

# CAPÍTULO XI

## ORTESIS, CALZADO Y PRÓTESIS

García I., Zambudio R.

- 1.- Plantillas
- 2.- Calzado
- 3.- Ortesis y calzado en las úlceras del pie diabético
- 4.- Amputaciones y prótesis

En este Capítulo se describen los diversos medios ortésicos y protésicos que son de utilidad en la profilaxis secundaria de los estadios iniciales de la úlcera neurotrófica plantar.

### 1- PLANTILLAS:

Su objetivo es disminuir la presión vertical y de cizallamiento sobre las zonas del pie que están sometidas a una excesiva carga o stress.

Las plantillas son ortesis plantares que se colocan dentro del calzado y que pueden utilizarse para prevenir las úlceras en el pie. En los enfermos diabéticos tienen dos funciones básicas: repartir las cargas soportadas por el pie, distribuyéndolas sobre toda la planta y almohadillar el apoyo de las zonas donde éste es inadecuado.

El reparto de las cargas plantares es especialmente importante cuando existe pie cavo, en el que el apoyo se realiza exclusivamente en el talón y en el antepié.

Estas zonas están sometidas, lógicamente, a un aumento de presión de acuerdo con la fórmula: "Presión = Fuerza / Superficie".

Con la utilización de plantillas, se rellena la zona correspondiente a los arcos plantares interno y externo, consiguiendo un aumento de la superficie de apoyo y por tanto una disminución de la presión parcial soportada por cada centímetro cuadrado de la piel plantar.

El almohadillado plantar que proporciona la plantilla también tiene una función muy importante en las cabezas de los metatarsianos, por tratarse de una zona especialmente desprotegida.

Del mismo modo actúan sobre el borde externo del pie, cuando se trata de un pie supinado. En el Pié Diabético (PD) es frecuente observar una atrofia del almohadillado plantar. Esta atrofia se aprecia mejor en las zonas de la planta del pie, donde los huesos tienen una posición más superficial como ocurre en las cabezas de los metatarsianos y en la base y diáfisis del quinto metatarsiano.

Las plantillas deben estar fabricadas en material blando, con el objetivo de intentar sustituir la almohadilla plantar anatómica que se ha atrofiado.

Antes de prescribir las plantillas y el calzado adecuado en estos enfermos, es preceptivo realizar una historia y exploración clínicas minuciosas que nos aporten información sobre el balance articular y muscular y que permita identificar aquellos pies que tienen riesgo en su evolución de sufrir una úlcera plantar. (Ver Capítulo IX)

La falta de movilidad de alguna o varias articulaciones del pie provoca cambios biomecánicos que dan lugar a alteraciones en el reparto de las cargas en la planta del pie.

Un ejemplo lo constituyen aquellos enfermos que tienen una limitación de la flexión dorsal en la articulación metatarso-falángica del primer dedo. Durante la marcha, y en el momento del despegue del talón, la carencia en la flexión dorsal de esta articulación provoca un aumento de presión en la zona plantar del dedo.

Igualmente, cuando existe un pié equino, va a producirse un incremento de presión en el antepié. Si la rigidez se halla localizada en la articulación subastragalina y el pié se encuentra en una posición de varo o valgo, se producirá un aumento de

presión en el borde externo o interno del pie respectivamente.

Ambos ejemplos ilustran sobre la necesidad de un minucioso balance articular destinado a detectar alteraciones que a largo plazo pueden dar lugar a ulceraciones.

Así mismo, la debilidad de algunos músculos del pie provoca un desbalance muscular por predominio de los músculos intactos, con la consecuente deformidad. Los ejemplos más frecuentes son la paresia de los músculos flexores dorsales, que comporta un predominio de los flexores plantares y paresia de los peroneos, llevando al pie a una posición de equino que provoca su supinación.

Mayor valor presenta la detección de las anomalías en el apoyo plantar y en la movilidad de las articulaciones durante la marcha, ya que es en esta fase cuando fundamentalmente aparecen los cambios de presión que provocan las lesiones.

El análisis de la marcha debe realizarse inicialmente con el enfermo descalzo y en una posición que coincida con la línea de progresión de la marcha. En esta fase se valoran desviaciones del apoyo que tiendan a la pronación o bien a la supinación.

A continuación, el análisis se realiza con una perspectiva lateral, que permite detectar marcha en equino o en talo, y observar si el apoyo del talón y el despegue del pie a nivel del primer metatarsiano se realizan correctamente.

Finalmente, ambas observaciones se repiten pero con el pie calzado.

Las alteraciones que se producen en el pie durante la marcha pueden deberse a trastornos localizados en su propia estructura o bien a anomalías de la extremidad. En este sentido, una alteración mecánica a nivel de la articulación de la rodilla o de la cadera pueden repercutir en el pie tanto en situación de bipedestación estática como de marcha.

Para proceder a la valoración de aquellas áreas o zonas del pie en que existe una presión plantar incrementada se han propuesto diversas técnicas:

#### a).- Podoscopio:

Exploración de tecnología simple, útil para observar las zonas de apoyo de la planta del pie en posición de bipedestación, y que se basa en un sistema de espejos que reflejan la imagen que produce la planta del pie sobre un cristal. Durante el mismo, aquellas zonas que se apoyan sobre el cristal con mayor presión presentan una coloración comparativamente más pálida con respecto a las sometidas a una carga menor, en base al vaciamiento del lecho capilar.

Su mayor limitación es que se trata de una exploración cualitativa pero que no aporta datos cuantitativos de los excesos de la carga.

#### b).- Podograma:

Mediante el mismo se obtiene un registro gráfico de la huella plantar, que permite, y con respecto al estudio podoscópico, un mejor seguimiento al disponer de parámetros objetivos.

#### c).- Análisis de Presión Plantar:

Existen dos técnicas para este estudio:

La plataforma dinamométrica, que consiste en una superficie de 0,5 metros cuadrados, con receptores de presión que captan aquellas ejercidas por la planta del pie al contactar con la misma, ya sea de forma estática o durante la marcha.

