

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**LICENCIATURA DE TERAPIA FÍSICA**

**DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL**



**“PROPUESTA DE UN CIRCUITO TERAPÉUTICO PARA EL ABORDAJE PREVENTIVO DEL PIE PLANO EN INFANCIAS”**

**TESINA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN TERAPIA FÍSICA**

**PRESENTA**

**P.L.T. F. RICARDO URIEL ZARAGOZA ABUNDIO**

**DIRECTOR**

**DR. EN SM JORGE MONROY GARDUÑO**

**REVISORAS**

**Lic. en T.F. Cynthia Hernández Ríos**

**Mtra. En Ed. Andrea Victoria García González**

**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO 2023.**

**“PROPUESTA DE UN CIRCUITO TERAPÉUTICO PARA EL ABORDAJE  
PREVENTIVO DEL PIE PLANO EN INFANCIAS”**

## ÍNDICE

I	MARCO TEÓRICO .....	4
	I.1 ANATOMÍA DEL PIE .....	4
	I.1.1 HUESOS .....	4
	I.1.2 MÚSCULOS Y FASCIAS .....	10
	I.1.2.1 MÚSCULOS DE LA PIERNA .....	11
	I.2 BIOMECÁNICA DEL PIE Y TOBILLO .....	23
	I.3 PIE PLANO .....	32
	I.4 SENSIBILIDAD .....	38
II	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	44
III	JUSTIFICACIÓN.....	46
IV	HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	47
V	OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	47
	5.1 OBJETIVO GENERAL .....	47
	5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	47
VI	MÉTODOLÓGICA.....	47
	6.1 DISEÑO Y TIPO DE ESTUDIO: .....	47
	6.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	47
	6.3 UNIVERSO DE TRABAJO .....	48
	6.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....	48
	6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN .....	49
	6.6 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN.....	49
VII	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN.....	49
VIII	LÍMITE DE TIEMPO Y ESPACIO .....	50
IX	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	50
X	DISEÑO DE ANÁLISIS .....	50
XI	CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	51
XII	ORGANIZACIÓN .....	51
XIII	PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO .....	52
XIV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	53
XV	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
XVI	ANEXOS .....	62

# I MARCO TEÓRICO

## I.1 ANATOMÍA DEL PIE

### I.1.1 HUESOS

Las extremidades inferiores cumplen las funciones de locomoción y sustentación del cuerpo en la posición bípeda. A pesar de que la extremidad inferior comparte muchos rasgos anatómicos con la extremidad superior, existen también numerosos aspectos morfológicos y funcionales que difieren en ambas extremidades. <sup>(1)</sup> El miembro pélvico se divide en tres segmentos unidos por las articulaciones de: cadera, rodilla y tobillo; el segmento proximal (el muslo), cuyo eje óseo lo forma el fémur; el medio (la pierna), en el que se disponen la tibia y el peroné y el segmento distal (el pie), formado por múltiples huesos pequeños articulados entre sí. Sin embargo, los huesos y músculos de la extremidad inferior son mayores que los de la extremidad superior, mientras que las articulaciones poseen una morfología en la que se determinan los rasgos determinantes de la estabilidad sobre la movilidad. <sup>(2)</sup>

El miembro pelviano comprende cuatro segmentos que son siguiendo de arriba hacia abajo: cadera; muslo; pierna y pie. Por otra parte el pie se encuentra comprendido por veintiséis huesos dispuestos en tres grupos: Tarso; Metatarso y Dedos. <sup>(3)</sup>

La unidad posterior del pie contiene el astrágalo y el calcáneo, que son los dos huesos más posteriores del tarso. La unidad media contiene al resto de huesos del tarso, que comprenden: el navicular (escafoides), las tres cuñas y el cuboides. Finalmente, la unidad anterior corresponde con el segmento ocupado por los metatarsianos, de donde parten los dedos. Las líneas de separación de las tres unidades coinciden con las zonas de elección para realizar amputaciones del pie. <sup>(2)</sup>

#### a) Astrágalo o talus

Está situado entre los huesos de la pierna y el calcáneo. Se le consideran cuerpo, cabeza y cuello. Presenta seis caras: superior, inferior, anterior, posterior, interna y externa.

- Cara superior.- Está ocupada en su mayor extensión por una superficie articular, llamada polea astragalina (para los dos huesos de la pierna): garganta

anteroposterior, extremadamente obtusa, hacia la cual se inclinan las dos vertientes laterales. <sup>(4)</sup> La tróclea astragalina se articula con la tibia. Es más ancha anterior que posteriormente. Su vertiente medial es un poco más estrecha que la lateral. <sup>(5)</sup>

- Cara inferior.- Destinada a articularse con el calcáneo, presenta con este objeto, dos carillas: 1° la carilla antero interna, prolongada de delante atrás, dirigida directamente hacia abajo; 2° la carilla postero externa, mayor que la precedente, plana en sentido transversal y cóncava en dirección anteroposterior.
- Cara externa.- Articulada con el maléolo peroneo, presenta una carilla triangular, de base superior. Por delante de ella se encuentra el cuello del hueso, que en este punto tiene el aspecto de un borde obtuso.
- Cara interna. - Articulada con el maléolo tibial, presenta una carilla articular en forma de una coma colocada horizontalmente, cuya cabeza corresponde a la parte anterior y la cola a la posterior.
- Cara anterior. - Tiene la forma de una cabeza, cabeza del astrágalo, más ancha que alta, perfectamente circunscrita por arriba y por los lados y continuada por abajo por la carilla antero interna de la cara inferior del hueso. Se articula con el escafoides.
- Cara posterior.- Muy pequeña. En su parte interna se ve un canal oblicuo hacia abajo y adentro (para el tendón del flexor propio del dedo gordo).

## **b) Calcáneo**

El más voluminoso de los huesos del tarso, el calcáneo es un hueso alargado de delante atrás, irregularmente cubico y que presenta, por consiguiente, seis caras, orientadas en la misma dirección que las del hueso precedente.

- Cara superior. -Tiene un aspecto distinto, según se la considere en su parte anterior o en su parte posterior. Por delante, en sus dos tercios anteriores, se articula con el astrágalo y presenta, para este objeto, dos carillas articulares, una antero interna y otra postero externa. Por detrás, la cara superior es rugosa, cóncava en sentido anteroposterior y convexa en dirección transversal.

- Cara inferior.- Muy irregular y llena de agujeros vasculares. Presenta por detrás, dos eminencias, la tuberosidad interna y la tuberosidad externa (para inserciones musculares); por delante una tercera eminencia, la tuberosidad anterior (para los haces profundos del ligamento calcaneocuboideo) <sup>(6)</sup>
- Cara lateral.- Es ligeramente plana y rugosa; presenta en su mitad anterior un tubérculo, la tróclea peroneal, que separa el surco para el tendón del musculo del peroneo largo, que está situado inferiormente a la tróclea peroneal, del surco para el tendón del musculo peroneo corto, que se halla superiormente. <sup>(7)</sup>
- Cara medial.- Aparece como un gran surco dirigido oblicuamente hacia abajo y hacia delante, el canal calcáneo. Por encima y por delante del canal calcáneo sobresale una prominencia ósea que prolonga como un “alero” a la cara superior del hueso, el sustentaculum tali (sustentáculo del astrágalo). <sup>(2)</sup>
- Cara anterior.- Está ocupada por una carilla articular, cóncava de arriba abajo y convexa en sentido transversal (para el cuboides). Esta carilla esta sostenida por una especie de columna ósea, que se designa con el nombre de apófisis mayor del calcáneo. <sup>(4)</sup>
- Cara posterior.- Es estrecha y lisa superiormente y rugosa y ancha en su mitad inferior, donde se fija el tendón calcáneo. <sup>(5)</sup>

### **c) Cuboides**

Es un hueso de forma cuboidea situado en el margen lateral del pie, por delante del extremo anterior del calcáneo, con el que se articula. <sup>(2)</sup> Su forma cuboidea permite considerarle seis caras, orientadas en sentido exactamente igual a las del calcáneo.

- Cara dorsal.- Es rugosa y se halla inclinada inferior y lateralmente.
- Cara plantar.- La cara plantar está atravesada por una cresta roma y ancha orientada oblicuamente en sentido anterior y medial.
- Cara posterior.- La cara posterior se articula con el calcáneo. La superficie articular es cóncava transversalmente; en sentido vertical, es convexa superiormente y cóncava inferiormente.

- Cara anterior.- Es también articular y presenta dos caras articulares separadas por una cresta roma, oblicua inferior y medialmente. Estas dos caras se articulan con las correspondientes de los huesos metatarsianos cuarto y quinto.
- Cara medial.- La cara medial o base se articula con el hueso cuneiforme lateral mediante una cara plana, triangular u oval, situada en su parte media.
- Borde lateral.- Se halla escotado por el extremo lateral del surco para el tendón del músculo peroneo largo.

#### **d) Navicular**

El hueso navicular (escafoides del tarso) es un hueso corto cuya forma se ha comparado a la de una pequeña barca. Está situado en el lado medial del pie, anteriormente al astrágalo, mediante el hueso cuboides y posteriormente a los huesos cuneiformes. Presenta dos caras, dos bordes y dos extremos. <sup>(5)</sup>

- La cara posterior, es una superficie articular cóncava para la cabeza del astrágalo.
- La cara anterior, tiene tres facetas planas separadas que se articulan con los tres huesos cuneiformes.
- Las caras superior e inferior, son estrechas y rugosas.
- La cara medial, es realmente un vértice y está constituida por la tuberosidad del navicular.
- La cara lateral, es también una zona estrecha en la que de forma inconstante aparece una superficie articular para el cuboides.
- Huesos cuneiformes.- Son tres piezas óseas en forma de cuña situadas en la unidad media del pie, por delante del hueso navicular y medialmente al cuboides. Se designan como cuña medial (primera cuña), intermedia (segunda cuña), y lateral (tercera cuña) y se articulan entre sí por sus caras laterales.

La cuña medial es la mayor de las tres. Por su cara anterior se articula con la base del primer metatarsiano y por su cara lateral, además de contactar con la cuña intermedia, se articula también con la base del segundo metatarsiano.

La cuña intermedia es la más pequeña. Por sus caras laterales se articula con las otras cuñas, pero debido a su pequeño tamaño en la parte anterior deja una hendidura donde se encaja la base del segundo metatarsiano.

La cuña lateral contracta por su cara medial con la cuña intermedia y con la base del segundo metatarsiano. Su cara lateral se articula con el cuboides. <sup>(2)</sup>

### **e) Metatarso**

El metatarso está formado por cinco huesos largos denominados huesos metatarsianos. Se articulan posteriormente con los huesos de la segunda fila del tarso y anteriormente con las falanges proximales de los dedos. Se denominan primero, segundo, tercero, cuarto y quinto huesos metatarsianos, considerándolos de medial a lateral. <sup>(5)</sup>

Caracteres generales. – Son huesos largos, que están colocados en dirección anteroposterior, y presentan cada uno un cuerpo una extremidad posterior y otra anterior.

- **Cuerpo.-** Describe una curva de concavidad inferior y esta, además, ligeramente torcido sobre su eje. Es prismático triangular, con tres caras y tres bordes. De las tres caras, la superior forma parte de la región dorsal del pie. Las otras dos, interna y externa, circunscriben espacios elípticos, llamados espacios interóseos.
- **Extremidad posterior.-** Presenta, por regla general: dos carillas no articulares, una superior o dorsal y otra inferior o plantar; tres carillas articulares, una posterior (para el tarso) y las otras dos laterales (para los huesos inmediatos).
- **Extremidad anterior.-** Es una especie de cabeza articular aplanada en sentido transversal: un verdadero cóndilo (para la primera falange de los dedos). A cada lado del cóndilo se ven una fosita rugosa y un tubérculo (para la inserción de los ligamentos laterales de la articulación metatarso falángica).

Caracteres diferenciales: Los cinco metatarsianos se distinguen entre sí por algunos caracteres particulares.

- **Primer metatarsiano:** No posee, en su extremidad posterior más que una sola carilla lateral, que aún no es constante; está situada por fuera y destinada al segundo metatarsiano.
- **Segundo metatarsiano:** Presenta, por detrás, una primera carilla (para el segundo cuneiforme); por dentro, dos carillas, una posterior (para el primer cuneiforme) y otra anterior (para el primer metatarsiano); por fuera cuatro carillas, dos en la parte

posterior (para el tercer cuneiforme) y dos en la anterior (para el tercer metatarsiano); total, siete carillas articulares.

- Tercer metatarsiano: Por detrás, una carilla articular (para el tercer cuneiforme); por dentro, dos pequeñas carillas superpuestas (para las dos carillas correspondientes del segundo metatarsiano); por fuera una sola carilla, plana y oval (para el cuarto metatarsiano).
- Cuarto metatarsiano: Por detrás, una carilla plana (para el cuboides); por dentro, dos pequeñas carillas, una posterior (para el tercer cuneiforme) y otra anterior (para el tercer metatarsiano); por fuera, una sola carilla (para el quinto metatarsiano).
- Quinto metatarsiano: solo posee dos carillas articulares, una posterior (para el cuboides) y otra interna (para el cuarto metatarsiano). Por detrás y afuera se ve una apófisis voluminosa, la apófisis del quinto metatarsiano (para el tendón del peroneo lateral corto). <sup>(4)</sup>

## **f) Falanges**

Las falanges son semejantes a las de los dedos de la mano por lo que hace a su disposición, forma y desarrollo. Sin embargo, son diferentes por sus dimensiones, más reducidas, a excepción de las falanges del dedo gordo del pie, que son muy voluminosas.

