en el atletismo (Hewett, 2005), muestra que ser menor de 34 años es un factor de riesgo para el síndrome de dolor patelofemoral, tanto en hombres como en mujeres, y para el

síndrome de la banda iliotibial, la tendinopatía patelar y el síndrome de estrés tibial en hombres.

2. Género: algunas lesiones son más frecuentes en hombres y otras, en mujeres. Por ejemplo, las lesiones del ligamento cruzado anterior son más frecuentes en las mujeres, posiblemente en relación con los estrógenos. Sin embargo, esta es una asociación estadística cuya fisiopatología aún no ha sido dilucidada.

3. Composición corporal: varios elementos de la composición corporal son factores de riesgo para sufrir lesiones deportivas, a saber: el peso que genera aumento de la carga y tiene impacto sobre las articulaciones y el esqueleto axial; la masa de tejido graso, la densidad mineral ósea (a menor densidad mayor incidencia de fracturas) y las diferentes medidas antropométricas. Con respecto a estas últimas, la relación con la incidencia de lesiones es variable dependiendo del deporte y del biotipo requerido para su práctica.

4. Estado de salud: la historia de lesiones previas y la inestabilidad articular predisponen a nuevas lesiones, la mayoría de las veces secundarias a secuelas derivada de la lesión o a rehabilitación incompleta o inapropiada de la misma.

5. Acondicionamiento físico: la fuerza, la potencia muscular, el consumo de oxígeno y los rangos de movimientos articulares son aspectos que varían con la condición física del deportista. Se ha reportado que a mayor desarrollo de estas variables es menor la incidencia de lesiones deportivas. Sin embargo, existe controversia al respecto, pues algunos estudios no reportan diferencias significativas en la incidencia de lesiones en corredores y caminantes que trabajaron la fuerza durante el entrenamiento.

6. Factores hormonales: la menarquia tardía, la menarquia hipoestrogénica-hipotalámica, las alteraciones ovulatorias por bajo ambiente estrogénico que ocasiona osteopenia y aumento de la reabsorción ósea y los niveles de testosterona bajos son factores que alteran la osificación adecuada y pueden por ello predisponer a fracturas por estrés. Por el contrario, el uso de anticonceptivos orales se ha descrito como un factor protector para el desarrollo de dichas fracturas por estrés y algunos autores reportan aumento de las lesiones ligamentarias.

7. Factores nutricionales: el déficit de calcio y de vitamina D y los trastornos alimentarios también han sido implicados en la fisiopatología de las fracturas por estrés en deportistas.

8. Tóxicos: el consumo de tabaco y de alcohol predispone al desarrollo de lesiones deportivas no sólo porque merma la capacidad de concentración del deportista sino también por alterar la mineralización ósea.

9. Enfermedades metabólicas: la tirotoxicosis, el hiperparatiroidismo, la diabetes mellitus y el síndrome de Cushing son enfermedades metabólicas que cursan con densidad mineral ósea baja y desacondicionamiento físico.

10. Farmacológicos: el uso de glucocorticoides, hormona tiroidea, antipsicóticos, anticonvulsivantes y quimioterapéuticos, puede alterar la mineralización ósea y por consiguiente aumentar la incidencia de fracturas.

11. Técnica deportiva: la ejecución inadecuada de la técnica específica para cada deporte produce estrés excesivo, lesiones por sobreuso o, incluso, lesiones agudas.

12. Alineamiento corporal: el mal alineamiento anatómico, debido a deformidades fijas o dinámicas, agrega estrés sobre el sitio del cuerpo que se encuentra activo. Condiciones congénitas o del desarrollo tales como coalición tarsal, pie cavo, pie pronado, primer metatarsiano corto, metatarso aducto y discrepancia en la longitud de las extremidades pueden predisponer a lesión del atleta. Otros autores mencionan la inestabilidad lumbopélvica o central como factor de riesgo para lesiones deportivas de los miembros inferiores sobre todo en mujeres. En un estudio realizado por Leetun y col. se evaluó la fuerza de los músculos encargados de la estabilidad central: los abductores y rotadores externos de la cadera, los abdominales, los extensores de la espalda y el cuadrado lumbar; se encontró que los atletas con menor fuerza en los rotadores externos de la cadera se lesionaron con mayor frecuencia. Por otra parte, en un estudio realizado en corredores de campo traviesa de secundaria, se encontró que las mujeres y los hombres con ángulo Q de 20º y 15º o más, respectivamente, presentaban mayor riesgo de lesión deportiva.