La plantilla dinamométrica, que consiste en una plataforma equipada con sensores de presión y se intercala entre la planta del pie y el zapato. Mediante un programa informático específico, permite observar en la pantalla de un ordenador el registro de las presiones plantares de las distintas zonas del pie, y por tanto, aquellas en las que existe riesgo de desarrollar una lesión. (*Figura 1*).

Otra de sus aplicaciones, una vez confeccionada la plantilla, consiste en verificar que su función de descarga se ha conseguido.

#### Toma de medidas

Un principio básico en la confección de plantillas en el PD es que estén fabricadas siempre a la medida.



Figura 1. Plantilla dinamométrica.

Comercialmente existe una gran disponibilidad de plantillas prefabricadas, que se presentan en distintos tamaños, y que se indican a los enfermos en función de su número de calzado. Están elaboradas con materiales de diversa dureza, desde los blandos como la silicona a los duros como el acero.

En este contexto, es factible que una plantilla prefabricada pueda quedar bien adaptada en algunos determinados tipos de pies de morfología poco compleja, pero en el PD no podemos correr el más mínimo riesgo de que sea la propia plantilla la que genere por sí misma la aparición de una úlcera. Por tanto, en el PD, las plantillas siempre deben ser confeccionadas a la medida.

Existen varias técnicas para tomar las medidas:

- *Molde de escayola*: Con el enfermo en descarga, se coloca una venda de escayola envolviendo todo el pie hasta el tercio inferior de la pierna. Mientras endurece, se mantiene el pie en una posición neutra, con la articulación del tobillo a noventa grados y pronosupinación media. Fraguada la escayola se retira el molde que se rellena de escayola líquida, obteniendo así el positivo sobre el que va a trabajar el técnico ortopédico. Este sistema es ideal cuando el pie presenta una deformidad flexible que intentamos controlar con la plantilla.
- *Podograma*: La plantilla se elabora a partir de una huella del pie obtenida mediante podograma. Es la menos fiable de todas las técnicas que se utilizan para tomar medidas en la fabricación de plantillas y por tanto no es recomendable en el PD.

- *Caja de espuma*: Consiste en una caja que contiene espuma blanda de poliuretano. El enfermo coloca el pie sobre la espuma y mediante la descarga de todo el peso provoca la impresión del mismo. El molde se rellena de escayola líquida para obtener el positivo con el que trabajará el técnico ortopédico para fabricar la plantilla.

### Selección de materiales. Componentes.

Según su dureza, las plantillas pueden clasificarse en rígidas, semirrígidas y blandas.

- *Plantillas rígidas*: Se pueden fabricar en acero, aluminio o plásticos duros como el polipropileno, polietileno, laminado en resina o plexidur. Tienen la ventaja de que son muy resistentes al uso y por tanto de larga duración, pero esta dureza no las hace recomendables para el PD.
- *Plantillas semirrígidas*: Se fabrican con corcho. Este se dispone entre dos láminas, una inferior de cuerolite que sirve de base para la plantilla y otra superior de material de piel fina que evita el contacto de la piel con el corcho, aspecto que comportaría el deterioro rápido del mismo.

Son muy útiles para descargar las zonas correspondientes a las cabezas de los metatarsianos, mediante un relleno de los arcos interno y externo del pie y una pelota retrocapital, si bien su principal inconveniente radica en la falta de almohadillado de estas zonas.

- *Plantillas blandas*: Se fabrican en plásticos blandos como pelite o plastozote o bien en siliconas. Estos materiales, además de conseguir un buen almohadillado de toda la planta del pie, permiten absorber la fuerza del impacto que se produce durante la marcha. Son los más adecuados para adaptar al PD. El inconveniente es que pierden su eficacia a los pocos meses de su utilización siendo necesario renovarlas con frecuencia.

### Prescripción

Para que el técnico ortopédico pueda fabricar una plantilla correctamente, la prescripción debe incluir:

- Diagnóstico.
- Materiales a emplear en su fabricación. Si el prescriptor no está muy familiarizado con los mismos, debe especificar si debe ser blanda, semirrígida o dura.
- Componentes de las plantillas. Elegir entre los componentes más frecuentes utilizados en las plantillas: almohadillado de talón, sostén de arco interno, sostén de arco externo, pelota retrocapital, banda metatarsal, etc.
- Objetivo de la plantilla: En la prescripción debe estar bien expresado el objetivo de la plantilla, las zonas que queremos descargar o almohadillar y si se pretende obtener alguna corrección funcional.

### Chequeo

Una vez confeccionada la plantilla y previamente a ser colocada al paciente, es imprescindible que sea probada en la consulta, para comprobar si la misma se ajusta a las características especificadas en la prescripción y si la adaptación al pie del enfermo es correcta, para lo cual una vez éste sentado en la camilla de exploración y con el tobillo en un ángulo de noventa grados, se coloca la plantilla en la planta del pie. En esta posición, debe comprobarse si los arcos del pie coinciden con la misma y si la pelota retrocapital, la banda metatarsal, y las cuñas están situadas en posición correcta.

## 2.- CALZADO

Originariamente, el calzado tenía por misión proteger el pie del contacto con el suelo, el frío, la humedad y otros factores externos. En la época actual, se ha convertido en una prenda de vestir, como tal está sujeto a los imperativos de la moda, y esta evolución ha comportado que actualmente sea un agente externo potencialmente patógeno, que provoca a menudo grandes problemas en los pies.

Los enfermos diabéticos no son una excepción a este hecho y en ellos el calzado puede actuar agresivamente sobre un "pie de riesgo".

Por otra parte, realizando modificaciones en el calzado podemos actuar sobre el pie, alterando el reparto de cargas en su zona plantar. Este hecho, es de utilidad para prevenir, cuando existen zonas que están sometidas a una presión excesiva, la aparición de úlceras en el PD.

### Partes del calzado

El calzado se compone de cuatro partes: *caña*, *pala*, *suela*, y el *tacón*.

La *caña* es la porción del calzado que cubre y sujeta el retropié. La *pala* es la parte que protege el antepié y el mediopié. La *suela* se encarga de proteger al pie del suelo y el *tacón* es la elevación que existe en la parte posterior de la suela.