<sup>(5)</sup> Los demás dedos constan de tres falanges, que se denominan proximal (primera falange), intermedia (segunda falange), y distal (tercera falange). <sup>(2)</sup>

Caracteres generales: Las falanges de los dedos del pie tienen una conformación semejante a las de la mano.

Caracteres diferenciales:

- Primeras falanges.- Cuerpo muy corto y delgado, cilíndrico o aplanado en sentido transversal.
- Segundas falanges.- Más reducidas todavía que las primeras, no tienen, por decirlo así, más que un cuerpo teórico, ya que están formadas por sus dos extremidades unidas.

- Terceras falanges.- Son también mucho más pequeñas y terminan, como en la mano, por una media corona que sirve de base al pulpejo del dedo ya la uña.

### **g) Huesos sesamoideos**

Los sesamoideos son huesos cortos, redondeados u ovales, que se desarrollan unas veces alrededor de las articulaciones (estos son los sesamoideos peri articulares) y otras en el espesor de los tendones (sesamoideos intratendinosos).

- Sesamoideos peri articulares.- Aparecen en los extremos libres de lo miembros: manos y pies.

Sesamoideos del pie:

Se encuentran: los sesamoideos metatarso falángicos del dedo gordo (constantes), un en número de dos, uno interno y otro externo, situados, como en la mano, en el espesor del ligamento glenoideo; los sesamoideos interfalángicos del dedo gordo, situados en dirección transversal por debajo de la articulación de la primera falange con la segunda y los sesamoideos metatarso falángicos del segundo y quinto dedos que presentan la misma disposición que en la mano, pero son menos frecuentes y de menor tamaño.

Sesamoideos intratendinosos: Son todavía mucho más variables que los sesamoideos peri articulares.

- En el miembro superior no los hay en estado normal.
- En el miembro inferior encontramos: la rótula, desarrollada en el interior del cuádriceps crural; el sesamoideo del gemelo externo; el sesamoideo del tibial posterior y el sesamoideo del peroneo lateral largo. Estos tres últimos muy variables. <sup>(3)</sup>

### **I.1.2 MÚSCULOS Y FASCIAS**

Los músculos de la pierna son, en general, músculos alargados y delgados con un largo tendón que se dirige al pie cruzando la articulación del tobillo.

A nivel del tobillo, la fascia presenta una serie de especializaciones para sujetar los tendones que van al pie denominados retináculos. <sup>(8)</sup>

### **I.1.2.1 MÚSCULOS DE LA PIERNA**

#### a) Compartimento anterior de la pierna

- Músculo tibial anterior

Forma y situación.- Es un músculo largo y fusiforme que se dispone en la zona más medial de la celda anterior de la pierna, lateralmente respecto al borde anterior de la tibia.

Inserciones y trayecto.- Se origina de los dos tercios superiores de la cara lateral de la tibia y de la porción próxima de la membrana interósea. Se inserta en la superficie interna de la cuña medial y en la base del primer metatarsiano.

Función.- Es flexor dorsal del tobillo y cuando actúa junto el tibial posterior participa en la inversión del pie.

Inervación.- Recibe ramas del nervio peroneo profundo y situado lateralmente al tibial anterior.

- Músculo extensor del primer dedo

Forma y situación.- Es un músculo alargado y aplanado situado lateralmente al tibial anterior.

Inserciones y trayecto.- Se origina en la parte medial de la cara anterior del peroné y de la membrana interósea vecina. Termina en la base de la falange distal del mismo dedo.

Función.- Como indica su nombre, es extensor del primer dedo, especialmente de la articulación metatarso falángica. Además, contribuye además contribuye de forma significativa a la flexión dorsal del pie en la articulación del tobillo.

Inervación.- Recibe ramas del nervio peroneo profundo, que le aportan fibras de L5 y S1.

- Músculo extensor largo de los dedos

Forma y situación.- Es un músculo alargado destinado a los cuatro últimos dedos. Se sitúa en la celda anterior de la pierna lateralmente y cubriendo parte al extensor largo del primer dedo.

Inserciones y trayecto.- Se origina de los dos tercios superiores de la superficie anterior del peroné y alcanzan también la parte más superior de la membrana interósea y el cóndilo externo de la tibia. De la caperuza extensora se originan tres lengüetas fibrosas, una media que se inserta en la base de la falange media y dos laterales que alcanzan la base de la falange distal.

Función.- Es extensor de los cuatro dedos laterales, principalmente a nivel de las articulaciones metatarso falángicas, pero también colabora con los lumbricales en la extensión de las articulaciones interfalángicas. Debido a su trayecto por el tobillo, puede colaborar en la flexión dorsal del pie.

Inervación.- Recibe ramas del nervio peroneo profundo, que le aportan fibras de L5 y S1.

- Músculo tercer peroneo

Forma y situación.- Es un pequeño vientre muscular aplanado situado en la parte más lateral e inferior de la celda anterior de la pierna, asociado al margen lateral de la parte inferior del extensor largo de los dedos.

Inserciones y trayecto.- Se origina de la parte anterior del tercio inferior de la diáfisis del peroné. Termina en la cara medial de la base del quinto metatarsiano.

Función.- Es un débil flexor dorsal y eversor del pie.

Inervación.- Recibe ramas del nervio peroneo profundo que le aportan fibras de L5 y S1.

#### b) Compartimento lateral de la pierna

- Músculo peroneo largo

Forma y situación.- Es un músculo fusiforme fino y alargado que se continúa por un potente tendón que recorre el margen externo y la planta del pie.

Inserciones y trayecto.- Posee una inserción pequeña en la cara lateral del cóndilo lateral de la tibia y otra inserción mucho más amplia en la cabeza y en los dos tercios superiores de la

superficie lateral del cuerpo del peroné. Entre las inserciones de la cabeza y del cuerpo del peroné se labra un túnel osteofibroso por donde atraviesa el nervio peroneo.

Función.- Es un flexor plantar en la articulación del tobillo. En el pie es un motor primario del movimiento de eversión y desempeña un papel importante junto con los músculos tibiales en el mantenimiento de la bóveda plantar.

Inervación.- Recibe ramas del nervio peroneo superficial, que le aportan fibras de L5 y S1.

- Músculo peroneo corto

Forma y situación.- Es similar pero más pequeño que el peroneo largo. Se sitúa en la celda externa de la pierna tapizado por el peroneo largo.

Inserciones y trayecto.- Se origina de los dos tercios inferiores de la cara lateral del cuerpo del peroné. Termina insertándose en la base del quinto metatarsiano.

Función.- Interviene a nivel del tobillo en la flexión plantar y a nivel del pie interviene en el movimiento de eversión (pronación y separación).

Inervación.- Recibe ramas del nervio peroneo superficial, que le aportan fibras de L5 y S1.

### c) Compartimento posterior de la pierna

#### Tríceps sural

Es un potente complejo muscular formado por tres cabezas, el soleo, el plantar (plantar delgado) y el gastrocnemio, que a su vez consta de una cabeza lateral y otra medial.

- Músculo gastrocnemio

Forma y situación.- El gastrocnemio consta de dos cabezas (musculo gemelo), una lateral y otra medial que poseen un voluminoso vientre muscular ovoide palpable bajo la piel a ambos lados de la parte alta del dorso de la pierna. Inserciones y trayecto.- Cada vientre arranca de la cara lateral del cóndilo femoral correspondiente. Los dos vientres musculares convergen en la línea media para unirse a una potente lámina tendinosa que se va a fusionar con el tendón del sóleo.

- Músculo sóleo

Forma y situación.- Como su nombre indica, el sóleo es una lámina muscular en forma de suela que se dispone profundamente respecto a los vientres del gastrocnemio.

Inserciones y trayecto.- Posee una línea arqueada de inserción que incluye la línea oblicua de la tibia, la cara posterior del tercio superior del cuerpo del peroné y una arcada fibrosa, arco tendinoso del sóleo, que une a los dos inserciones óseas anteriores.

- Músculo plantar

Forma y situación.- Es un pequeño vientre fusiforme, inconstante, que se dispone profundo al vientre lateral del gastrocnemio y superficialmente al sóleo.

Inserciones y trayecto.- Se origina de la cara externa del cóndilo externo del fémur y forma un diminuto vientre muscular que se prolonga por un fino tendón que se desliza entre el sóleo y el gastrocnemio siguiendo un trayecto oblicuo hacia abajo y hacia dentro. Se inserta independientemente en la extremidad posterior del calcáneo por medio del tendón calcáneo.

Función.- La acción conjunta del tríceps sural es la flexión plantar del pie a nivel de la articulación del tobillo.

Inervación.- Todas las cabezas del tríceps reciben ramas independientes del nervio tibial, que aportan fibras de S1 y S2.

- Músculo poplíteo

Forma y situación.- Es un músculo pequeño con forma triangular que se dispone dorsalmente a la articulación de la rodilla.

Inserciones y trayecto.- Se origina de la cara externa del cóndilo externo del fémur, en una fosa que lleva su nombre situada por debajo y por detrás del epicóndilo. Cuando sobrepasa la articulación, el músculo se inserta en la cara posterior de la tibia inmediatamente por encima de la línea oblicua del sóleo.

Función.- Es un rotador medial de la pierna. Cuando la pierna está apoyada en el suelo, el poplíteo interviene como iniciador de la flexión rotando lateralmente el fémur para deshacer la posición de cierre de la articulación de la rodilla.

Inervación.- Recibe ramas del nervio tibial, que le aportan fibras de L5.

- Músculo flexor largo de los dedos

Forma y situación.- Es un músculo alargado situado en el margen medial del plano profundo del dorso de la pierna.

Inserciones y trayecto.- Se origina del tercio medio de la cara posterior de la tibia y desciende, inicialmente, medial al músculo tibial posterior, pero en el tercio inferior de la pierna lo cruza por detrás para seguir, ya en forma de tendón, por su margen lateral. Termina en la falange distal de los dedos, después de atravesar los tendones del flexor corto de los dedos, de forma similar a lo que ocurre en la extremidad superior con los tendones de los flexores superficial y profundo de los dedos.

Función.- Como indica su nombre, es un flexor de los cuatro últimos dedos que actúan en las articulaciones metatarso falángicas e interfalángicas. En el tobillo puede contribuir a la flexión plantar.

Inervación.- Se inerva por ramas del nervio tibial, que le aportan fibras de L5, S1 y S2.

- Músculo tibial posterior

Forma y función.- Es un músculo alargado que se sitúa en el plano profundo del dorso de la pierna interpuesto entre el flexor largo de los dedos y el flexor largo del primer dedo.

Inserciones y trayecto.- Se origina de la zona superior de las caras posteriores de la tibia, del peroné y de la membrana interósea que los une. Se continúa con un tendón que contornea por detrás al maléolo medial para alcanzar la planta del pie.

En su trayecto por la planta del pie el tendón del tibial posterior camina bajo la cabeza del astrágalo y del ligamento calcaneonavicular plantar y termina insertándose en el tubérculo del navicular y en la base de la cuña medial.

Función.- En el tobillo participa débilmente en el movimiento de flexión plantar. En el pie, actuando conjuntamente con el tibial anterior y el peroneo largo, interviene en la redistribución de la cargas a lo largo del arco transversal.

Inervación.- Recibe ramas del nervio tibial, que le aportan fibras procedentes de L4 y L5.

- Músculo flexor largo del primer dedo

Forma y situación.- Es un músculo largo y potente que se sitúa en el margen lateral del plano profundo del dorso de la pierna tapado por el sóleo.

Inserciones y trayecto.- Se origina de la cara posterior del tercio medio del peroné y de la membrana interósea próxima. Termina en la base de la falange distal del primer dedo.

Función.- Flexiona el primer dedo en todas sus articulaciones. En el tobillo, por su trayecto, puede contribuir a la flexión plantar del pie.

Inervación.- Recibe ramas del nervio tibial, que le aportan fibras procedentes de S1 y S2. <sup>(12)</sup>

### **I.1.2.2 MÚSCULOS DEL PIE**

Los músculos del pie se distribuyen en dos regiones: músculos de la región dorsal del pie y músculos de la región plantar.

#### **a) Región dorsal del pie**

Consta de dos músculos: el extensor corto de los dedos y el extensor corto del dedo gordo; clásicamente el conjunto de ambos músculos se conoce como musculo pedio. <sup>(5)</sup>

- Músculo extensor corto de los dedos

Origen.- Cara dorsal del calcáneo y seno del tarso.

Inserción.- Aponeurosis dorsal del segundo al cuarto dedo, se unen al tendón del musculo extensor largo correspondiente a la altura de la articulación metatarso falángica.

Inervación.- Ramo lateral del nervio peroneo profundo.

Función.- Extensión dorsal del segundo al cuarto dedo sobre el metatarso.

- Músculo extensor corto del dedo gordo

Origen.- Cara dorsal y lateral del calcáneo y fascículos fibrosos del seno del tarso.

Inserción.- Base de la falange proximal del primer dedo.

Inervación.- Ramo lateral del nervio peroneo profundo.

Función.- Extensión del dedo gordo sobre el metatarso.

#### **b) Región plantar del pie**

Los músculos de la región plantar se insertan en estructuras ubicadas en esta región. Se dividen en un grupo medial (músculos del dedo gordo), un grupo lateral (músculos del quinto dedo) y un grupo mediano (músculos del segundo al cuarto dedo).<sup>(7)</sup>

- **Grupo muscular medio:**

Este grupo consta de trece músculos, que están separados de los grupos musculares lateral y medial por tabiques fibrosos intermusculares, que se extienden desde la aponeurosis plantar hasta el plano esquelético.