13. Coordinación: la falta de coordinación adecuada de los movimientos específicos de cada deporte, incrementa el riesgo de sufrir lesiones.

14. Estado mental: se han subestimado, o no se han tenido en cuenta, los aspectos psicológicos de la participación en deportes y su relación con la ocurrencia de lesiones. En la actualidad se reconoce que el estado psicológico del deportista es tan importante como, o incluso algunas veces más importante que, el estado físico en la presentación de

lesiones derivadas de la práctica deportiva. Entre los factores psicológicos de riesgo se encuentran los siguientes:

A. Las características de la personalidad que predominen en el deportista y que se expresan en la forma como practica el deporte. Si existe un rasgo de personalidad disfuncional no susceptible de modificación o control, puede predisponer al desarrollo de lesiones deportivas.

B. La historia de eventos estresantes de la vida diaria: discusiones, lesiones deportivas previas y otras situaciones que produzcan ansiedad, depresión o estrés al deportista impidiéndole así una adecuada concentración en el desarrollo de la actividad.

Entrenamiento Propioceptivo y Flexibilidad

El reflejo de estiramiento desencadenado por los husos musculares ante un estiramiento excesivo provoca una contracción muscular como mecanismo de protección (reflejo miotático). Sin embargo, ante una situación en la que realizamos un estiramiento excesivo de forma prolongada, si hemos ido lentamente a esta posición y ahí mantenemos el estiramiento unos segundos, se anulan las respuestas reflejas del reflejo miotático activándose las respuestas reflejas del aparato de Golgi (relajación muscular), que permiten mejoras en la flexibilidad, ya que al conseguir una mayor relajación muscular podemos incrementar la amplitud de movimiento en el estiramiento con mayor facilidad (Hewett, 2005).

Marco metodológico

La metodología es una revisión bibliográfica. Se realizó una búsqueda en las principales bases de datos como, Scielo, Sport medicina, Raquis quiropraxia y kinesiología, con distintas palabras claves y combinaciones.

Criterios de inclusión:
Se incluyen artículos que la fecha de su creación sea no más de 5 años, que respondan a investigaciones con carácter científico, que traten sobre propiocepción y entrenamiento descalzo.

Criterios de exclusión:

Se excluyen todo tipo de artículos que no cumplan los criterios anteriores.

Análisis e interpretación del material relevado:

Categorías de análisis:

- Cambios fisiológicos musculares: son los cambios que se dan a nivel muscular al modificar un modo de entrenamiento. (Sánchez, 2019).
- Circuitos propioceptivos vestibulares supramedulares: el sentido de la propiocepción está íntimamente relacionado el vestibular, el cual es el sentido que se encarga en mayor medida del control del equilibrio. Este sistema le da sentido al movimiento coordinado (Ramírez, 2019).
- Propiocepción: La propiocepción es la capacidad que tiene nuestro cerebro de saber la posición exacta de todas las partes de nuestro cuerpo en cada momento. Dicho de otra manera, a nuestro cerebro le llegan diferentes órdenes desde las articulaciones y los músculos de la posición exacta de los mismos. (Ramírez, 2019).
- Retroalimentación cerebro, nervios del tobillo y pie: los nervios periféricos transportan información desde el cerebro y la médula hasta el pie, los movimientos son la respuesta de retroalimentación de este circuito. (Sánchez, 2019).
- Cambio en el arco del pie y el tibial posterior: son los cambios físicos debido a un incremento de la musculatura. (Ramírez, 2019).