Según el sistema de ajuste o cierre podemos distinguir varios modelos de calzado: *Blucher*, *Inglés*, *Gran abertura*, *Manoletina* o *Sandalia* (*Figura 2*).

El modelo *Blucher*, al disponer de una lengüeta y un cordaje amplio, permite un mayor margen de ajuste del zapato al pie. En el modelo *Inglés* la posibilidad de ajuste es muy pequeña.

El modelo *Gran Abertura*, aporta una abertura amplia hasta el antepié, que facilita la introducción del pie y puede así comprobarse el ajuste del mismo dentro del calzado. Su mayor inconveniente es de índole estética.

En el modelo *Manoletina*, el ajuste del empeine puede realizarse bien a través de una cincha elástica que facilita, aunque levemente, la adaptación, o bien mediante una cincha no elástica que limita esta posibilidad.

Por último, en el modelo *Sandalia* el ajuste se realiza con una hebilla y un broche, proporcionando un gran margen de ajuste. Es adecuado para las épocas de calor pero este cierre proporciona muy poca sujeción lateral, por lo que no es el modelo ideal, cuando existe una inestabilidad lateral del pie.

El zapato debe quedar sujeto al pie entre el contrafuerte del talón y el empeine.

Los zapatos tipo salón, que no cubren el empeine y solo quedan sujetos por la puntera, pueden generar

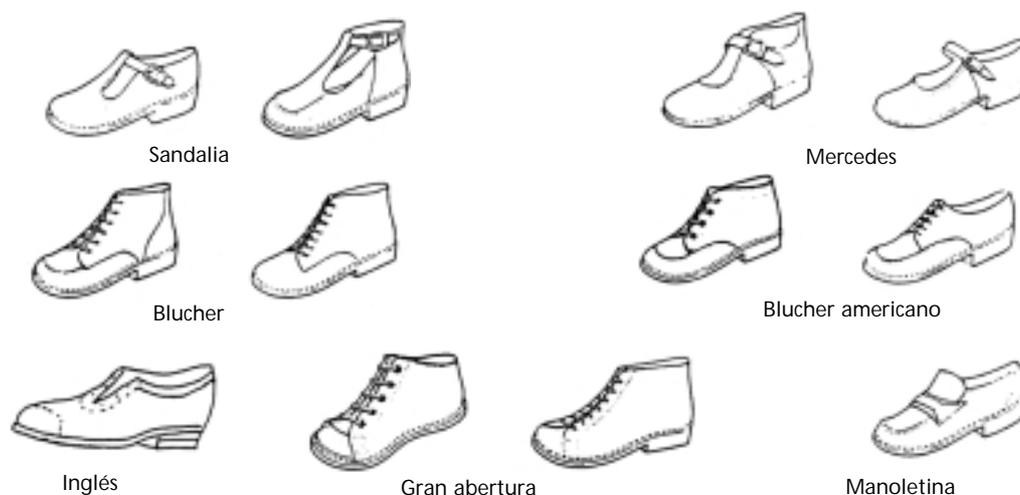


Figura 2. Tipos de calzado

alteraciones en los dedos en forma de callosidades, helomas o hallux valgus.

### Función y Objetivos

— *Reparto de las cargas en la planta del pie:*

De igual forma que con las plantillas, con el calzado se intentará disminuir la presión en las zonas más expuestas a la ulceración, como son las cabezas de los metatarsianos. Para ello, si la persona con un pie de riesgo utiliza solamente calzado sin plantillas, este debe llevar una suela interior blanda y un pequeño arco plantar que se acomode al arco interno.

— *Reducción de la fricción:* La fricción que se produce entre la planta del pie y el calzado es un factor importante en la producción de úlceras plantares. Esta fricción, da lugar a pequeñas ampollas, que debilitan la piel y favorecen la ulceración.

Para evitarlo, es importante que el calzado se ajuste perfectamente al tamaño del pie, evitando pequeños desplazamientos interiores que son los causantes de este problema.

— *Acomodación de las deformidades:* En el PD son muy frecuentes las deformidades. En ocasiones son inicialmente poco graves, como los dedos en garra, los dedos en martillo, o el *hallux valgus*. En otras, se trata de grandes deformidades como ocurre en el pie de Charcot

Si se encuentran poco desarrolladas, es posible que sea suficiente con acudir a un zapatero que intentará moldear el zapato en el punto donde se encuentra la deformidad, pero en deformidades de más entidad, como son los dedos en garra o en martillo, será necesario utilizar un zapato con una altura extra a nivel de la caja que impida el roce del dorso de los dedos con el mismo.

Si se trata de un *hallux valgus*, será necesario un zapato de ancho especial para ubicar todos los dedos de una forma desahogada. En las grandes deformidades como el pie de Charcot es imprescindible la fabricación de un calzado a la medida.

— *Disminución de la movilidad de las articulaciones afectas:* Cuando existen articulaciones inflamadas o dolorosas en las que es necesario limitar su movilidad, el zapato debe proporcionar a nivel de las mismas la rigidez suficiente para evitar su movimiento.

### Prescripción

El calzado que se prescribe en el PD debe reunir una serie de características:

— *Suela gruesa:* Generalmente el zapato convencional de diseño tiene el antepié provisto de una delgada suela de cuero, que proporciona una determinada elegancia pero

que desprotege del frío, del calor o de las irregularidades del terreno.

En el PD, la suela debe ser de caucho o material sintético, de más de medio centímetro de grosor, de forma que actúe como una capa protectora del antepie. El calzado deportivo puede considerarse un buen calzado preventivo.

- *Caja amplia en altura y en anchura con puntera redondeada:* Se evitarán así las presiones y rozaduras en los dedos del pie.
- *La caja y la caña deben ser fabricadas en piel fina y suave:* Esto facilitará la acomodación del pie al calzado. En la actualidad existen en el mercado unos zapatos especiales para pies diabéticos o pies sensibles que tienen la caña y la caja fabricadas en Plastozone.

Este es un material muy suave, que se puede moldear a baja temperatura, con la ayuda de una fuente de aire caliente, y que facilita las correcciones oportunas en aquellas circunstancias en las que el calzado presenta de sobrepresión. Prácticamente, lo que hace es adaptar el zapato al pie del paciente. Lógicamente este calzado sirve solamente para pequeñas deformidades.