Los músculos se disponen en tres planos: un plano profundo o plano de músculos interóseos; un plano medio formado por los músculos cuadrado plantar y lumbricales, y un plano superficial formado solo por el músculo flexor corto de los dedos.<sup>(9)</sup>

Plano profundo:

Músculos interóseos.- Los músculos interóseos ocupan los espacios interóseos del metatarso y se dividen en dorsales y plantares.

- **Músculos interóseos dorsales**

Forma, situación y trayecto.- Los músculos interóseos dorsales son músculos cortos en forma de prisma triangular. Son cuatro y ocupan los cuatro espacios interóseos del metatarso. Se extienden desde los espacios interóseos del metatarso hasta las falanges proximales de los dedos segundo, tercero y cuarto.

Inserciones y descripción.- Cada uno de los músculos interóseos dorsales se inserta en las caras colaterales de los dos huesos metatarsianos que limitan el espacio interóseo en que se halla situado el músculo. Los músculos interóseos dorsales primero y segundo terminan, por lo tanto, en la falange proximal del segundo dedo; el tercero y el cuarto, lo hacen en la falange proximal de los dedos tercero y cuarto respectivamente.

Acción.- Los músculos interóseos dorsales separan los dedos del eje del pie.

- **Músculos interóseos plantares**

Forma, situación y trayecto.- Presentan la misma forma que los músculos interóseos dorsales, pero se hallan menos desarrollados que estos. Son tres y se denominan primero, segundo y tercero contando de medial a lateral.

Inserciones y descripción.- Nacen de los tres últimos huesos metatarsianos y se insertan:

-En la parte inferior de la cara medial del hueso metatarsiano.

-En el borde inferior y en la base de esos mismos huesos metatarsianos.

Acción.- Los músculos interóseos flexionan la falange proximal de los dedos. Además, los músculos interóseos dorsales separan los dedos del eje del pie, es decir, del segundo dedo; los músculos interóseos plantares aproximan los tres últimos dedos a dicho eje.

-Plano medio

Este plano está constituido por cinco músculos anexos al musculo flexor largo de los dedos. Se trata de los cuatro músculos lumbricales y el musculo cuadrado plantar.

- Músculo cuadrado plantar o flexor accesorio

El músculo cuadrado plantar es corto, aplanado y cuadrilátero; se halla situado en la parte posterior del pie, en el mismo plano que los tendones del musculo flexor largo de los dedos. Sus fibras son casi paralelas y se extienden desde el calcáneo hasta el tendón del musculo flexor largo de los dedos. Presenta dos fascículos:

- a) El fascículo medial se inserta por medio de fibras musculares en la parte inferior del canal calcáneo y en la apófisis medial de la tuberosidad de este hueso.
- b) Fascículo lateral se inserta por medio de un tendón aplanado en la apófisis lateral de la tuberosidad del calcáneo.

La inserción se realiza en las dos caras del tendón del músculo flexor largo de los dedos, especialmente en su cara profunda o superior.

Acción.-El músculo cuadrado plantar corrige la desviación que el músculo flexor largo de los dedos ocasionaría en el movimiento de flexión de los dedos debido a su oblicuidad. Produce también una débil flexión de los cuatro últimos dedos.

-Plano superficial

Este plano está formado únicamente por el musculo flexor corto de los dedos.

- Músculo flexor corto de los dedos

Forma, situación y trayecto.- Se trata de un músculo alargado, aplanado y estrecho, que es grueso en su parte posterior y delgado anteriormente, donde se divide en cuatro tendones.

Inserciones y descripción.- Nace por medio de fibras musculares y tendinosas: a) de la apófisis de la tuberosidad del calcáneo y de la parte cercana a su cara inferior; b) aproximadamente del tercio posterior de la cara profunda de la aponeurosis plantar, y c) de los tabiques intermusculares medial y lateral que separan el músculo flexor corto de los dedos de los grupos musculares plantares lateral y medial.

Acción.- Este musculo flexiona la falange media de los cuatro últimos dedos sobre la falange proximal, y esta sobre el hueso metatarsiano correspondiente.

Grupo muscular medial

Este grupo consta de tres músculos: el abductor del dedo gordo, el flexor corto del dedo gordo y el aductor del dedo gordo. Están dispuestos en dos planos, uno superficial y otro profundo.

1. Plano profundo. Lo forman los músculos flexor corto del dedo gordo y aductor del dedo gordo.

- Músculo flexor corto del dedo gordo

Forma, situación y trayecto.- Se trata de un musculo corto y grueso, simple en su parte posterior y bifurcado en su inserción anterior. Se halla situado plantarmente al primer hueso metatarsiano, y se extiende desde la segunda fila del tarso hasta el dedo gordo.

Inserciones y descripción.- Se inserta por medio de fibras tendinosas a) en el borde inferior de los huesos cuneiformes intermedio y lateral; b) en el hueso cuboides y en el ligamento calcaneocuboideo plantar, y c) en las expansiones plantares del musculo tibial posterior.

Acción.- Es flexor del dedo gordo.

- Músculo aductor del dedo gordo

Forma, situación y trayecto.- Este músculo se halla situado lateralmente al músculo flexor corto del dedo gordo. Lo forman dos cabezas: la cabeza oblicua y la cabeza transversa. Una se inserta en el tarso y otra en el metatarso, desde donde ambas se dirigen hacia el primer dedo.

Inserciones y descripción.- La cabeza oblicua nace: a) de la tuberosidad del hueso cuboides y del ligamento plantar largo; b) del hueso cuneiforme lateral, y c) de la base de los metatarsianos tercero y cuarto.

Acción.- Mediante sus dos fascículos este músculo actúa como flexor y aductor el dedo gordo.

Plano superficial.

- Músculo abductor del dedo gordo

Forma, situación y trayecto.- Es alargado, aplanado y grueso en su parte posterior. Ocupa toda la longitud del borde medial de la región plantar y une el calcáneo con el dedo gordo.

Inserciones y descripción.- Este músculo nace: a) de la apófisis medial de la tuberosidad del calcáneo; b) de la parte inferior del retináculo de los músculos flexores; c) de la cara profunda de la aponeurosis plantar, y d) del tabique intermuscular medial, que lo separa del músculo flexor corto de los dedos. Estas inserciones se efectúan por medio de fibras tendinosas que se unen a una lámina ancha y delgada en la cara profunda del músculo.

Acción.- Este músculo es flexor y abductor del dedo gordo.

Grupo muscular lateral.

Al igual que el grupo medial, el grupo lateral consta también de tres músculos: el abductor del dedo pequeño, el flexor corto del dedo pequeño y el oponente del dedo pequeño. Se distribuyen en un plano profundo y otro superficial.

Plano profundo. Consta de dos músculos: el músculo flexor corto del dedo pequeño y el músculo oponente del dedo pequeño.

- Músculo flexor corto del dedo pequeño

Forma, situación y trayecto.- El músculo flexor corto del dedo pequeño es corto y fusiforme; se halla situado a lo largo del borde lateral del quinto hueso metatarsiano, y se extiende desde la segunda fila del tarso hasta el quinto dedo.

Inserciones y descripción.- Nace por medio de una corta lámina tendinosa: a) de la vaina del músculo peroneo largo y b) de la base del quinto hueso metatarsiano.

Se dirige anteriormente a lo largo del quinto hueso metatarsiano, al cual cubre; se inserta mediante un tendón aplanado en la cara inferior de la base de la falange proximal del dedo pequeño y sobre el ligamento plantar de la articulación metatarso falángica.

Acción.- Es flexor de la falange proximal del dedo pequeño. <sup>(5)</sup>

- Músculo oponente del dedo pequeño

Forma, situación y trayecto.- Es un fascículo muscular corto y aplanado; se halla situado lateralmente al músculo flexor corto del dedo pequeño, con el cual suele fusionarse.

Inserciones y descripción.- Sus inserciones posteriores se confunden con las del músculo flexor corto del dedo pequeño y se efectúan en la vaina del músculo peroneo largo. El tendón de origen presenta continuidad con las fibras musculares, que se dirigen hacia el borde lateral del quinto hueso metatarsiano, en el cual se insertan.

Acción.- Desplaza medialmente el quinto hueso metatarsiano.

Plano superficial. En este plano se sitúa únicamente el músculo abductor del dedo pequeño. <sup>(6)</sup>

- Músculo abductor del dedo pequeño.

Forma, situación y trayecto.- Está situado a lo largo del borde lateral de la región plantar; es alargado y mucho más grueso posterior que anteriormente. Se extiende desde el calcáneo hasta el dedo pequeño.

Inserciones y descripción.- Se inserta en la cara lateral de la base de la falange proximal del dedo pequeño. Muy a menudo algunas de sus fibras se detienen a su paso sobre la tuberosidad del quinto hueso metatarsiano.

Acción.- Es flexor y abductor del dedo pequeño.

### **I.1.3 ARTICULACIONES DEL PIE**

a) Talocrural (tibioperoneoastragalina).

La articulación talocrural es la articulación del tobillo, es una sinovial y está formada por las siguientes superficies articulares: arriba, la superficie distal de la tibia, cuadrilátera, y los maléolos peroneo (lateral) y tibial (medial), y abajo la cara superior del astrágalo con la tróclea astragalina.

Los dos maléolos forman una pinza para la tróclea astragalina, que está recubierta por cartílago hialino. <sup>(10)</sup>

- Ligamento colateral medial (deltoideo).- Es de aspecto triangular y grueso (aprox. 0,5 cm) y se extiende sobre la cara medial del maléolo tibial.

Está formado por cuatro porciones:

Porción tibionavicular: Corresponde a las fibras que se extienden desde el maléolo medial hasta las caras dorsal y medial del hueso navicular.

Porción tibiocalcánea: Está formada por fibras que se extienden desde el maléolo medial al sustentáculo del astrágalo.

Porción tibioastragalina anterior: Corresponde a las fibras que van desde el maléolo medial hasta la cara medial del cuello del astrágalo.

Porción tibioastragalina posterior: Son las fibras que se extienden desde el maléolo medial hasta la apófisis posterior del astrágalo. <sup>(7)</sup>

- Ligamento colateral lateral.- Está formado por tres fascículos:

-Ligamento astragaloperoneo anterior: Conformado por fibras de tejido conjuntivo aplanadas y de aspecto cuadrilátero, que unen el borde anterior del maléolo lateral con la cara lateral del cuello del astrágalo.

-Ligamento astragaloperoneo posterior: Sus fibras se extienden desde la fosa maleolar en el maléolo lateral hasta el tubérculo lateral del astrágalo, pasando por debajo de los tendones de los músculos peroneos.

-Ligamento calcaneoperoneo: Se extiende en dirección oblicua y posterior desde el vértice del maléolo lateral hasta la cara lateral del calcáneo por encima y detrás de la tróclea peronea. <sup>(9)</sup>

b) Subtalar (subastragalina o talocalcánea)

Es una articulación sinovial, formada entre la cara inferior del astrágalo y la cara superior del calcáneo. Las superficies articulares están conformadas por las caras articulares anterior y media del astrágalo (convexas) y del calcáneo (cóncavas), y la cara articular posterior de cada uno de estos dos huesos. La capsula articular esta reforzada por los ligamentos que se describen a continuación.

- Ligamento astragalocalcáneo lateral

Este ligamento se extiende desde la tróclea del astrágalo (cara lateral) hasta la cara lateral del calcáneo y está cubierto parcialmente por el ligamento calcaneoperoneo.

- Ligamento astragalocalcáneo medial

El ligamento astragalocalcáneo medial se extiende desde el tubérculo medial de la apófisis posterior del astrágalo hasta el sustentáculo del astrágalo. <sup>(11)</sup>

## **I.2 BIOMECÁNICA DEL PIE Y TOBILLO**

Se considera el pie como un soporte para la posición bípeda por ser una estructura tridimensional variable, base del servomecanismo debido a la propioceptividad originada en la planta del pie mediante el efecto de la dorsiflexión del pie sobre la membrana interósea. <sup>(12)</sup>

Con el pie en posición neutral, las fibras de la membrana interósea están en posición oblicua, y la tibia y el peroné están razonablemente cerca, con la dorsiflexión del pie, la más ancha posición anterior del astrágalo para los maléolos y endereza la dirección de las fibras de la membrana interósea, permitiendo la separación de ambos huesos y la elevación del peroné. La tibia continúa descargando el peso sobre el astrágalo.

-Ligamento tibioperoneo.

Angulación de las fibras del ligamento interóseo con el pie en posición de flexión plantar. En esta posición, el astrágalo tiene su estrecha cara posterior entre los maléolos tibial y peroneo, y las fibras están en posición oblicua, con el pie en posición de dorsiflexión, la más ancha cara anterior del astrágalo esta entre los maléolos, colocándose las fibras en posición horizontal; el peroné se desplaza lateralmente. <sup>(13)</sup>

### **I.2.1 RELACIÓN DE LOS LIGAMENTOS COLATERALES CON SU EJE DE ROTACIÓN**

El eje medial de rotación es excéntrico y medial central, dando lugar a cambios de los ligamentos colaterales y laterales durante la flexión plantar y la dorsiflexión.

-Eje de rotación del astrágalo.

La vista anterior de la articulación del tobillo muestra el astrágalo entre los maléolos del peroné y la tibia. Grado de desviación lateral ( $16^\circ$ ) del astrágalo y su eje de rotación. Cara ancha del astrágalo frente a anchura posterior.