| | Cambios fisiológicos musculares | Circuitos propioceptivos vestibulares supramedulares | Propiocepción | Retroalimentación cerebro, tobillo, pie. | Cambio en el arco del pie y el tibial posterior. |
|---|---|---|---|---|---|
| Castillo, M. D. Abbate, E. Sánchez Ramírez. | Los calzados eliminan la sensibilidad y pueden enmascarar los numerosos | Al entrenar descalzos, la información es mucho más precisa, por lo que nos | Analizaron las modificaciones agudas que se producen luego de correr largas distancias, que | El reflejo de estiramiento desencadenado por los husos musculares ante un estiramiento | Al entrenar descalzos, la información es mucho más precisa, por lo que nos |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fairbank, R. (2022) Abbate, E. (2019) | receptores de nuestros pies que envían señales a los músculos que se mueven por la cadena cinética de nuestros cuerpos. Lazoff dice que quitar esas almohadillas y permitir que nuestros pies entren en contacto directo con el suelo hace que sea más fácil que los músculos trabajen. Esto significa que se puede disfrutar de cada tic, hormigueo y "uf, cómo cuesta esto" con cada movimiento con el peso. Pero antes de | ayudará a enderezar la columna. Esto ocurre porque existe una mayor estimulación de los músculos de la planta del pie y se obtiene una mejor posición al notar todos los estímulos nerviososo. Entrenar sin zapatos también mejora las articulaciones y los ligamentos, aumenta la fuerza e incluso ayuda a perder peso, por lo que, siempre que puedas, quítate los zapatos y entrena descalzo, tal y como recomienda la | midieron el área de sección transversal. (CSA) de músculos intrínsecos del pie antes y después de un entrenamiento a pie descalzo. El músculo abductor del dedo pequeño y el flexor corto de los dedos aumentan su volumen luego de 12 semanas de adaptación al barefoot. | excesivo provoca una contracción muscular como mecanismo de protección (reflejo miotático). Sin embargo, ante una situación en la que realizamos un estiramiento excesivo de forma prolongada, si hemos ido lentamente a esta posición y ahí mantenemos el estiramiento unos segundos, se anulan las respuestas reflejas del reflejo miotático activándose las respuestas reflejas del aparato de Golgi (relajación muscular), que permiten mejoras en la flexibilidad, ya que al conseguir una mayor relajación muscular | ayudará a enderezar la columna. Esto ocurre porque existe una mayor estimulación de los músculos de la planta del pie y se obtiene una mejor posición al notar todos los estímulos nerviososo. Entrenar sin zapatos también mejora las articulaciones y los ligamentos, aumenta la fuerza e incluso ayuda a perder peso, por lo que, siempre que puedas, quítate los zapatos y |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | que te quites las zapatillas, es importante comprobar si esta práctica es adecuada para ti y cómo implementarla sin hacerte daño ni a ti ni a otros. | Universidad de Harvard. | | podemos incrementar la amplitud de movimiento en el estiramiento con mayor facilidad | entrena descalzo, tal y como recomienda la Universidad de Harvard. |
| Fairbank, R. (2022)<br>Rippetoe, M. (2018). | realizar el ejercicio descalzo puede ayudar a fortalecer los músculos de los pies y los tobillos y mejorar su flexibilidad y su destreza, además de reducir el impacto de la pisada.<br>Algunos deportes como el yoga o pilates se suelen realizar sin ningún tipo de calzado ya | Los músculos del pie como los músculos del tobillo experimentarán un gran fortalecimiento. Los músculos de los pies, por lo que nuestros pies estarán mucho más 'fuertes'. | Uno de los grandes beneficios de entrenar sin zapatos es que tanto los músculos del pie como los músculos del tobillo experimentarán un gran fortalecimiento. Hay que tener en cuenta que pisar descalzos nos permite ejercitar en mayro medida los músculos de los pies, por lo que nuestros | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | que, según los expertos, no solo beneficia al entrenamiento, sino también a la propia salud. Eso sí, es importante calentar antes de empezar a realizar cualquier tipo de ejercicio físico ya que, de no haber calentado, se podría sufrir una lesión. Con el paso del tiempo, nuestros pies se amoldan a las zapatillas que estamos usando. En la mayoría de ocasiones, nos acostumbramos a plantar antes el talón que el tobillo, por lo que es posible | | pies estarán mucho más 'fuertes'. | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | que el pie esté expuesto a más lesiones. Al entrenar descalzos, tendremos un cambio en el punto de apoyo de la pisada (ya empezaremos a plantar antes la planta del pie que el tobillo), por lo que el número de lesiones se verá ampliamente reducido. Aunque entrenar descalzos no curará ningún tipo de patología relacionada con la columna vertebral, sí que es cierto que podrá ayudar a mejorar la alineación de la columna. El | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | calzado reduce la percepción del pie al pisar, por lo que se pierde información sensorial muy útil. | | | | |