- *El cierre del zapato debe ser de cordones.* Aunque su colocación resulta más incómoda y su estética puede ser cuestionable, tienen la ventaja de que se puede adaptar a pequeñas deformidades del pie, a los edemas y a las inflamaciones.

En caso de que con posterioridad fuera necesaria la adaptación de plantillas, esto va a resultar más fácil con un zapato de estas características.

Cuando se utilizan plantillas, lo ideal es utilizar un zapato como mínimo de un número superior al utilizado habitualmente o preparado para incorporar plantillas ortopédicas.

- *Altura del tacón:* La altura del tacón juega un papel importante en la biomecánica del pie y en las presiones plantares.

El pie colocado en un zapato de tacón alto, tiende a resbalarse hacia delante, produciendo un aumento de las presiones soportadas por las cabezas de los metatarsianos y por los dedos. En nuestro medio es muy frecuente la utilización de zapatos de tacón alto. Cuando una persona está habituada a lo largo de muchos años a utilizar tacones altos en sus zapatos y se le indica que reduzca la altura de los mismos, argumenta con frecuencia que con un calzado más plano le resulta difícil andar porque siente una gran tirantez en la zona del tríceps y del tendón de Aquiles.

Este hecho es debido a que se produce una retracción del músculo tríceps al cabo de los años. En estos casos, se aconseja que vayan disminuyendo progresivamente la altura del tacón.

### Modificaciones en la suela del calzado

Para modificar las presiones en la planta del pie podemos actuar mediante plantillas o sobre la suela externa del zapato.

Cuando existen alteraciones durante la marcha en el sentido de pronación o supinación del pie, podemos intervenir colocando pequeñas cuñas internas o externas en la suela.

Así, cuando se trata de un pie pronado colocaremos una cuña en la mitad interna de la suela del zapato y al contrario en un pie supinado.

Un recurso muy utilizado para disminuir las presiones a nivel de las cabezas de los metatarsianos, es la colocación de una suela en balancín (*Figura 3*) o una barra retrocapital (*Figura 4*)

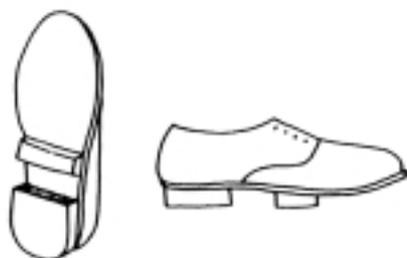
### Calzado a la medida:

Como se ha mencionado anteriormente, cuando existen grandes deformidades en el pie, el único recurso que nos queda es la confección de un calzado a la medida.

Para ello, se toma la medida del pie con vendas de escayola, obteniendo un molde que posteriormente se rellena del mismo material para conseguir el positivo. Del mismo se fabrica la horma para la posterior confección del calzado.



**Figura 3.** Suela en balancín



**Figura 4.** Barra retrocapital

En la prescripción del calzado a la medida habrá que incluir una serie de especificaciones de acuerdo con el estado del pie y los objetivos que queramos conseguir:

*a).- Zapato o Bota.* Generalmente en el PD se prescriben zapatos. Solamente en el caso de que exista una inestabilidad de la articulación del tobillo asociada a deformidades importantes en varo o en valgo del talón, se prescribirá la bota.

*b).- Suela.* Al igual que en el calzado prefabricado, ésta será gruesa para conseguir una mejor protección del pie.

*c).- Modificaciones.* Cuando además de la deformidad en la planta, el pie presente una callosidad o una zona sensible que interese descargar, debe realizarse la modificación del molde positivo sobre el que se elabora el zapato.

Igualmente, en el calzado a la medida se pueden añadir las cuñas o aquellas modificaciones de la

suela necesarias, para corregir alguna alteración postural.

### 3.- ORTESIS Y CALZADO EN EL TRATAMIENTO DE LAS ÚLCERAS DEL P.D.

Uno de los aspectos fundamentales en el tratamiento de la úlcera neuropática en el PD es conseguir la descarga parcial o total de la zona ulcerada.

#### Descarga total del pie

Para conseguir la descarga total se puede recurrir a:

##### a).- La estancia obligada del enfermo en cama.

Esta medida es demasiado drástica y pocos enfermos son capaces de cumplirla. El periodo de cicatrización de la úlcera puede durar varios meses, provocando una limitación importante en su actividad.

##### b).- Marcha con bastones.

Con la utilización de dos bastones canadienses o dos muletas de apoyo axilar, el paciente puede realizar una marcha pendular, utilizando solamente el pie sano como punto de apoyo. Para facilitar esta marcha se puede colocar un suplemento de 3 o 4 cm. en el zapato del pie sano.

Es igualmente una medida poco práctica, ya que precisa un gasto energético considerable para caminar.

##### c).- Aparato de marcha de descarga total.

Se trata de un aparato que consta de un encaje abierto tipo P.T.B. (Patelar Tendón Bearing) similar al que se utiliza en los amputados tibiales: dos tutores de aluminio, con o sin articulación de tobillo y un estribo que se utiliza para el apoyo en el suelo. (*Figura 5*).

De esta forma, cuando el enfermo se apoya en el miembro afecto, se produce la descarga de todo el peso en el tercio proximal de la tibia, y el pie

queda totalmente en el aire, con lo que se consigue que esta sea total.

El inconveniente de este aparato es que son muy pocos los enfermos que toleran la presión soportada a nivel proximal de la tibia y, adicionalmente, en los diabéticos, con problemas sensitivos, puede provocar una úlcera en esta zona por estar sometida a excesiva presión.

### Descarga parcial del pie:

#### a).- Yesos conformados de contacto total:

Se empezaron a utilizar en 1930 en las úlceras neuropáticas de los enfermos afectados de lepra. En los años cincuenta, Brand desarrolló el concepto de yesos conformados de contacto total, eliminando la mayoría de los almohadillados a fin de conseguir una perfecta adaptación del yeso a la forma del pie y de la pierna.