-Ligamento peronéo astragalino anterior durante la flexión plantar. - En la flexión plantar externa, el ligamento peronéo astragalino anterior se sitúa casi en posición vertical ( $75^\circ$  respecto de la línea horizontal).

-Desplazamiento lateral medial del tobillo.

En un valgo pronunciado del pie, el ligamento colateral lateral se prolonga, y el calcáneo se desplaza levemente sobre el astrágalo en dirección del valgo dentro de la mortaja, en el varo sucede lo contrario, estirándose los ligamentos colaterales mediales.

-Articulación astrágalo calcánea.

Buena parte de la inversión y eversión del pie se produce en la articulación astrágalo calcánea. La carga sobre el pie soporta el astrágalo, el cual se apoya en los dos tercios anteriores del calcáneo.

La articulación posterior de la cara superior del calcáneo es convexa, y la cara articular de la cara inferior del astrágalo es cóncava; esta relación forma una articulación incongruente que permite leves grados de inversión y eversión. Cuando la articulación del tobillo esta "cerrada", con el pie ampliamente dorsiflexionado, todo el movimiento en valgo y varo en el pie inferior se produce en la articulación astrágalo calcánea. <sup>(14)</sup>

### **I.2.2 Principales articulaciones funcionales de carga del pie**

Las tres principales unidades funcionales del pie que soportan la carga son la articulación subastragalina, situada entre el astrágalo y el calcáneo; la mediotarsiana, situada entre el astrágalo y los huesos navicular y cuneiforme; y las articulaciones metatarso falángicas.

-Centro de gravedad de los pies en carga.

El centro de gravedad se encuentra a medio camino entre los dos huesos naviculares de los pies que, en bipedestación normal, hacen que los pies se abran normalmente en un ángulo de  $30^\circ$ . <sup>(15)</sup>

-Relación de la articulación del tobillo con el centro de gravedad.

El eje de rotación de la articulación del tobillo es posterior al centro de gravedad del pie. El brazo de palanca del talón es más corto que el del antepié; así, se produce cierta rotación de la porción posterior del antepié.

-Ligamentos astrágalo calcáneos.

Hay dos ligamentos principales que conectan el astrágalo con el calcáneo: el ligamento astrágalo calcáneo interóseo y el ligamento astrágalo calcáneo lateral.

-Prevención del desplazamiento anterior de la pierna sobre el pie.

La gravedad y el peso corporal tienden a ejercer una fuerza de desplazamiento anterógrada de la tibia sobre el astrágalo y del astrágalo sobre el calcáneo. Esta fuerza de desplazamiento es minimizada por los dorsiflexores del tobillo y los flexores plantares.

-Articulación astragaloescafoidea.

La cabeza redondeada del astrágalo encaja en la cara acampanada del navicular. El movimiento de esta articulación consiste en la rotación sobre un eje, de descenso anterógrado y medial. Es posible cierto deslizamiento, lo que permite la inversión y la eversión.

-Limitación mecánica de la eversión y la inversión.

Cuando el astrágalo se encuentra fijo en la mortaja de la tibia y el peroné, la inversión y eversión son limitadas. Se produce una protrusión mecánica de la apófisis superior del calcáneo en la apófisis inferior del astrágalo en la inversión. La eversión está limitada por un ligamento.

-Articulación calcáneo cuboidea.

La articulación entre el calcáneo y el cuboide es una articulación accesoria formada por la cara anterior del calcáneo, que es convexa. El calcáneo se inserta en la superficie cóncava de la cara posterior del cuboide. Esto permite cierta inversión y eversión.

-Articulación transversa del tarso.

Los movimientos en torno a esta articulación incluyen la supinación y la pronación, la abducción y aducción, e inversión-eversión. La inversión es una combinación de supinación y aducción, y la eversión es una combinación de pronación y abducción. La inversión y la eversión conllevan el movimiento de todo el pie, excepto del astrágalo, e implican a todas las articulaciones localizadas debajo y enfrente del astrágalo.

-Tendón tibial posterior.

El tendón tibial posterior emerge de los dos tercios superiores de la membrana interósea entre la tibia y el peroné, y se une a la base del segundo, tercero y cuarto metatarsianos. Se comporta como una polea, produciendo la flexión plantar y la inversión del pie.

-Mecanismo de la fascia plantar sobre el arco longitudinal.

El peso corporal lo soporta el astrágalo, que es el vértice del arco longitudinal. La carga sobre el calcáneo y las cabezas de los metatarsianos. El mecanismo de la fascia plantar es como el arco y la cuerda.

-Efectos de la extensión de los dedos sobre la fascia plantar.

El arco longitudinal se aplana cuando soporta peso. Efecto de la extensión del dedo sobre la fascia y el calcáneo. El arco debería aumentar, pero no lo hace debido al peso corporal. <sup>(13)</sup>

-Articulaciones metatarso falángicas.

Los extremos distales de los huesos metatarsianos están curvados de forma oblicua. Se articulan con los extremos proximales de las falanges, los cuales son cóncavos. Forman una articulación incongruente en cuanto a que presentan curvaturas diferente, y a la flexión en una posición neutral debe ser deslizante para que pueda darse la rotación en torno al eje de rotación de la cabeza metatarsiana.

-Movimientos de la articulación metatarso falángica.

El eje de rotación de la articulación es excéntrico y, por tanto, permite la flexión, que es posible a los 90°. La flexión inicial es un deslizamiento descendente hasta que se alcanza el centro de rotación, haciendo que el dedo se flexione. Es posible la hiperextensión (hasta 20°). Cuando la falange proximal se flexiona sobre el metatarsiano, se desliza hacia abajo antes de rotar.

-Función de los músculos extrínsecos del pie.

De los principales músculos extrínsecos del pie, los flexores plantares son los músculos gastrocnemio, sóleo, tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo gordo. La función principal de los tres últimos es la flexión plantar, pero el gastrocnemio y el sóleo son los principales flexores plantares.

-Acción de los flexores de los dedos.

Los tendones flexores del primer dedo cruzan dos articulaciones y “presionan” la falange distal contra el suelo. Se muestran los tendones flexores-flexor largo del dedo gordo y flexor corto del

dedo gordo. Los huesos sesamoideos dentro del flexor corto del dedo gordo actúan como punto de apoyo en la flexión. La acción flexora de los otros dedos cruza tres articulaciones y “agarra” el suelo al flexionarse. Los tendones son el flexor largo de los dedos y el flexor corto de los dedos.

-Función del músculo gastrocnemio.

La función del gastrocnemio es levantar todo el cuerpo en bipedestación mediante la flexión plantar del pie en el tobillo. Puesto que es oblicuo a la mortaja plantar, es también un potente supinador de la articulación subastragalina cuando el pie está apoyado en el suelo. Desacelera la dorsiflexión del tobillo y, cuando el pie está sobre el suelo, el origen y la inserción cambian de sitio.

El músculo sóleo al contrario que el gastrocnemio, el sóleo es un músculo de articulación única que no actúa sobre la rodilla. Con la rodilla flexionada, el sóleo es el principal flexor plantar del tobillo, mientras que el gastrocnemio resulta inoperante.

-Función de los músculos extrínsecos del pie.

El tibial posterior y el peronéo largo flexionan la planta del pie, y el tibial anterior y el extensor de los dedos dorsiflexionan el pie.

-Función del grupo lateral.

El grupo lateral contiene el peronéo largo y el peronéo corto, que nacen de la cara lateral del peroné, naciendo el largo más arriba en el peroné y siendo el más superficial. El peronéo largo discurre en profundidad por la superficie plantar del pie para insertarse en la base del primer metatarsiano, mientras que el peronéo corto se inserta en la base del quinto metatarsiano.

-Función del grupo anterior.

El grupo anterior de los músculos extrínsecos lo conforman el extensor largo de los dedos, el peronéo anterior, el extensor largo del dedo gordo y el tibial anterior. El tibial anterior su función consiste en dorsiflexionar e invertir el pie sobre el tobillo.

-Función del grupo posterior.

El grupo posterior de los músculos de la pierna se denomina también grupo femoral posterior, y se divide en músculos superficiales y profundos. Además el gastrocnemio y el sóleo, que comparten el grupo superficial que termina en el tendón de Aquiles, incluye el músculo plantar, situado entre el gastrocnemio y el sóleo.

-Función de los músculos intrínsecos del pie.

Los músculos intrínsecos del pie tienen su origen e inserción en el propio pie; movilizan las falanges, y flexionan y extienden las falanges proximales. <sup>(14)</sup>

### **I.2.3 El pie en la marcha normal**

La locomoción humana se ha comparado con una rueda en movimiento en la que dos de sus radios serían las piernas. El radio en contacto con el suelo constituye la fase de apoyo, y el radio que continua moviéndose en la fase de balanceo. La fase estante representa aproximadamente el 60% de la marcha, y la fase de oscilación el 40%.

Carga durante la marcha normal.

En el golpe de talón, la carga la soporta el calcáneo, y, a medida que avanza la marcha, se desplaza hacia delante hasta la cabeza metatarsiana del dedo gordo, y después, cuando el dedo se eleva, a la falange distal del mismo dedo.

#### **I.2.3.1 Ciclo de la marcha**

El 0% es el golpe de talón. A un 15%-20%, la rodilla se flexiona; se estira completamente al 30%, cuando el pie está del todo en pronación. Al 40%, el talón se levanta del suelo, y el pie se dorsiflexiona para separarse del suelo durante la fase de oscilación (70% al 100%).

El pie estático, antes de la marcha, soporta la carga en el talón y todos los dedos, siendo predominante el dedo gordo.

#### **I.2.3.2. Relación pie-tobillo durante la marcha**

Durante cada ciclo de la marcha el tobillo atraviesa cuatro arcos de movimiento. El tobillo flexiona alternativamente el dorso y la planta, produciéndose los tres primeros arcos durante la fase de apoyo y el cuarto durante la fase de balanceo. Cada arco oscila, de media, entre los 20° y los 40°.

-Puntos de carga del pie estático.

Durante la marcha, tras el golpe de talón, la carga soporta el pie, que realiza una ante versión hasta que la carga recae en la cabeza metatarsiana del dedo gordo, una vez que el dedo se eleva la carga recae en la falange distal del dedo gordo. <sup>(9)</sup>

-Movimiento subastragalino durante la fase medio estante de la marcha: Cuando la pierna rota hacia el interior y el exterior, el astrágalo permanece fijo en la rotación de la mortaja, dando lugar

al valgo y varo de talón en la articulación subastragalina entre los huesos cuboides, navicular y calcáneo.

-Supinación y pronación del pie y el tobillo durante la marcha: Cuando los dedos se elevan, el pie se dorsiflexiona y se supina debido a la acción muscular del músculo tibial anterior. La supinación ha comenzado con el golpe de talón, y el pie inicia la pronación cuando se alcanza la fase de apoyo intermedia.

Al alcanzarse la fase de apoyo intermedia con el pie apoyado, el pie queda fijado en el suelo; así, la rotación debe producirse en la articulación subastragalina, puesto que no es posible que el astrágalo rota en la mortaja. Cuando el pie entra ya en la fase de balanceo, se inicia la supinación y la dorsiflexión del pie. <sup>(15)</sup>

### **I.2.3.3.Determinantes de rotación de la marcha**

La extremidad inferior experimenta una rotación durante la marcha, además de la flexión y la extensión, y todas ellas afectan al pie y al tobillo. Cuando el miembro entra en la fase de balanceo, el fémur rota lentamente con lentitud, con la tibia rotando simultáneamente hacia dentro sobre el fémur. Esta rotación interna continua tras el golpe del talón hasta la fase de apoyo, y concluye cuando el pie está completamente apoyado en el suelo en la fase de apoyo intermedia. Este punto de marcha, la pierna comienza una rotación externa tanto de la tibia como del fémur, mientras que la pierna contraria inicia una rotación externa. <sup>(13)</sup>

#### **I.2.3.3.1 Articulares**

##### a) Articulaciones intertarsianas.

Este grupo de articulaciones está formado por la unión del escafoides con el cuboides, el escafoides con las cuñas, las cuñas entre si y el cuboides con la tercera cuña. Todas estas articulaciones son artrodias y actúan mecánicamente como una unidad funcional con poca movilidad. Su papel fundamental es actuar como articulaciones de amortiguación de las sollicitaciones mecánicas que experimenta el pie durante la marcha.

##### b) Articulación tarso metatarsiana o de Lisfranc.

Esta interlinea articular une los cinco metatarsianos al cuboides y a las tres cuñas.

Los movimientos de la articulación tarso metatarsiana se pueden deducir de la forma de la interlinea de Lisfranc, oblicua de dentro hacia fuera, de arriba abajo y de delante atrás. Esta

oblicuidad del eje de flexo-extensión de los metatarsianos contribuye a los movimientos de eversión-inversión.

c) Articulaciones Inter metatarsianas.

Son articulaciones planas de tipo artrodia. El I metatarsiano es independiente y los otros cuatro se articulan entre sí.

d) Articulaciones metatarso falángicas y interfalángicas.