Resultados

Caro, S. (2022) considera que el calzado reduce la percepción del pie al pisar, por lo que se pierde información sensorial muy útil. Al entrenar descalzos, la información es mucho más precisa, por lo que nos ayudará a enderezar la columna. Esto ocurre porque existe una mayor estimulación de los músculos de la planta del pie y se obtiene una mejor posición al notar todos los estímulos nerviososo. Para este autor, entrenar sin zapatos también mejora las articulaciones y los ligamentos, aumenta la fuerza e incluso ayuda a perder peso, por lo que, siempre que puedas, quítate los zapatos y entrena descalzo, tal y como recomienda la Universidad de Harvard.

Fairbank, R. (2022) realizó un estudio que analizó el rendimiento en el levantamiento de peso muerto entre deportistas descalzos y otros que llevaban calzado. No encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre ambos grupos, aunque el levantamiento de peso muerto con calzado requería un poco más de trabajo. Como señala Splichal (2018), muchas personas que levantan pesas hacen el calentamiento y los levantamientos más ligeros descalzos, y luego, cuando apuntan más alto, se ponen las zapatillas de levantamiento de pesas. En su mayoría, las zapatillas para halterofilia tienen suelas duras, densas y no comprimibles. El calzado para levantamiento también cuenta con talones con cuñas que inclinan el pie hacia adelante y, según la experiencia de Anna Swisher, la estabilidad que proporcionan puede ayudar a mantener la forma adecuada, especialmente crítica durante las sentadillas con peso. "Contar con esa elevación extra en el talón facilita mantener el torso más erguido, lo que ayuda a mantener el centro de gravedad de la barra más alineado con tu centro de gravedad", indica Swisher. Esto reduce la cantidad de presión ejercida sobre la parte baja de la espalda, lo que puede ayudar a prevenir lesiones.

Ciertos calzados no son apropiados para el levantamiento de pesas, según Rippetoe, M. (2018), quien ve a menudo a personas que levantan pesas con zapatillas de correr en lugar de específicas para levantar peso. "Hacer sentadillas con zapatillas de running es como hacerlas sobre un colchón", dice. "Cada repetición es diferente." Esto dificulta mantener una buena posición, lo cual también puede conducir a una lesión. Recomiendan levantar peso usando zapatillas de correr. Aunque el levantamiento de pesas sin calzado puede aportar beneficios, todos los expertos consultados, incluida Claire Haeuptle, advirtieron que hay una serie de riesgos, entre ellos la posibilidad de lesiones, si no se lo realiza correctamente. Este trabajo concluye que levantar peso descalzo con un correcto entrenamiento, respetando la gradualidad de la incorporación del peso y cuidando la higiene del pie posterior al ejercicio, es beneficioso para el fortalecimiento de la musculatura del pie.

Abbate, E. (2019) concluye que los calzados eliminan la sensibilidad y pueden enmascarar los numerosos receptores de nuestros pies que envían señales a los músculos que se mueven por la cadena cinética de nuestros cuerpos. Lazoff (2021) dice que quitar esas almohadillas y permitir que nuestros pies entren en contacto directo con el suelo hace que sea más fácil que los músculos trabajen. Principalmente existen tres razones por las que la gente va descalza por los gimnasios, según Cameron Yuen, DPT de Bespoke Treatments en Nueva York. Y son: e l aumento de la propriocepción, es decir, sentirse a uno mismo mientras se mueve; aumento de la capacidad de producir fuerza y aumento de la contratación de los músculos. “La propriocepción es importante para cualidades como el equilibrio y la agilidad” dice Yuen. “Los pies están llenos de terminaciones nerviosas y, cuando están en contacto directo con el suelo, el cerebro recibe más información y, además, en menos tiempo”. Asumiendo que entrenes en un gimnasio con suelo duro, deshacerte del calzado ayudará a que hagas más fuerza en el suelo con los levantamientos. Andar descalzo puede mantener las piernas y la postura en general en forma gracias a fortalecer los músculos de la parte inferior de la pierna.