De esta manera, se obvia el movimiento dentro del yeso, en contraste con el tradicional yeso corto que se utiliza en la inmovilización de fracturas y también se consigue una disminución de la fuerza de cizallamiento existente entre el yeso y la piel.

En la actualidad es la técnica más utilizada en el tratamiento de las úlceras en el PD pero debe únicamente indicarse en los estadios 1 y 2 de Wagner. Es decir, se descarta su utilización en enfermos con úlceras infectadas o signos de necrosis.

Se estima que nueve de cada diez situaciones de úlcera neuropática no isquémica pueden curarse con esta técnica.

Los yesos conformados de contacto total, limitan la movilidad de las articulaciones en el tobillo y en el pie y provocan cambios en los parámetros de marcha aumentando la cadencia y disminuyendo la longitud del paso. Soames, y Zhu, han demostrado que la disminución de la cadencia del paso influye en la misma medida sobre la fuerza vertical en la planta del pie.

### Técnica de aplicación:

Previamente a la aplicación de los yesos, las úlceras deben ser desbridadas de todos los tejidos



Figura 5. Ortesis de descarga total

necróticos. A continuación, se aplica una solución yodada, se coloca una gasa estéril, y puede ya procederse a su aplicación, mediante los siguientes pasos:

- Almohadillado de algodón en cada espacio interdigital, para evitar la maceración de la piel.
- Calceta desde la rodilla hasta los dedos.
- Almohadillado de plástico blando cubriendo los dedos y avanzando por la cara inferior hasta cubrir las cabezas de los metatarsianos.
- Tiras de fieltro sobre la cresta tibial y los maléolos.
- Aplicación del yeso con el enfermo en posición de decúbito prono, reforzándolo con dos capas más de venda de yeso no elástica.
- Confección del balancín en la planta del pie, mediante vendas de escayola, abarcando desde el talón hasta la zona proximal a las cabezas de los metatarsianos, para evitar el apoyo de estas durante el desarrollo del paso.
- Todo lo anterior se refuerza con dos capas de fibra de vidrio.

Debido a la gran reducción del edema que suele producirse en los primeros días, debe renovarse el yeso entre el tercero y el quinto, que de no realizarse, podría producir un fenómeno de cizallamiento entre la piel y el yeso.

Si no han existido complicaciones, se colocará otro yeso que se irá cambiando cada dos semanas



**Figura 6.** Ortesis de descarga parcial

aproximadamente, hasta el cierre completo de la úlcera.

#### **b).- Ortesis:**

La ortesis de inmovilización de la articulación del tobillo constituye una alternativa a los yesos conformados (**Figura 6**).

Generalmente, en el PD se utilizan las misma que en las secuelas traumáticas de esta articulación pero con pequeñas variantes.

Estas ortesis proporcionan una inmovilidad y una descarga parcial igual a la conseguida con los yesos conformados, pero tienen ciertas ventajas: se pueden retirar por la noche, o en cualquier momento para inspeccionar las úlceras, y son más livianos de peso.

La articulación del tobillo, si lo permite, debe dejarse bloqueada a noventa grados o en ligera flexión dorsal de cinco a diez grados. Debe confeccionarse una plantilla a la medida con material blando, por ejemplo pelite, que se adaptará a la cazoleta de la ortesis, y con la que conseguiremos un buen almohadillado de toda la planta del pie y una mejor descarga de la zona ulcerada.

La ortesis deber ser utilizada de forma permanente por el enfermo, tanto en la bipedestación como en la marcha, y cuando vaya a permanecer sentado durante cierto tiempo deberá aflojarse los velcros que sujetan la porción de la pantorrilla.

Diversos estudios comparativos sobre la eficacia de los yesos conformados y de las ortesis de inmo-

vilización de tobillo, han concluido que sus resultados son similares.

#### **c).- Calzado ortopédico:**

El calzado ortopédico tiene poca utilidad en el tratamiento de las úlceras establecidas, únicamente en el periodo inmediato a la cicatrización de la úlcera, es recomendable su uso con algún dispositivo corrector y de descarga adaptado en la suela.

## **4.- AMPUTACIÓN Y PRÓTESIS**

### ***Amputaciones de los dedos***

Todas las estructuras que integran el pie, consiguen un equilibrio de fuerzas, que es fundamental para que funcione armónicamente. Cuando se realiza una amputación parcial del pie este equilibrio se altera, apareciendo deformidades que es importante conocer a fin de intentar evitarlas o bien corregirlas.

En las amputaciones que afectan a uno o varios dedos, se pierde el efecto o capacidad de superficie de apoyo que estos aportan durante la marcha, y que ejercen especialmente durante la fase de despegue del talón, para conseguir el impulso hacia delante

En esta situación, las cabezas de los metatarsianos correspondientes tienen que mantener la carga que anteriormente era soportada por los pulpejos, apareciendo callosidades o metatarsalgias y en ocasiones, úlceras.

### ***Amputación de los dedos tercero y/o cuarto:***

No suele ser una amputación que origine grandes problemas mecánicos, y únicamente en algunas ocasiones, se produce una desviación lateral de uno o ambos dedos adyacentes, para ocupar el espacio liberado por el dedo amputado.

Para evitarlo, se puede colocar un relleno en el hueco dejado por el dedo amputado sobre la base de una plantilla, que incorpora una pelota retrocapital, a fin de evitar la sobrecarga de las cabezas de los metatarsianos afectas por sobrecarga.

### Amputación del segundo dedo:

En la mayoría de las ocasiones se produce una desviación externa del primer dedo para ocupar el hueco surgido, con lo que se produce un hallux valgus.

Para evitarlo, es conveniente la colocación de una plantilla de similares características a la descrita en el apartado anterior.

### Amputación del primer dedo:

Durante la marcha, este dedo ejerce una acción importante en la última fase de despegue del talón, consistente en impulsar el cuerpo hacia delante, y si bien la falta de otros dedos del pie tiene una repercusión mínima sobre la marcha, la amputación de este dedo comporta la aparición de claudicación durante la fase de despegue del talón, que se traduce en la practica por un acortamiento del paso con respecto al miembro contralateral.