Las articulaciones de los dedos del pie constituyen, junto con el tobillo. Las denominadas articulaciones de movimiento, indispensables para la marcha, la carrera y el salto. Las articulaciones metatarso falángicas son condíleas, bastante parecidas a las homologas de la mano, formadas por la cabeza del metatarsiano y la cavidad glenoidea de la base de la primera falange, ensanchada por abajo y atrás por el fibrocartilago glenoideo. Los movimientos de las articulaciones metatarso falángicas son de flexo-extensión y abducción-aducción. Estos últimos están mucho más limitados que en los dedos de la mano. La articulación metatarso falángica del 1° dedo tiene en su cara plantar el sistema gleno sesamoideo. Los sesamoideos dan inserción a los músculos cortos plantares y actúan como una rotula que mantiene el 1° dedo fuertemente presionado contra el suelo en posición de puntillas, con lo que conserva el equilibrio del cuerpo humano en esta postura. La articulación metatarso falángica gira sin trasladarse, como el volante de un vehículo durante la marcha. <sup>(16)</sup>

Por el contrario, las articulaciones metatarso falángicas de los cuatro últimos dedos, al no disponer de sistema gleno sesamoideo, cuando giran se trasladan como las ruedas de un automóvil.

Los movimientos de las interfalángicas son muy limitados y su función es complementar la articulación metatarso falángica en el sentido de facilitar la adaptación de los dedos al suelo como una ventosa. <sup>(14)</sup>

### **I.2.3.3.2 Musculares**

Desde un punto de vista global la musculatura del pie tiene tres funciones: conservación de la forma, acción anti gravitatoria y acción propulsora.

El simple tono muscular, sin que realmente exista actividad del músculo, es suficiente para que el individuo se mantenga en posición bipodal y luche contra la gravedad. <sup>(17)</sup>

La postura en pie y quieto es excepcional y el individuo suele realizar un cierto balanceo, para lo cual es necesario que los músculos se vayan contrayendo de forma alternante. Finalmente, la acción más importante de la musculatura del pie es su utilización para la marcha.

- Grupos musculares.

Distinguimos en el pie dos sistemas o grupos musculares: el sistema muscular extrínseco y el sistema muscular intrínseco.

-El sistema muscular extrínseco se divide en dos regiones o compartimentos merced a la existencia de la membrana interósea, que actúa como un tabique interpuesto entre la tibia y el peroné. El compartimento anterior está formado por los músculos extensores del pie y el tobillo, el compartimento externo lo constituyen los músculos peroneos, el compartimento posterior lo componen el tríceps sural con los músculos flexores y, finalmente, en el compartimento interno encontramos los músculos tibiales, en especial el tibial posterior.

-La musculatura intrínseca, también denominada sistema de los músculos cortos del pie y los dedos, está formada por los músculos que se fijan por sus dos extremos en los huesos del pie. Estos tienen como misión fundamental sostener el peso del cuerpo y mantener la bóveda plantar, todo ello con la ayuda de los ligamentos. <sup>(13)</sup>

#### **1.2.3.4 Biomecánica articular**

Desde un punto de vista funcional distinguimos en el pie dos tipos de articulaciones: las de movimiento, constituidas por el tobillo y las articulaciones metatarso falángicas e interfalángicas de los dedos, y las de adaptación, formadas por las restantes articulaciones del tarso posterior y el medio pie, cuya misión es adaptar el pie a la marcha por terrenos irregulares, desempeñando así un papel de amortiguación en las sollicitaciones mecánicas producidas durante la deambulación. La articulación del tobillo realiza esencialmente un movimiento de flexo-extensión de unos 40° de flexión plantar y 30° de flexión dorsal. La articulación subastragalina tiene un arco de movimiento normal entre 30° de eversión y 20° de inversión.

La aducción y la abducción consisten en aproximar la punta del pie hacia el eje medio del cuerpo o alejarla de él, respectivamente, sin modificar el plano horizontal de apoyo.

La pronación y la supinación son movimientos que se producen principalmente en las articulaciones de Chopart y Lisfranc. La pronación consiste en aproximar el primer dedo al suelo de manera que la planta del pie tienda a mirar hacia fuera; la supinación es el movimiento contrario. La pronación y la supinación se denominan también eversión e inversión, respectivamente.

Los movimientos de los dedos son simplemente de flexión plantar y dorsal. La amplitud del movimiento es más grande en el 1° dedo (35° de flexión y 80° de extensión). Las restantes articulaciones metatarsofalángicas tienen un movimiento tanto de flexión como de extensión de unos 40°. <sup>(14)</sup>

### **I.3 PIE PLANO**

Las deformidades del pie aparecen como consecuencia de alteraciones del arco transversal y longitudinal. <sup>(18)</sup>

En épocas anteriores existía gran preocupación entre padres y médicos acerca de los pies planos. Sin embargo, al conocerse la historia natural del desarrollo del pie infantil y saber que el pie plano flexible común, asociado con la laxitud articular, debe considerarse como una variante de la normalidad y no una incapacidad. <sup>(28)</sup>

Al nacer, la posición más común del pie es una ligera flexión dorsal y eversión, es decir, un leve calcáneo valgo. Al final del primer año, cuando el niño comienza a mantenerse en bipedestación, el pie casi siempre tiene un aspecto plano, debido especialmente a la presencia de una gran almohadilla adiposa en su cara interna-por debajo del escafoides- cuya existencia es normal, aunque puede parecer muy grande.

Entre 1 y 2 años de edad, el niño anda y se mantiene de pie de un modo característico: los pies están en eversión y rotación externa y, por lo tanto, tienen un aspecto muy plano, aunque ello no debe considerarse una anomalía. Entre los 2 y 3 años empieza a hacer su aparición el arco interno. <sup>(19)</sup>

#### **I.3.1 Causas e Incidencia**

El aplanamiento del arco longitudinal se produce de dos formas. Puede obedecer a la pérdida genuina del arco longitudinal: es el pie plano verdadero. También puede obedecer al hecho de que, a causa de la carga de peso, el pie gira hacia dentro de forma que su borde interno entra en

contacto con el suelo a causa de que la porción posterior del pie está en posición valgo: es el pie valgo.

Estos casos van acompañados a menudo de alguna anomalía morfológica de escasa importancia del esqueleto ósea, de tal manera que los huesos del tarso presentan una forma algo alterada. Esta anomalía puede estar localizada en cualquiera de las tres articulaciones del tarso, es decir, entre el astrágalo y el escafoides, entre el escafoides y la cuña interna o entre la cuña y la base del I metatarsiano. <sup>(20)</sup>

El pie plano es un pie con un arco longitudinal bajo o inexistente, asociado con frecuencia al incremento del valgo del talón (pie plano valgo). La clasificación del trastorno como deformidad flexible o rígida es muy útil. El pie plano flexible es más frecuente y en muchos pacientes, especialmente en los niños pequeños, representa una variación de la postura normal del pie. <sup>(21)</sup> Los pacientes con pie plano flexible muestran un arco visible cuando están sentados, sin restricción del movimiento subastragalino (inversión y eversión). El pie plano rígido se caracteriza por un aplanamiento persistente del arco longitudinal en posturas sin carga, con restricción del movimiento subastragalino. El pie plano flexible es en casi todos los casos bilateral, pero el pie plano rígido puede ser unilateral o bilateral.

Los pacientes con pie plano flexible a menudo son asintomáticos. Esta forma de afectación es casi universal durante la primera infancia. A lo largo del segundo decenio de vida, el paciente puede percibir un dolor sordo relacionado con la actividad física en la región del arco longitudinal. A menudo, los adolescentes con pie plano sintomático presentan una contractura asociada al tendón de Aquiles con limitación de la flexión dorsal del tobillo.

El pie plano que inicialmente es flexible puede evolucionar hacia una deformidad rígida. En los niños, esta progresión es más frecuente en el caso de enfermedades neuromusculares que cursan con hipotonía, o bien trastornos asociados a un incremento de la laxitud ligamentosa.

El pie plano idiopático grave puede transformarse en una deformidad rígida en los adolescentes y adultos obesos.

### **1.3.2 Signos y Síntomas**

Un pie plano flexible es asintomático. Si hay dolor, este no se presenta antes de la adolescencia o la madurez. El dolor se presenta a lo largo de la cara plantar del pie medio. <sup>(22)</sup>

Sin embargo, a veces la planta no se modela bajo el estímulo de la marcha. Conviene distinguir dos tipos principales de pies planos, directos o en valgo.

- a) Los primeros son simplemente hipotónicos. Se caracterizan por un hundimiento global del arco plantar cuyas partes blandas, musculares, son muy insuficientes y al no sostener las partes óseas hacen prominencia en el borde interno del pie. En reposo la palpación muestra flaccidez y falta de tono.
- b) En los pies planos valgus hay un giro externo del calcáneo, lo que produce un saliente astrágalo escafoideo interno. Este se aprecia en posición de pie, por efecto de la carga. Durante el reposo, esta desviación se reduce completamente y el astrágalo se esconde sin que este afectado su juego articular. <sup>(23)</sup>

### **I.3.3 Diagnóstico**

En el diagnóstico de los pies planos, el problema estriba en diferenciar entre la variante normal, asociada habitualmente a laxitud articular y para la cual no es necesario ningún tratamiento, y los pacientes con una anomalía significativa que provoca síntomas y donde es preciso el tratamiento, y que a menudo se debe a alguna causa subyacente que no se origina en el pie. <sup>(24)</sup>

Los autores afirmaron que las pruebas para investigar los pies planos deben estar relacionadas con la función, por lo cual han de ser dinámicas, más que estáticas. También aceptaron que en los niños pequeños eran normales todos los pies, siempre que no hubiera un grado importante de valgo y eversión. <sup>(25)</sup>

Destacaron que la prueba más útil para investigar la función dinámica del arco interno era la extensión del dedo gordo. En esta prueba, al dorsiflexionar activamente ese dedo debe ascender el arco interno, y la tibia ha de experimentar una rotación externa. El modo más sencillo de investigar si los pies planos de un niño son de tipo flexible normal consiste en lograr que se ponga de puntillas. Si al estar en esta posición se recuperan los arcos, las tibias rotan hacia fuera y los talones se colocan en varo, los pies son normales. <sup>(19)</sup>

Está indicada la realización de radiografías del pie en bipedestación en los pacientes con pie plano rígido o pie plano flexible sintomático. Las alteraciones características son la desviación medial del astrágalo en la radiografía anteroposterior y la flexión plantar del astrágalo en la proyección lateral. <sup>(26)</sup>

Diagrama de Carter y Wilkinson (1964) con las cinco pruebas de laxitud articular:

- a) Hiperextensión de los codos.
- b) El pulgar puede alcanzar la cara palmar del antebrazo.
- c) Los dedos extendidos pueden ponerse paralelamente al dorso del antebrazo.
- d) Los pies pueden alcanzar una flexión dorsal superior a los 30°.

e) Las rodillas se hiperextienden. <sup>(19)</sup>

No se necesitan radiografías en los niños asintomáticos. En las radiografías laterales del pie, en posición erguida, se observa la pérdida del arco longitudinal, con interrupción de la línea que conecta normalmente el eje medio del astrágalo y el primer metatarsiano. <sup>(22)</sup>

### **I.3.4. Clasificación**

#### **I.3.4.1. Pie plano transverso**

El pie plano transverso es la deformidad pédica más común y consiste en el aplanamiento del arco transverso. Se produce una extensión de los metatarsianos, dirigiéndose las cabezas de los metatarsianos 2. ° al 4. ° en sentido plantar. El aumento de la carga puede constatarse en el aumento de callosidades en la región de máximo apoyo de las cabezas metatarsianas. Debido a la separación de los metatarsianos, los nervios que discurren entre estos huesos pueden sufrir una tracción, pudiendo formarse pequeños nódulos dolorosos a la presión (neuralgia de Morton).

#### **I.3.4.2. Pie plano valgo flexible**

En el pie plano valgo flexible se aplanan el arco longitudinal solo bajo carga. El retropié (calcáneo) se inclina hacia dentro (posición en valgo). En el pie plano valgo flexible funcional, al ponerse de puntillas, el calcáneo se coloca de nuevo en su posición fisiológica en varo. El tratamiento consiste en una gimnasia intensiva del pie para fortalecer la musculatura de la bóveda plantar.

<sup>(18)</sup>

#### **I.3.4.3. Pie valgo**

Es el tipo más frecuente de “pie plano” y no existe en él una anomalía morfológica propiamente dicha, apareciendo simplemente en forma de giro del pie hacia dentro cuando sobre él descansa el peso del cuerpo. A menudo se comprueba una discreta rigidez del tendón de Aquiles, de forma que el pie, cuando está en supinación, no puede colocarse en flexión dorsal pasiva en ángulo recto y el contacto con el suelo solo se logra con el talón y disponiendo el pie en pronación.

Desde el punto de vista clínico, los pies en valgo se descubren a menudo por casualidad en el curso de un examen médico rutinario. La atención puede sugerir por el hecho del desgaste excesivo de los zapatos, los cuales abomban notoriamente en su lado interno.

#### **I.3.4.4. Pie plano espástico peroneal**

La causa puede obedecer a algún un foco infeccioso crónico, como la tuberculosis o una osteítis directa de alguno de los huesos del tarso, o bien, con mayor frecuencia, a la fusión congénita entre el calcáneo y el escafoides, o a la fusión calcaneoastagalina. Esta anomalía solo es visible, a menudo, en radiografías en proyección oblicua.

Algunas veces, el espasmo puede vencerse por relajación de los músculos bajo anestesia, después de los cual se aplica un vendaje enyesado de deambulacion en posición de hipercorrección por espacio de varias semanas. <sup>(20)</sup>

#### **I.3.4.5. Pie plano congénito**

Este es el término empleado para referirse a un pie plano presente desde el nacimiento. A veces el padecimiento no se manifiesta durante los primeros años de edad, pero por lo general se identifica al final del primero, o durante el segundo decenio de la vida. El típico pie plano flexible asintomático quizá sea una variante normal del arco longitudinal. Esta deformidad debe diferenciarse del pie plano flexible o semiflexible que presenta síntomas, el cual casi siempre comienza a presentar síntomas durante los primeros diez años de vida. Estos individuos presentan un pie bastante flexible hasta la adolescencia, momento en el cual el pie adquiere con frecuencia un poco más de rigidez y casi siempre presenta síntomas.