Sánchez Ramírez (2019) considera que el músculo abductor del dedo pequeño y el flexor corto de los dedos aumentan su volumen luego de 12 semanas de adaptación al barefoot. En el grupo que entrenó con calzado minimalista, al igual que el segundo estudio que reporta que en sujetos que entrenaron 10 semanas con calzado minimalista, un aumento del músculo abductor del Hallux en un 10,6 %. Este crecimiento muscular podría relacionarse con un aumento relativo de la superficie de apoyo plantar, principalmente en

la zona del mediopié, lugar donde se halla el vientre de los músculos mencionados. Asimismo, encontraron que el área del mediopié aumentaba entre un 3,5 % y 9,1 % luego de una sesión de carrera de 2500 m y de 30 min respectivamente. En esta misma línea, estudiaron a sujetos divididos según patrón de apoyo plantar, quienes corrieron a 3,0 m·s-1 en condiciones de calzado y descalzo, encontrando que los sujetos que habitualmente se mueven descalzos tienen menor área de superficie de apoyo en la zona medial del mediopié lo cual indica una de tipología cava, resultado que coincide con los cambios descritos en la distribución de tipología de pie, en donde los sujetos que corrieron descalzos tuvieron tendencia a modificar su arco plantar hacia un tipo cavo, en entrenamientos de 20 min trote durante 8 semanas. También estudiaron a dos poblaciones de sujetos que normalmente corren a pie descalzo (indios) con otro grupo de corredores calzados (chinos), obteniendo como resultado que las mujeres del primer grupo tienen pies más largos y antepiés más anchos, lo cual podría ser una adaptación natural. Reportan resultados similares, en donde sujetos que caminan descalzos también muestran pies más anchos que quienes utilizan calzado, pero poseen pies relativamente más cortos. En tiempo de adaptación a la locomoción descalza es el factor que hace la diferencia, ya que las adaptaciones morfológicas en personas que nunca han usado calzado son distintas a las que sufren quienes siempre han usado calzado y que en una edad adulta pasan a prescindir de esta prenda.

## Conclusión

Según los estudios citados en antecedentes, el sistema sensoriomotor estarán condicionados por lo que percibo a través de los receptores sensoriales, pero a medida que se desarrolla el movimiento, modificará la información percibida por este. La propiocepción es la entrada de estímulos recogidos por el sistema nervioso central percibidos a través de las terminaciones nerviosas especializadas, situados en las articulaciones, cápsulas, ligamentos, músculos, tendones y piel. Si se tiene en cuenta la acción de los receptores, el cuerpo se basa en el sistema propioceptivo para ubicarse de forma precisa. Los resultados de las revisiones presentadas indican que aún el calzado minimalista, sigue siendo un sostén en el pie. Si se va a trabajar la propiocepción, los estudios analizados concluyen que el pie descalzo es más efectivo que el pie con zapatillas. Al estar los receptores situados en la piel, músculos y articulaciones, el uso del calzado puede reducir la capacidad sensitiva de dichos receptores. Por lo que, si se tiene

presente la alta concentración de receptores en la superficie de la planta del pie, la adaptación inicial para el desarrollo del componente sensitivo, sería el realizar las actividades descalzo. La importancia de los pies en el funcionamiento biomecánico normal de la columna vertebral a menudo se pasa por alto.