Para evitarlo, se utiliza una prótesis consistente en una plantilla semirrígida con sostén de arco interno y el refuerzo de una lámina de acero flexible, que puede situarse en el interior de la misma plantilla o de la suela del calzado.

### Amputación de un radio:

Algunos autores prefieren que la amputación de un dedo comporte también la del metatarsiano correspondiente, a fin de evitar la sobrecarga sobre la epífisis distal del mismo. El antepie queda algo mas estrecho, pero biomecánicamente, el pie queda muy poco afectado y no es necesaria la utilización de dispositivos ortopédicos.

### Amputación transmetatarsiana

El muñón resultante resulta muy funcional, no siendo imprescindible la colocación de una prótesis para realizar la marcha, aunque si servirá para conseguir que esta sea más armónica, y posiblemente para evitar algún tipo de molestia en la zona anteroinferior del muñón (*Figura 7*).

No obstante, en algunas circunstancias derivadas de las complicaciones que con más frecuencia se

presentan en estos enfermos, va a precisarse la protezización.

Estas son:

- La ulcera de muñón, que suele aparecer en el borde anteroinferior del mismo, y que es debida al aumento de las cargas soportadas por la piel en esta zona. La tendencia al equinismo, que suele ocurrir en todas las amputaciones parciales del pie, es la responsable de esta sobrecarga, siendo factores adicionales la alteración cutánea y la neuropatía.
- La disminución de la estabilidad, que se produce por la disminución de la base de apoyo plantar anterior. Afecta especialmente al movimiento de inclinación corporal hacia delante. Este problema lógicamente, es mucho más acentuado en los amputados bilaterales.

La prótesis se basa en una plantilla que consta de sostén de los dos arcos del pie, y de relleno de la zona anterior amputada, dejando un hueco para alojar la cara anterior del muñón. En el interior de la misma se coloca una pletina de acero elástico para favorecer el impulso hacia delante durante la marcha que en condiciones normales se desarrolla en la primera articulación metatarsofalángica del pie.

### Amputación de Lisfranc

Como ya se ha mencionado es una amputación con pocas indicaciones en las lesiones del PD, si bien tiene la importante ventaja de posibilitar la marcha sin prótesis (ver Capítulo X).



**Figura 7.** Muñón funcional en una amputación transmetatarsiana

Su principal inconveniente es que el muñón resultante tiende a adoptar una posición en equino que comporta la sobrecarga de la zona anterior del mismo, con el consiguiente peligro de aparición de úlceras por presión y dehiscencias en la cicatriz.

Para evitarlo, algunos autores realizan una tenodesis transcuboidea con el tendón del músculo peroneo lateral corto y una nueva inserción de las fibras metatarsianas del tibial anterior sobre la primera cuña, previa valoración hemodinámica.

Cuando se utiliza prótesis, esta es similar a la descrita para al amputación transmetatarsiana.

### Amputación de Chopart

De forma similar a la de Lisfranc, esta es una amputación proscrita durante muchos años, por los graves problemas que en el pie que provocaba su equinismo secundario.

En la actualidad, se advierte una tendencia a "rehabilitar" este nivel de amputación, en parte debido a los nuevos materiales que consiguen solucionar los problemas protésicos, pero fundamentalmente, debido a una mejor técnica quirúrgica que evita la marcada tendencia al equinismo de estos muñones.

Existen diversos tipos de prótesis:

- Férula tipo Rancho con relleno de la zona anterior amputada (**Figura 8**).
- Prótesis con encaje y ventana posterior laminada en resina. Esta prótesis alcanza hasta el tercio proximal de la pierna y va adaptada a una pie protésico
- Prótesis con encaje laminado en resina y cierre posterior con cuero moldeado (**Figura 9**). Es semejante a la anterior, pero la ventana posterior se realiza con cuero moldeado. Es menos estética, pero se ajusta mejor y es ideal para enfermos que por mantener un nivel de actividad elevado, precisen una prótesis fuerte y resistente



**Figura 8.** Ferula tipo Rancho

### Amputación de Pirogoff

En esta amputación se conserva la porción posterior del calcáneo, y por tanto no es necesario realizar despegamientos cutáneos, evitando los deslizamientos tan frecuentes en otro tipo de amputaciones como la de Syme.

El enfermo dispone de un punto de apoyo firme para caminar sin prótesis, con una dismetría poco pronunciada pero que no evita una cojera leve. Los problemas más frecuentes que se presentan son:

- Dolor e inestabilidad en el caso de que no exista una buena unión entre la tibia y el segmento calcáneo.
- Poco espacio para colocar el pie protésico.

La prótesis es similar a la utilizada en la amputación de Syme, a la que nos referimos a continuación.



**Figura 9.** Prótesis con encaje laminado en resina y cierre posterior con cuero moldeado

### Amputación de Syme

Durante muchos años no ha tenido aceptación, debido a que las prótesis eran muy pesadas y antiestéticas. Con la incorporación de los plásticos a la ortopedia, han aparecido nuevos modelos de prótesis mucho más ligeras, y han que mejorado considerablemente la estética.

Los fracasos de esta amputación suelen ocurrir durante el primer año, por problemas en el extremo distal del muñón, generalmente por dehiscencia de la cicatriz, y por úlceras provocadas directamente por el contacto con la prótesis o de forma indirecta, por la migración del almohadillado plantar colocado debajo del muñón óseo.

Aproximadamente, a los dos meses de la amputación se puede confeccionar la prótesis.

Ventajas de la amputación Syme respecto a la amputación transtibial son:

- El muñón es capaz de soportar la carga sin la prótesis y ello es especialmente útil en la calidad de vida del enfermo al levantarse por la noche de la cama, en la realización de prácticas deportivas como la natación o simplemente para deambular en su domicilio sin necesidad de colocarse la prótesis. Es una marcha claudicante por la dismetría existente entre los dos miembros inferiores, pero perfectamente posible para distancias cortas.
- La adaptación de la prótesis es más fácil y prácticamente no es necesario tratamiento fisioterápico.
- Aumento de la longitud del paso, mayor cadencia y velocidad en la marcha y disminución del consumo de oxígeno.
- La mayor longitud del muñón mejora su capacidad de propioceptiva, que repercutirá en un mayor control durante la marcha con la prótesis colocada.
- No es precisa la correa de sujeción suprarrotuliana, pues la forma bulbosa del muñón facilita la suspensión directa de la prótesis.