#### **I.3.4.6. Pie plano adquirido**

El pie plano adquirido es un padecimiento del pie que alguna vez tuvo arco longitudinal funcionando de manera normal.

En el adulto, la deformidad por pie plano adquirido es de carácter multifactorial y se puede atribuir a lo siguiente:

- 1) Disfunción del tendón tibial posterior.
- 2) Artrosis de las articulaciones tarsometatarsianas, que puede ser primario o secundaria a una fractura de Lisfranc.
- 3) Alteraciones de Charcot en la porción medial del pie como resultado de una neuropatía periférica.
- 4) Aplanamiento astragalonavicular resultante de un traumatismo o artritis reumatoide. <sup>(24)</sup>

### **I.3.5. Tratamiento**

El pie flexible asintomático no requiere tratamiento. Las modificaciones en el calzado y los dispositivos ortopédicos no han demostrado cambiar la forma del pie. (24). En los pacientes sintomáticos con pie plano flexible, los soportes longitudinales del arco y los ejercicios de estiramiento de los ligamentos de las corvas alivian la molestia. (22)

El pie plano aparecido durante la infancia puede corregirse mediante una plantilla y la fisioterapia adecuada.

En el pie plano contracto del adulto, las molestias pueden disminuirse exclusivamente mediante la utilización de una plantilla.

En el pie plano directo la evolución es favorable hacia una recuperación progresiva con el crecimiento, tal vez ayudada por una actividad deportiva de soporte. (23)

En los niños pequeños (menos de 3 años) algunos autores indican las taloneras (de Helfet) para tratar de corregir el valgismo (eversión) del retropié.

En los niños mayores y hasta la adolescencia se indica el uso de soportes plantares, que tratan de modelar los arcos, sobre todo el longitudinal interno y el transversal metatarsiano, agregando, según las circunstancias, cuñas correctivas (supinadora posterior y/o pronadora anterior) ya sea en los soportes o en el propio calzado.

Hay quienes aconsejan el tratamiento quirúrgico de los pies planos flácidos considerando razones estáticas, por causas dolorosas o porque se desean prevenir efectos secundarios. (28)

Las operaciones propuestas pueden ser de las partes blandas, incluidas transferencias tendinosas y óseas, con osteotomías especialmente del calcáneo, pero evitando las artrodesis hasta pasada la adolescencia, es decir la maduración esquelética del pie.

En cambio, la mayoría de los autores aconsejan el tratamiento quirúrgico del pie contractado. (29)

En muchos casos el tratamiento consiste en ejercicios para fortalecer los músculos intrínsecos, y en el uso de plantilla de apoyo de cuero modelado. Raras veces se requiere el tratamiento quirúrgico. (20)

Puede estar indicado el uso de unas plantillas ortopédicas con cuña supinadora posterior y pronadora anterior, que ayudan a una reeducación apropiada. (23)

## **I.4 SENSIBILIDAD**

La sensibilidad es la capacidad de nuestro organismo para percibir, en forma de sensaciones, los diferentes estímulos del ambiente externo o del interior de nuestro propio cuerpo.

El sistema nervioso es el encargado de regular esta función (tanto central como el periférico), el estímulo da lugar a la generación de una sensación, gracias a la cual el organismo la reconoce.

(30)

### **1.4.1. Receptores sensoriales**

#### **Terminaciones libres**

Son terminaciones de fibras delgadas (fibras C) que se ramifican y distribuyen en distintos tejidos.

Encontramos este tipo de ramificaciones en las vísceras, en las meninges, en los vasos, en las membranas serosas y en la córnea.

#### **Terminaciones encapsuladas**

Son terminaciones nerviosas rodeadas por una cubierta de células especializadas. Forman parte de este grupo los corpúsculos de Meissner, que son receptores del tacto; los corpúsculos de Pacini y los de Golgi Mazzoni, que son receptores de la presión, y los bulbos de Krause y los corpúsculos de Ruffini; como receptores térmicos.

#### **Corpúsculos de Meissner.**

Están situados en la porción más superficial de las papilas dérmicas, en contacto íntimo con la epidermis. Son más numerosos en los sitios de mayor sensibilidad discriminativa, como los pulpejos de los dedos o los labios.

#### **Corpúsculo de Paccini.**

Son las terminaciones encapsuladas de mayor tamaño; en el momento del nacimiento miden medio milímetro aproximadamente, para alcanzar un tamaño de hasta tres milímetros en el adulto.

Los corpúsculos de Pacini son abundantes en la capa profunda de la epidermis, en los músculos, alrededor de los tendones, en las articulaciones y en el mesenterio. Son receptores de la presión y de la sensibilidad vibratoria.

### **Corpúsculos de Golgi-Mazzoni.**

Son terminaciones laminadas con un centro granular en el cual se ramifica la terminación nerviosa. Se encuentran en el tejido subcutáneo y alrededor de los tendones.

### **Los bulbos de Krause.**

Son esféricos u ovoides; tienen una capsula dentro de la cual las terminaciones se ramifican en forma de ovillo; se distribuyen ampliamente en la piel, la conjuntiva, los labios, la boca y las membranas serosas, y se considera que son receptores del frío.

### **Corpúsculos de Ruffini.**

Están formados por grandes capsulas alargadas dentro de las cuales se ramifican ampliamente varias fibras de calibre delgado. Se considera que los corpúsculos de Ruffini son terminaciones específicas para la temperatura (discriminación del calor).

### **Terminaciones sensitivas del músculo y los tendones.**

#### **Husos neuromusculares.**

Están situados en medio de las masas musculares y perciben la elongación de sus fibras.

### **I.4.2 Clasificación de la sensibilidad.**

Podemos considerar dos grandes tipos de sensibilidad:

- **Exterocepción:** que nos informa del mundo exterior.
- **Interocepción:** constituye información que recibimos de nuestro propio cuerpo.

Esta última se puede dividir en dos:

- **Viscerocepción:** sensibilidad visceral, que tiene múltiples modalidades, desde el sentido de repleción o vacuidad de las vísceras, hasta la sensación de la presión arterial o la concentración de CO<sub>2</sub> o de glucosa en la sangre.
- **Propiocepción:** por medio de la cual percibimos la posición de nuestro cuerpo en el espacio y la posición relativa de sus partes.

### **1.4.3. Adaptación.**

Cuando se aplica sostenidamente un mismo estímulo a un receptor la respuesta, luego de alcanzar un máximo de frecuencia o número de potenciales; decrece en ese mismo número; el hecho es conocido como adaptación.

#### **1.4.4. Vías Medulares**

##### **Vías de la propiocepción consciente y del tacto discriminativo**

###### Fascículos gracilis y cuneatus.

Las fibras de la propiocepción consciente y del tacto discriminativo pasan directamente a los cordones posteriores y se bifurcan formando una rama ascendente y otra descendente.

###### Fascículo interfascicular. Triangulo de Phillippe Gambault.

Las ramas descendentes del cordón posterior, originadas en los ganglios cervicales, se sitúan entre los fascículos gracilis y cuneatus donde forman el llamado fascículo interfascicular.

Los estímulos propioceptivos y táctiles discriminativos del tronco y de las extremidades ascienden por el cordón homolateral de la medula y llegan hasta el bulbo raquídeo.

Las lesiones de los cordones posteriores se traducen en un déficit de la propiocepción, lo que causa que al paciente le sea difícil conocer la posición de sus segmentos corporales.

##### **Vías de la sensibilidad propioceptiva inconsciente**

###### Vías espinocerebelosas.

El cerebelo recibe los impulsos propioceptivos necesarios para la coordinación de la actividad motora de una manera inconsciente. Debemos anotar que los fascículos espinocerebelosos no son aparentes en los segmentos medulares sacros.

##### **Vías del tacto y presión**

Se dividen en la zona de Lissauer en ramas ascendentes y descendentes que abarcan dos o tres segmentos medulares. Dan origen a ramificaciones para neuronas sensitivas secundarias de la sustancia gris, pasan a través de la comisura blanca al cordón anterior del lado opuesto para formar el fascículo espinotalámico anterior o ventral.

##### **Vías del dolor y la temperatura**

###### Fascículo espinotalámico lateral.

Las fibras más delgadas de la raíz posterior, portadoras de la sensibilidad al dolor y a la temperatura, se dividen en las zonas de Lissauer en ramas ascendentes y descendentes, pero solo por muy corto trecho: sus ramificaciones terminan contactando neuronas de distintos núcleos del asta posterior. Los axones de estas neuronas pasan al cordón lateral del lado opuesto y

ascienden para llegar al tálamo como parte del fascículo espinotalámico lateral que termina en el núcleo ventral posterolateral del tálamo.

#### Fascículos corticoespinales o vía piramidal.

Se asocian a la ejecución de los movimientos voluntarios.

Abarca zonas de las cortezas frontal y parietal.

Desde la corteza las fibras se dirigen hacia abajo para confluir en la capsula interna, pasan al tallo cerebral, situándose desde el primero en el pie del pedúnculo, luego en la porción basilar de la protuberancia y finalmente en la parte anterior del bulbo, donde constituyen la pirámide del mismo lado al de su origen.

#### Fascículos reticulospinales.

Importante centro de coordinación e integración de estímulos, tanto aferentes como eferentes.

Influye en la ejecución de los movimientos tanto voluntarios como reflejos, bien sea facilitando o inhibiendo esa actividad.

Igualmente descienden estímulos ya coordinados para el funcionamiento neurovegetativo, como el control vasomotor, la regulación de la respiración, la sudoración, etc.

#### Fascículos vestibulospinales.

Una de las funciones más importantes del sistema motor, que se efectúa de una manera involuntaria, es la de mantener el cuerpo en posición erecta y adecuar la actividad muscular durante el movimiento para mantener el equilibrio.

Percibe tanto la posición de la cabeza como su desplazamiento en cualquier sentido del espacio. Estos estímulos son llevados desde el oído interno hasta los núcleos vestibulares del tallo cerebral.

#### Fascículo vestibuloespinal lateral.

Sus fibras intervienen en los movimientos de las extremidades y probablemente del tronco, que tienden a conservar el equilibrio. Su destrucción determina desviación y aun caída del individuo hacia el lado de la lesión. <sup>(31)</sup>

### **1.4.5 Técnicas**

#### **Método de Rood.**

Sus contribuciones más importantes son el énfasis sobre la estimulación sensorial controlada, el empleo de la secuencia ontogénica y la necesidad de demandar una respuesta deliberada mediante la actividad.

La premisa de Rood

Los patrones motores se desarrollan a partir de patrones reflejos fundamentales que están presentes desde el nacimiento y que se utilizan y modifican gradualmente a través de estímulos sensoriales, hasta que se alcanza el más alto control en el nivel cortical consciente.

Componentes de la técnica de Rood

1. La normalización del tono y de las respuestas musculares deseadas se consiguen a través del empleo de estímulos sensoriales adecuados.
2. El control sensorial y motor está basado en el desarrollo, por lo cual la terapéutica debe empezar en el nivel del desarrollo del paciente y progresar gradualmente a niveles más altos de control sensorial.
3. El movimiento es deliberado y se emplea la actividad para demandar una respuesta automática del paciente con el fin de provocar subcorticalmente el patrón de movimiento deseado.
4. La repetición de las respuestas sensoriales y motoras es importante para el aprendizaje, y está formada por método de inhibición, método de facilitación, niveles de control motor, patrones ontogénicos y funciones vitales.

#### **Estimulación Sensorial.**

Se aplica para facilitar el movimiento y estimular una respuesta motora. Los distintos nervios y receptores sensitivos se describen y se clasifican según tipo, efecto, ubicación, respuesta, distribución e indicación.

La estimulación sensorial se clasifica en esteroceptiva y propioceptiva; y se utiliza con base a los dermatomas, que es el área inervada por fibras aferentes de la raíz posterior de un nervio espinal.

#### **Métodos de facilitación**

Las técnicas para activar y facilitar la respuesta motora constan de lo siguiente:

- Cepillado rápido.
- Toque ligero.
- Estimulación térmica (hielo).
- Estiramiento ligero y rápido.
- Compresión intensa.
- Golpeteo ligero.
- Estímulos olfatorios y gustativos.
- Estímulos auditivos y visuales. <sup>(32)</sup>

## II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### II.1 Argumentación

Los problemas ortopédicos del pie en el niño son los más frecuentes en esta época de la vida debido a múltiples factores, siendo el más común en México el sobrepeso y la obesidad. Por este motivo es importante hacer la diferenciación entre un pie normal y un pie alterado que necesita tratamiento del especialista en forma precoz.

A nivel general podemos definir el pie como una compleja estructura de huesos, músculos y tejidos conectivos que corresponde a la parte de la extremidad inferior que comienza a partir del tobillo hacia abajo, esencial para la posición bípeda y la locomoción.

El control de la postura o equilibrio corporal significa mantener el centro de gravedad con una fuerte base de sustentación y la integración de varios sistemas, bajo el control del sistema nervioso, incorporando los órganos vestibulares, cerebelo, vías visuales, propiocepción y sensibilidad tanto superficial como profunda. La expresión de la marcha es por definición la pérdida y recuperación alterna del equilibrio, por esencia es una de las actividades más importantes de la vida diaria.