Correr descalzo tiene ventajas sobre correr calzado. Una de las más importantes es que dejar que el pie realice su movimiento natural disminuye el riesgo de lesión. Correr descalzo mejora la somatosensación, es decir, mejora la propiocepción y mejora la percepción táctil. Al correr descalzo, evitamos el impacto en el talón y aterrizamos sobre el mediopié o antepié. Cuando el mediopié contacta con el suelo, comienza la pronación de todo el pie (no sólo en la articulación subastragalina) y continúa hasta el punto en el que talón contacta con el suelo. Con un apoyo de mediopié / antepié, la pronación es beneficiosa para absorber impacto. Los corredores descalzos habituales generan menores fuerzas de impacto que los corredores que usan calzado tradicional y aterrizan de talón. La cuestión no es correr descalzo sino correr según “un estilo descalzo”, por ello se puede correr en calzado minimalista porque este respeta la biomecánica de la pisada y se aproxima a la pisada natural del correr descalzo. Este concepto de correr descalzo no implica lo que llevas en los pies, sino cómo estás corriendo y permitir que el pie funcione de la manera según la cual ha sido diseñado para funcionar. Una vez que la técnica es perfeccionada y el corredor abandona el talonamiento, el siguiente paso es proteger la piel de los pies sin comprometer el feedback proprioceptivo que aporta el suelo. La práctica de la carrera estilo barefoot, descalzo, fortalece los músculos del pie, el desgaste muscular se reduce, la propiocepción aumenta, el impacto al aterrizar disminuye al igual que el riesgo de lesión.

Bibliografía

Acevedo, C. (2009). Entrenamiento sin calzado. *Br J SportsMed 43: 288-292.*

Castillo, M. D. (2007). El uso del calzado: ¿cuándo, por qué? y sus consecuencias. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación.*

Franklin, S.; Li, F.X.; Grey, M.J. (2017). Modifications in lower leg muscle activation when walking barefoot or in minimalist shoes across different age-groups. Gait Posture. *Journal Med Reh.*

Hatala, K.G., Dingwall, H.I., Wunderlich, R.E. (2013). Variation in Foot Strike Patterns During Among Habitually Barefoot Populations. *PLoS ONE, january 2013, 8(1) e 52548. doi:10.1371/journal.pone.0052548*

Jimenez-Perez. (2015). Estudio preliminar de la activación neuromuscular corriendo descalzo y calzado. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*.

Kerrigan, C., Franz, J.R., Keenan, G.S. (2019). The Effect of Running Shoes on Lower Extremity Join Torques. *Phys Med Rehabil; Vol 1: 1058-63. doi:10.1016/j.pmrj.2009.09.011*

Lieberman, D.E., Vendakesan, M. (2010). Entrenamiento y rehabilitación. Rev *Nature 463: 531/535*

Lieberman, D.E., Venkadesan, M., Werbel, W.A. (2010). Foot Strike Patterns and Collision Forces in Habitually Barefoot versus Shod Runners. *Nature 2010;463(7280): 531-5 http://www.jfootankleres.com/content/5/S1/K1doi:10.1038/Nature08723*

Lieberman, D.E. (2011). Biomecánica. Web del SkeletalBiologyLab de la Universidad de Harvard:

http://www.barefootrunning.fas.harvard.edu/

Ly, C., Blades, M. (2010). Fuerza y musculatura sin calzado. *Rev J Biomech 43: 310-317.*

McDougall, C. (2009). *Born to Run*. Profile Books. London

Morley, J.B., Decker, L.M., Dierks, T., Blanke, D., French, J.A. y Stergiou, N. (2010). Effects of Varying Amounts of Pronation on the Mediolateral Ground Reaction Forces During Barefoot Versus Shod Running. *Journal of Applied Biomechanics; 2: 205-214*

http://www.unomaha.edu/crc/publications.php

Reilly, T., Drust, B., Clarke, N. (2008). Trunning and foot. *Sports Med. 5:357-367.*

Richards, D., Sánchez, P. (2009). Biomecánica. *Br J Sports Med 43: 159-162.*

Sánchez, C. (2017). Morfología del pie de deportistas que practican descalzos. *Revista Argentina de Anatomía Online*, 14.

Sánchez-Ramírez. (2019). Modificaciones morfológicas del pie Luego de Ocho semanas de carrera a pie descalzo. Santiago de Chile.

Squadrone, R., Gallozzi, C. (2019). Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *J Sports Med Phys Fitness, Mar; 49 (1):6-13*

http://www.therunningclinic.ca/medias/mailinglist/2009-squadrone-barefoot-vs-fiv.pdf