Los inconvenientes de la amputación de Syme respecto a la amputación transtibial son:

- Técnica quirúrgica de mayor complejidad, precisando un buen nivel de experiencia quirúrgica.
- Estéticamente, el tobillo de la prótesis queda más abultado que en el miembro conservado al tener que envolver el muñón con el encaje protésico.
- Los cambios de alineación en esta prótesis son difíciles de realizar.
- No es factible la utilización de los pies almacenadores de energía tipo Flex Foot.

Las ventajas de la amputación de Syme respecto a la amputación de Chopart son:

- En la amputación de Syme, el acortamiento que se produce en el miembro inferior es aprovechado para la colocación del pie protésico. En la amputación de Chopart, si se coloca un pie protésico debajo del muñón, se produce una dismetría de miembros inferiores, que será necesario compensar con un alza, en el miembro contralateral
- En la amputación de Chopart, suelen aparecer úlceras en el muñón, localizadas en el borde anteroinferior provocadas por la tendencia al equinismo. En la amputación de Syme son excepcionales.

### Amputación transtibial

En la actualidad, y con referencia a décadas anteriores, existe un cambio de tendencia con respecto a la indicación de la amputación transtibial.

En nuestro país, su frecuencia ha aumentado y en la actualidad se realiza casi tanto como la supracondílea, si bien su práctica dista considerablemente de las series publicadas por autores como Burgess, que la indican en el 85% de los enfermos afectados de isquemia de extremidades inferiores.

La importancia de conservar la articulación de la rodilla en el enfermo amputado es determinante, en función a su posterior rehabilitación y readaptación social o laboral.

Una correcta protetización, va a exigir que el nivel de amputación se sitúe en el tercio medio de

la pierna. Si se realiza a niveles más distales, conseguir un buen almohadillado de muñón va a resultar extremadamente difícil. En sentido inverso, proximalmente es apto para protetizar un muñón que tenga al menos siete centímetros medidos desde la meseta tibial.

Desde el punto de vista protésico-rehabilitador, es fundamental que el aparato extensor de la rodilla esté conservado y que no exista un flexo de rodilla mayor de treinta grados.

Básicamente una prótesis tibial se compone de dos elementos, el encaje y el pie, unidos por un sistema de enlace que puede ser un tubo metálico cuando se trata de una prótesis endoesquelética o una carcasa de plástico o madera en las prótesis exoesqueléticas (*Figura 10*).

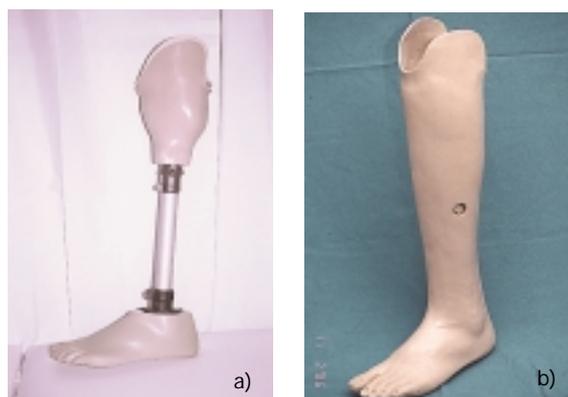
El encaje sirve de receptáculo para el muñón y por tanto es la parte más delicada de la prótesis, y de la correcta adaptación entre ambos va a depender en gran parte el éxito de la protetización. El pie sirve como elemento de apoyo sobre el plano del suelo y estéticamente conserva la anatomía del pie.

El encaje ha ido evolucionando a lo largo de los años. Los primeros encajes tenían una forma parecida a un embudo de proporciones variables, dependiendo de las dimensiones del muñón.

A partir de los años cincuenta se desarrollaron tres modelos de encajes que han servido para protetizar a millones de amputados en todo el mundo. Todos han dado unos resultados excelentes y la utilización de uno u otro depende de la familiaridad del médico y del técnico ortopédico con un modelo u otro.

En los últimos años el más utilizado es un híbrido de los modelos P.T.B. y K.B.M. que se denomina K.B.M. modificado. El modelo de más reciente aparición es el denominado 3-S —Silicone Suction Socket— que mejora sustancialmente el sistema de suspensión del encaje.

El *P.T.B.* consta de un encaje interior fabricado en material blando tipo pelite o similar y un encaje exterior duro, fabricado en resina plástica laminada reforzada con fibra de vidrio o fibra de carbono, a fin de conseguir disminuir su peso. El encaje no es una reproducción exacta de la forma del muñón, sino que durante su fabricación se alteran las



**Figura 10.** Prótesis endoesquelética (a) y exoesquelética (b) para amputaciones transtibiales

medidas originales del mismo con la finalidad de conseguir aumentar el apoyo en sus zonas blandas y disminuirlo en las óseas o muy sensibles a la presión.

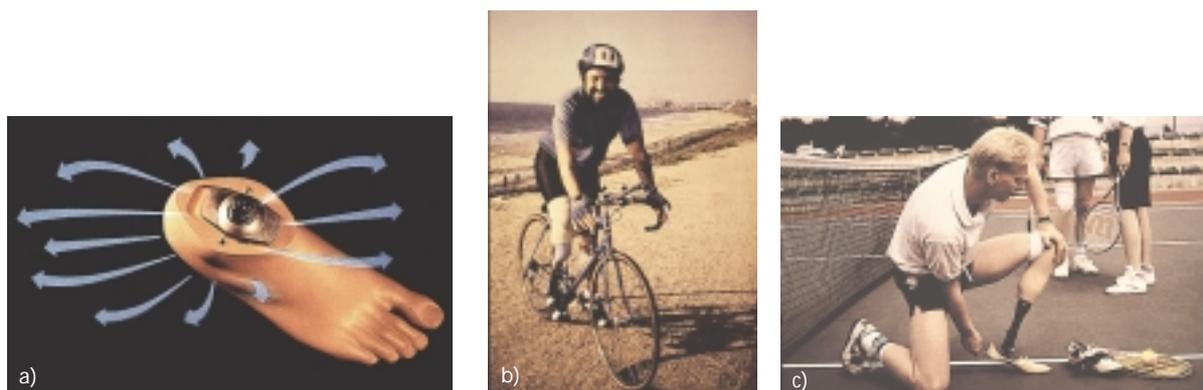
Habitualmente, el muñón realiza un contacto total con el encaje para repartir las presiones de forma óptima, y únicamente en el caso de que el extremo distal sea muy sensible y no tolere la presión se deja de realizar el contacto total en esta zona.