Actualmente, las anomalías de pie plano y pie cavo son bastantes comunes. Si estas anomalías no son detectadas a tiempo puede traer consecuencias a nivel de pie, tobillo, rodilla, cadera, columna vertebral y hombro.

El pie plano corresponde a la disminución o desaparición de la bóveda plantar, configurada por la base del primer y el quinto metatarsiano y el apoyo del calcáneo. Esta anomalía puede ser de origen congénito o adquirido. Los niños pequeños de 4 a 5 años presentan una imagen de pie aplanado, debido a una bolsa adiposa (grasa), que protege las estructuras cartilaginosas de lo que será el pie en un futuro cuando este termine su desarrollo.

En los adolescentes que no son tratados en la niñez causa cansancio y esguinces repetidos en los tobillos. Lesiones que en general son toleradas, ya que se niegan a realizar un tratamiento con plantillas u otros, por temor a ser ridiculizados por sus pares. Siendo esta la causa mayoritaria que no exista una preocupación por esta malformación en los pies.

En los adultos el pie plano conlleva a molestias mayores de origen articular, y con el transcurso del tiempo hace que dichas estructuras óseas, que no trabajan en posición y alineamiento adecuado, produzcan artrosis a nivel articular de pie y tobillo, presentando dolores y molestias primero ocasionales y posteriormente permanente.

Por lo previamente mencionado, es de suma importancia detectar la presencia de alteraciones en el pie en edades tempranas para brindar un tratamiento oportuno y prevenir complicaciones futuras, promoviendo así en la población la importancia de una adecuada postura, alimentación y hábitos saludables para una mejor calidad de vida.

## **II.2 Pregunta de Investigación**

¿Qué elementos debe contemplar una propuesta de circuito terapéutico para el abordaje preventivo del pie plano en niños?

### III JUSTIFICACIÓN

El principal motivo del presente trabajo de investigación es la inquietud acerca de la incidencia y las alteraciones en el pie en niños en edad preescolar, así como su oportuna canalización al área de Terapia Física y Rehabilitación para su posterior tratamiento.

Es importante mencionar que se pretende brindar una herramienta que ayude a los principales actores que se relacionan con el niño en edad preescolar como lo son sus padres, familiares, cuidadores y educadores mediante la implementación de un circuito terapéutico que pueda realizarse en las instituciones educativas que prestan atención en esta etapa a los niños.

El diagnóstico específicamente del pie plano en un niño se determina en promedio a los 6 años de edad, debido a que en etapas anteriores el niño aún no consolida su marcha madura por lo que cualquier alteración postural podría significar el proceso de búsqueda automática del cuerpo humano para lograr la mejor estabilidad postural posible que cumpla con la función básica que es el ahorro de energía.

Por tal motivo, surge la necesidad de generar acciones preventivas y no solo correctivas en el tratamiento del pie plano y algunas otras alteraciones, siendo así que el circuito podrá ser una opción lúdica, atractiva y divertida para los niños estableciendo una aceptación de los ejercicios para mejorar su deficiencia permitiendo que no precisamente se tenga un diagnóstico de pie plano, sino que se pueda utilizar como medio de estimulación propioceptiva y vestibular en los niños sin presentar específicamente un diagnóstico estableciendo, así como un trabajo integral y colaborativo con otras áreas ajenas al sistema de salud.

Es así que surge el interés de realizar un programa de intervención temprana en alteraciones del pie como herramienta de prevención y apoyo tanto para los niños como para sus familiares en busca de una integración familiar orientada al cuidado de la salud.

#### **IV HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Por tratarse de un estudio tipo estado del arte, no se requiere.

#### **V OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

##### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un circuito terapéutico para el abordaje preventivo del pie plano en Infancias.

##### **5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Buscar información sobre el abordaje preventivo del pie plano
- Buscar información sobre el abordaje del pie plano en infancias
- Elaborar el circuito terapéutico para el abordaje preventivo del pie plano en infancias.
- Asistir al Centro Fisioterapéutico Integral Atlacomulco con la finalidad de obtener material fotográfico que ilustre el circuito.

#### **VI MÉTODOLOGIA**

##### **6.1 DISEÑO Y TIPO DE ESTUDIO:**

- Estudio cualitativo, tipo estado del arte.

##### **6.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Abordaje preventivo del pie plano.
- **VARIABLE DEPENDIENTE:** Pie plano en infancias.

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>

Infancias	Término amplio aplicado a los seres humanos que se encuentran en fases de desarrollo comprendidas entre el nacimiento y la adolescencia o pubertad	Medición de edad en años para la prevención del pie plano	Cuantitativa Ordinal	Infancia (0meses-1año) Infancia temprana (1año- 3 años) Edad preescolar (3años-7años) Edad escolar primaria (7años-11años)
Pie plano	Afección en la que toda la planta del pie toca el piso	Determinación de los arcos del pie en la niñez.	Cualitativa nominal	Pie plano flexible Pie plano valgo Pie cavo valgo Pie plano asociado a escafoides accesorio Pie plano por coalición tarsiana Pie plano del astrágalo vertical congénito
Sexo	características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres	Identificación de sexo en una encuesta	Cualitativa Discreta	Mujer Hombre

### 6.3 UNIVERSO DE TRABAJO

Artículos científicos con cinco años de antigüedad como máximo, a excepción de vigencia pese a la antigüedad. Se obtendrán de las bases de datos: PubMed, Redalyc y Sciencedirect, entre los meses de junio a noviembre de 2023.

Se recurrirá al Centro Fisioterapéutico Integral Atlacomulco con la finalidad de tomar fotografías de infancias.

### 6.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Artículos que hablen de pie plano en infancias
- Artículos que hablen del abordaje terapéutico del pie plano
- Artículos que hablen del abordaje terapéutico del pie plano en infancias

- Artículos que hablen de sin diferenciación de sexo
- Artículos que hablen de sin diferenciación de la etiología del pie plano
- Artículos originales, metaanálisis, revisiones.

## **6.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Artículos con más de cinco años de antigüedad a excepción de la vigencia.
- Artículos que no se encuentren en revistas indexadas o arbitradas.

## **6.6 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

- Artículos que no cumplan con el objetivo.

## **VII INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

No aplica a la propuesta del circuito terapéutico.

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

Desarrollo del presente trabajo de investigación, se seguirán los pasos siguientes:

1. Búsqueda de información en distintas bases de datos
2. Selección de la información
3. Clasificación de la información
4. Desarrollo del marco teórico
5. Redacción del protocolo de la tesina
6. Nueva búsqueda de información para redacción de los ejercicios
7. Elaboración del circuito terapéutico.

Se elaborara una propuesta de circuito terapéutico para el abordaje preventivo del pie plano en infancias con la siguiente esrstructuras:

- Introducción
- Objetivos
- Materiales
- Recomendaciones generales
- Precauciones
- Justificación
- Desarrollo del conjunto de actividades.

## VIII LÍMITE DE TIEMPO Y ESPACIO

En el presente estudio se elaborara en el Centro Fisioterapéutico Integral Atlacomulco de junio 2023 a noviembre de 2023.

## IX CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
Elección del tema	x					
Búsqueda de literatura	x					
Revisión de literatura	x	x				
Presentación del tema	x	x				
Elaboración del protocolo	x	x				
Desarrollo de la investigación			x	X	x	
Análisis y presentación de resultados			x	X	x	x

Planeado	
Realizado	X

## X DISEÑO DE ANÁLISIS

No se requiere de análisis estadístico por tratarse de una Propuesta de circuito terapéutico para el abordaje preventivo del pie plano en infancias.

## **XI CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Se respetará la autoría de cada uno de los documentos consultados y se detallará con precisión las contribuciones de los autores a las propuestas de investigación y sus resultados. Conservando los principios básicos para poder satisfacer conceptos morales, éticos y legales.

## **XII ORGANIZACIÓN**

Tesinista:

P.LT.F Ricardo Uriel Zaragoza Abundio

Director:

Dr. En S.M. Jorge Monroy Garduño.

Revisoras:

Lic. en T.F. Cynthia Hernández Ríos

Mtra. En Ed. Andrea Victoria García González

### XIII PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

El costo de este proyecto de investigación será cubierto en su totalidad por el tesinista a cargo y se proyecta la siguiente cantidad en la tabla.

TIPO	CATEGORIA	RECURSO	DESCRIPCIÓN	FINANCIAMIENTO	MONTO
Recursos disponibles	Infraestructura	Equipo	Laptop	Personal	-
		Material	Hojas blancas	Personal	\$100
	Servicios	Internet		Personal	\$500
		Luz		Personal	\$400
Recursos necesarios	Impresión, fotocopias y empastado de la tesina		Personal	\$8000	
<b>Total</b>					<b>\$9000 MXN</b>

## **XIV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

#### **INTRODUCCIÓN:**

El pie plano, es un conjunto de trastornos de la alineación cuando el niño está de pie y apoya su peso sobre la bóveda plantar. En esta situación, el talón se desvía hacia afuera a lo que llamamos Talo Valgo, mientras que la zona del arco plantar en el mediopie toca el suelo dando una apariencia de pie "hundido" y la parte más anterior del pie se coloca en supinación, es decir, con mayor apoyo de la parte interna. El arco longitudinal del pie se desarrolla de forma progresiva los primeros años de vida, alcanzando su máxima altura hacia la adolescencia.

Si bien no se conoce el mecanismo exacto que determina el aumento o disminución del arco longitudinal, estudios en países en desarrollo muestran una mayor presencia de pies planos entre los niños que usan zapatos que entre los que van descalzos. Parece que el hecho de ir descalzo favorece el desarrollo de la musculatura propia del pie, mientras que los calzados rígidos interfieren en este proceso. Por ello, actualmente se recomienda que el calzado del niño sea flexible para permitir la función principal del pie que consiste en adaptarse a los diferentes terrenos por los que se camina con la finalidad de distribuir el peso corporal de manera equitativa para evitar problemas en otras articulaciones.

Debido a que nos centraremos en niños en etapa preescolar, los pies se encuentran normales aún sin alteraciones, por lo que conviene estimular el desarrollo de la musculatura propia del pie mediante ejercicios como caminar de puntillas, o más sencillo, caminar descalzo por diversos terrenos que estimulen la formación del arco longitudinal previniendo así todas las alteraciones que se podrían tener si no se brinda solución de manera oportuna.

## **OBJETIVOS:**

- Prevenir las complicaciones que conlleva la presencia de pie plano así como otras alteraciones del pie.
- Contribuir a que se utilice el programa con diferentes niños como herramienta preventiva y que la presencia de alguna alteración permita la canalización a rehabilitación con un mejor pronóstico.
- Mantener la activación y movilidad de la musculatura del pie para una mejor postura, marcha y desarrollo físico y motor de los niños.
- Generar diversos ambientes de intervención fisioterapéutica.

## **MATERIALES:**

- Cajones de madera de 50cm de largo por 50 cm de ancho y 10 cm de alto
- Arena
- Semillas de Arroz, Frijol, Lenteja y Calabaza
- Lija Gruesa
- Piedras de Río

## **RECOMENDACIONES GENERALES:**

- Antes de considerar que un niño pase por el circuito terapéutico, solicitar una valoración y autorización terapéutica
- Considerar el uso de ropa cómoda y adecuada
- Acudir con higiene adecuada de los pies
- No ingerir alimentos por lo menos 1 hr previa al ejercicio
- Si se presentan dudas sobre la realización de los ejercicios, acudir a su terapeuta
- Consultar en todo momento a su terapeuta acerca de los ejercicios que se deben ir realizando y el momento en que se debe ir progresando por las diversas etapas así como la frecuencia y duración de los mismos

## **PRECAUCIONES:**

- Los ejercicios se deberán realizar como se describen en el proyecto, respetando las indicaciones para evitar se lleven a cabo de manera incorrecta.
- Los ejercicios no se deberán de realizar si se tienen síntomas de dolor, molestia o cansancio muscular así como si se encuentra el niño pasando por algún proceso patológico.
- Si algún ejercicio ocasiona molestia o dolor al realizarse, deberá suspenderlo y consultar a su terapeuta.
- No ingresar al circuito terapéutico si se presenta un proceso micótico.

## **JUSTIFICACIÓN:**

La presencia de pie plano en niños implica la deformación del pie acompañada de un aplanamiento del arco longitudinal, lo que resulta en una planicie en la planta del pie. Esta representa una de las alteraciones musculo esqueléticas más comunes en el niño lo que y debido a que su diagnóstico se da entre los 5 y 6 años aproximadamente cuando la estructura grasosa que en inicios de las etapas de vida que recubre a los huesos que aún no logran consolidar su formación ya ha perdido en gran magnitud su capacidad de hacerlo, los ligamentos y músculos con debilidad tienden a ser demasiado flexibles permitiendo el “aplanamiento” del pie al caminar por lo que es de suma importancia su fortalecimiento de manera oportuna previniendo así alteraciones posteriores que pueden conllevar a dolor en diversas articulaciones durante el desarrollo del niño hacia la adultez.

Debido a que se está pretendiendo el trabajo con niños en etapa preescolar, es importante también considerar el tratamiento como una herramienta lúdica que genere interés en los niños por realizarla favoreciendo así su tolerancia a los ejercicios y por consecuencia una aceptación del tratamiento hasta el logro de los objetivos de fortalecimiento de la musculatura y formación del arco longitudinal, por lo que se pretende una abordaje a través de un circuito terapéutico que con fundamento en la estimulación sensorial permita a través de la estimulación a receptores que tenemos en el cuerpo, que el niño reciba información que genere en su sistema nervioso, articular y muscular una

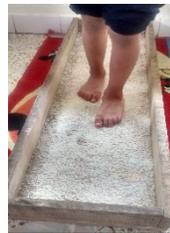
respuesta que favorezca la adaptación a los diversos terrenos fortaleciendo así su musculatura logrando una buena estabilidad articular que permita una mejor distribución corporal durante la bipedestación y la marcha.

Es así que el circuito se llevará a cabo mediante las etapas de entrenamiento que consisten en una etapa de calentamiento la cual nos permite preparar a los músculos para el ejercicio generando aumento de la temperatura y una mejor circulación lo que favorece la relajación de los mismos previniendo así alguna lesión mediante ejercicios de movilidad libre y de baja intensidad. La segunda etapa consiste en el fortalecimiento muscular propiamente a través del circuito el cual se encuentra conformado de manera progresiva comenzando con texturas suaves como la arena para provocar poco a poco y de manera segura la adaptación del pie a los diversos terrenos, seguido de texturas por semillas de diverso tamaño de las más pequeñas que no representan gran desestabilidad para el niño progresando hacia las texturas por semillas de mayor tamaño llegando a un terreno empedrado, etapa para la cual el pie ya se fue adaptando de manera progresiva evitando así una estimulación demasiado agresiva para la musculatura del pie. Todas estas etapas se encontrarán acompañadas de variantes de la marcha para coadyuvar al desarrollo de los niños acorde a la edad en la que se encuentran donde su desarrollo motor y equilibrio le permiten caminar de puntas, talones, etc. Es así que la última etapa de este entrenamiento muscular se enfocará en la vuelta a la calma, lo que se traduce en la relajación nuevamente de la musculatura para prevención de dolor posterior al ejercicio que será de igual manera que en la primer etapa a través de movilizaciones libres acompañada de estiramientos previniendo nuevamente algún aspecto negativo.

## DESCRIPCIÓN:

CALENTAMIENTO	
Posición - Movimiento	Imagen
<p>Sentado en el piso sobre un tapete con los pies descubiertos.</p> <p>Pedir al niño mover los pies hacia arriba.</p>	
<p>Sentado en el piso sobre un tapete con los pies descubiertos.</p> <p>Pedir al niño mover los pies hacia abajo.</p>	
<p>Sentado en el piso sobre un tapete con los pies descubiertos.</p> <p>Pedir al niño mover los pies hacia adentro.</p>	
<p>Sentado en el piso sobre un tapete con los pies descubiertos.</p> <p>Pedir al niño mover los pies hacia afuera.</p>	
<p>Sentado en el piso sobre un tapete con los pies descubiertos.</p> <p>Pedir al niño mover los pies en círculos.</p>	
<b>FORTALECIMIENTO</b>	

Caminar por el circuito en el orden indicado por el terapeuta.



Caminar de puntas por el circuito en el orden indicado por el terapeuta.



Caminar de talones por el circuito en el orden indicado por el terapeuta.



Caminar el circuito con el borde interno de los pies como se muestra en la imagen, en el orden indicado por el terapeuta.



Caminar el circuito con el borde externo de los pies como se muestra en la imagen, en el orden indicado por el terapeuta.



## RELAJACIÓN

De pie sobre un tapete pedir al niño realizar serie de punta-talón.



Sentado en una silla.

Pedir al niño mueva los pies hacia arriba.



Sentado en una silla.

Pedir al niño mueva los pies hacia abajo.



Sentado en una silla.

Pedir al niño mueva los pies hacia adentro.



Sentado en una silla.

Pedir al niño mueva los pies hacia afuera.



Sentado en una silla.

Pedir al niño mueva una botella de vidrio de refresco con los pies de manera lenta hacia adelante y atrás.



## **XV REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 1.- Weinek, J. (2004) Anatomía deportiva. Barcelona: Paidotribo
- 2.-García Porrero, J. (2005). Anatomía humana. Madrid: McGraw-Hill interamericana.
3. - Latarjet, M. (2006) Anatomía Humana tomo 1. Argentina: Panamericana.
- 4.- Latarjet, A. (1983) Compendio de anatomía descriptiva. Barcelona: Salvat.
- 5.- Rouvière, H. (1978) Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. Madrid: Bailly-Bailliere.
- 6.- Ernest Gardner. (2000) Anatomía estudio por regiones del cuerpo humano. España: Paidotribo.
- 7.- Pró, E. (2012) Anatomía clínica. Buenos Aires, Argentina: Panamericana.
- 8.- Barbany, J. (2009) fisiología del ejercicio físico y entrenamiento Barcelona, España: Paidotribo.
- 9.- Quiroz F. (2006) Anatomía Humana. México: Porrúa.
- 10.- Dufour, M. (2003) Anatomía del aparato locomotor. Barcelona: Masson
- 11.- Moore, K. (2003) Fundamentos de anatomía con orientación clínica. Buenos aires, Argentina: Panamericana
- 12.- Dvorak, J. (2000) Teoría y práctica del ejercicio terapéutico: movilidad, fuerza, resistencia, coordinación. Barcelona, España: Paidotribo
- 13.- Cailliet, R. (2006) Anatomía funcional biomecánica. Madrid: Marban.
- 14.- Kapandji. (2007) Fisiología articular: esquemas comentados de mecánica humana. Miembro inferior. Madrid: médica panamericana
- 15.- Izquierdo, M. (2008) Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Buenos aires: Madrid: Panamericana.
- 16.- Sociedad española de cirugía ortopédica y traumatología. (2005). Manual de cirugía ortopédica y traumatología. España: Panamericana.

- 17.- Hoppenfeld. (1979) Exploración física de la columna vertebral y extremidades. España: Manual Moderno
- 18.- Ehmer, B. (2005) Fisioterapia en ortopedia y traumatología. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.
- 19.- Benson M. (1998) Ortopedia y fracturas en el niño. Barcelona: Masson.
- 20.- Aston, J. (1979) Ortopedia y traumatología. México: Salvat.
- 21.- Colby, I. (2010) Ejercicio terapéutico: fundamentos y técnicas. Buenos aires, Argentina: Panamericana.
- 22.- Snider, R. (1992) Fundamentos de la atención musculoesquelética. México: Grupo Mercadotecnia de Innovación y Desarrollo.
- 23.- Bensahel, H. (1980) Manual de ortopedia pediátrica. Barcelona: Toray-Masson.
- 24.- Skinner, H. (2001) Diagnóstico y tratamiento en ortopedia. México: El manual moderno.
- 25.-Aguilar, F. (2008) Manual Sermef de rehabilitación y medicina física. Buenos aires: Madrid: Panamericana.
- 26.- Netter, F. (2006) Netter: ortopedia. Barcelona: Masson.
- 27.- Bonnomet F. (2004) Esguinces de tobillo. Barcelona: Enciclopedia médicoquirúrgica.
- 28.- Sánchez, Álvaro. (2004) Fisiopatología quirúrgica. España: Paidotribo
- 29.- Silberman, F. S. (2010) Ortopedia y traumatología. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- 30.- Fajardo, G. (1994) Utilidad de las curvas de sensibilidad y especificidad conjunta en la aplicación de una prueba diagnóstico. Salud Pública de México.
- 31.- Bustamante, J. (2001) Neuroanatomía funcional y clínica. Colombia: Editorial Medica Celsus.
- 32.- Jiménez, C. (2008) Neurofacilitación. Técnicas de rehabilitación neurológica. México: Editorial Trillas.

## **XVI ANEXOS**

### **Anexo 1**

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Dirigido a: **Padres y sus hijos**

Título de proyecto: “PROPUESTA DE UN CIRCUITO TERAPÉUTICO PARA EL ABORDAJE PREVENTIVO DEL PIE PLANO EN INFANCIAS”

Nombre del Investigador Principal: Dr. Jorge Monroy Garduño y P.L.T.F. Ricardo Uriel Zaragoza Abundio.

#### **Estimado(a) Padre/Madre:**

Usted ha sido invitado a participar en el presente proyecto de investigación, el cual es desarrollado por el Centro Fisioterapéutico Integral Atlacomulco en conjunto con la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Si Usted decide que su hijo(a) participe en el estudio, es importante que considere la siguiente información. Siéntase libre de preguntar cualquier asunto que no le quede claro.

El propósito del presente estudio tiene la finalidad de prevenir con el abordaje terapéutico el pie plano en infancias.

Procedimientos:

#### **Su participación consistirá en:**

- Se evaluará a la niñez con exámenes y pruebas físicas aprobados por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)
- La evaluación durará alrededor de (10 minutos) y abarcará de manipulaciones físicas
- La evaluación será realizada en el Centro Fisioterapéutico Integral Atlacomulco, de lunes a viernes de 09:00 a 16:00 horas.
- Para facilitar el análisis, esta evaluación será grabada. En cualquier caso, usted y/o su hijo(a) podrá interrumpir la grabación en cualquier momento y retomarla cuando quiera.

**Confidencialidad:** Toda la información que Usted nos proporcione para el estudio será de carácter estrictamente confidencial, será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto y no estará disponible para ningún otro propósito. Usted y su hijo(a) quedarán identificados(as) con un número y no con su nombre. Los resultados de este estudio serán publicados con fines científicos, pero se presentarán de tal manera que no podrá ser identificado(a).

**Participación Voluntaria/Retiro:** Su participación y la de su hijo(a) en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted y su hijo(a) están en plena libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento. Su decisión de participar o no en el estudio no implicará ningún tipo de consecuencia o afectará de ninguna manera en su puesto de trabajo o en... (Especificar los servicios de salud, en la escuela, etc.).

**(En el caso de tratarse de un estudio con toma de muestras biológicas anotar:** Su participación y la de su hijo(a) en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted y su hijo(a) están en plena libertad de decidir qué muestras son las que están de acuerdo en proporcionar o de negarse a participar o de retirar su participación en el estudio en el momento en que desee. Podrá solicitar también que se retiren sus muestras y las de su hijo(a) del estudio sin que ello implique ningún tipo de consecuencia, para ello le pedimos dirigirse al investigador/a responsable del estudio Dr/Dra. xxxx al correo electrónico xxxx).

**Riesgos Potenciales/Compensación:** Los riesgos potenciales que implican su participación y la de su hijo(a) en este estudio son: (Indicar si los riesgos son mínimos o mayores al mínimo). Si alguna de las preguntas le hiciera sentir un poco incomodo(a) a usted y su hijo(a), tienen el derecho de no responderla. (Si se realizan toma de muestras biológicas tomar en cuenta la guía para elaborar un formato de consentimiento en el que se recolectan/utilizan muestras biológicas para investigación genética/ genómica y/o formar un biobanco). En el remoto caso de que ocurriera algún daño como resultado de la investigación, (Aclarar las medidas que se tomarán para disminuir el riesgo o reparar los daños si se llegara a dar el caso). Usted y su hijo(a) no recibirán ningún pago por participar en el estudio, y tampoco implicará algún costo para ustedes.

**Aviso de Privacidad Simplificado:** El Dr. Jorge Monroy Garduño y el P.L.T.F. Ricardo Uriel Zaragoza Abundio son es responsables del tratamiento y resguardo de los datos personales que nos proporcionen usted y su Hijo(a), los cuales serán protegidos conforme a lo dispuesto por la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados. Los datos personales que les solicitaremos serán utilizados exclusivamente para las finalidades expuestas en este documento. Usted y su hijo(a) pueden solicitar la corrección de sus datos o que sus datos se eliminen de nuestras bases o retirar su consentimiento para su uso. En cualquiera de estos casos les pedimos dirigirse al investigador responsable del proyecto a la siguiente dirección de correo [ricardozar62@gmail.com](mailto:ricardozar62@gmail.com) y [jmonroyga@uaemex.mx](mailto:jmonroyga@uaemex.mx)

**Números a Contactar:** Si usted tiene alguna pregunta, comentario o preocupación con respecto al proyecto, por favor comuníquese con el investigador responsable del proyecto: Dr.Jorge Monroy Garduño y con el P.L.T.F. Ricardo Uriel Zaragoza Abundio al siguiente número de teléfono 7121517535 en un horario de 09:00 a 13:00 horas de lunes a viernes ó al correo electrónico [ricardozar62@gmail.com](mailto:ricardozar62@gmail.com)

Si usted acepta que su hijo(a) participe en el estudio, le entregaremos una copia de este documento que le pedimos sea tan amable de firmar.

Declaración de la persona que da el consentimiento

- Se me ha leído esta Carta de consentimiento.
- Me han explicado el estudio de investigación incluyendo el objetivo, los posibles riesgos y beneficios, y otros aspectos sobre mi participación en el estudio.
- He podido hacer preguntas relacionadas a mi participación en el estudio, y me han respondido satisfactoriamente mis dudas.

Si usted entiende la información que le hemos dado en este formato, está de acuerdo en participar en este estudio, de manera total o parcial, y también está de acuerdo en permitir que su información de salud sea usada como se describió antes, entonces le pedimos que indique su consentimiento para participar en este estudio.

Registre su nombre y firma en este documento del cual le entregaremos una copia.

PARTICIPANTE:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha/hora \_\_\_\_\_

TESTIGO 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Relación con  
la participante: \_\_\_\_\_

Fecha/hora: \_\_\_\_\_

TESTIGO 2

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Relación con  
la participante: \_\_\_\_\_

Fecha/hora: \_\_\_\_\_

Nombre y firma del investigador o persona que obtiene el consentimiento:

Nombre: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Fecha/hora \_\_\_\_\_