El borde superior alcanza por la cara anterior a la mitad de la rótula. Lateralmente llega hasta la mitad de los cóndilos y posteriormente baja hasta el hueco popliteo para dejar libre la inserción de los tendones de los músculos isquiotibiales.

El *K.B.M.* consta de un encaje interior blando y un encaje exterior duro. Se diferencia del anterior solamente en la parte alta del encaje.

El *encaje 3-S*, es probable que acabe substituyendo a los anteriores.

La diferencia fundamental con el encaje *P.T.B.* es el sistema de suspensión, que en su interior está fabricado en silicona y alcanza proximalmente hasta el tercio inferior del muslo. Tiene forma de cilindro cerrado por su base. Su extremo distal se encuentra acoplado a un perno de acero ranurado. Este perno se introduce en un orificio que existe en el fondo del encaje duro. Debajo del mismo existe un sistema de presilla controlado por un pestillo metálico que una vez que ha entrado el perno impide su salida. La silicona tiene la ventaja de que se adhiere a la piel del muñón evitando en gran medida el desli-



**Figura 11.** Pie protésico articulado (a). Prótesis tibial con pie articulado en la práctica deportiva (b) y (c)

zamiento entre el mismo y el encaje durante la fase oscilante de la marcha.

El pie protésico es una parte importante de la prótesis tibial.

Puede ser fijo o articulado. En los últimos años, con el desarrollo de nuevos materiales cada vez más resistentes y menos pesados, han surgido diversos modelos de pies protésicos siendo los más innovadores los almacenadores de energía fabricados totalmente en fibra de carbono y con una gran flexibilidad. Estos últimos están especialmente indicados en las prótesis diseñadas para la práctica deportiva. (Figura 11)

### Desarticulación de la rodilla

La amputación a nivel de desarticulación de rodilla fue descrita por primera vez por Rogers en 1940.

En principio no tuvo mucho éxito debido a la dificultad de adaptar prótesis adecuadas a este nivel de amputación. Desde hace algunos años este nivel de amputación ha sido revitalizado debido los avances producidos en los componentes protésicos, que evitan en gran parte los problemas que existían anteriormente.

La mayor dificultad para protetizar estos enfermos era que el eje mecánico de la rodilla protésica siempre quedaba por debajo del eje anatómico de la rodilla contralateral. Este factor producía alteraciones biomecánicas durante la marcha y sobre todo problemas estéticos al sentarse, ya que la

rodilla protésica avanzaba mucho más que la anatómica del lado conservado y al mismo tiempo la porción correspondiente a la pierna de la prótesis era siempre más corta.

En la actualidad existen rodillas protésicas articuladas sobre cuatro ejes que evitan los problemas descritos anteriormente. Además la prótesis consta de un encaje con unas características especiales que permite la entrada de la porción distal del muñón, de mayor diámetro que el resto, impidiendo posteriormente la salida del muñón del encaje.

### Amputación supracondílea.-

Desde el punto de vista protésico-rehabilitador el nivel óptimo de esta amputación se sitúa entre el tercio medio y el tercio inferior del fémur.

Lógicamente cuanto mayor sea la longitud del muñón, mayor brazo de palanca va a proporcionar durante la marcha, pero no se puede olvidar que al realizar la prótesis necesitamos un espacio por debajo del encaje para la colocación de la rodilla protésica y es importante que su eje de giro coincida en altura con el eje de giro de la articulación anatómica del miembro contralateral.

Por tanto, es necesario dejar al menos diez centímetros de espacio entre la cara inferior del muñón y la altura correspondiente al eje de giro de la rodilla contralateral. Cuando el muñón es muy corto, disminuye el brazo de palanca y se reduce la superficie de contacto entre éste y el encaje, provocando dificultades para la correcta realización de la marcha con la prótesis.

La mínima longitud de muñón óseo aceptable es de siete centímetros, medidos desde el trocánter mayor hasta la extremidad distal del fémur, a los que cabe añadir otros cinco como mínimo de almohadillado muscular. Si no es posible conservar un muñón con estas medidas mínimas, es preferible realizar una desarticulación de cadera porque este pequeño muñón no podremos protetizarlo con una prótesis femoral y dificultará la construcción de la cesta pélvica necesaria en la desarticulación de cadera.

El muñón ideal debe tener una morfología cilíndrica. La cicatriz debe quedar situada en la cara inferior o posterior del mismo, sin orejuelas laterales, ni retracciones musculares que dificulten la completa movilidad de la articulación de la cadera suprayacente. Debe realizarse una correcta mioplastia entre el paquete muscular anterior y posterior que sirva para conseguir un buen almohadillado muscular y un buen anclaje de los vientres musculares.

Una prótesis femoral se compone de encaje, articulación de rodilla, pie protésico y la estructura que une estos tres elementos.

El encaje es la parte más importante de la prótesis y sirve para alojar el muñón. Aunque éste tiene una morfología cilíndrica, el encaje que se utiliza con más frecuencia tiene una forma cuadrangular porque biomecánicamente se ha demostrado que se adapta mejor al muñón y la musculatura de este actúa de una forma más eficaz.

La elección de la rodilla protésica varía en función de determinadas características del enfermo, como la edad, el estado general, o el peso, y con criterio general, en personas de edad avanzada se utilizan rodillas con un sistema de bloqueo en extensión durante la marcha que se puede desbloquear cuando decide sentarse.

La elección del pie protésico no es tan determinante como en los amputados tibiales. Existen

muchos modelos y como norma general se puede decir que cuando la rodilla es de bloqueo, se utiliza un pie articulado, que permite pequeños movimientos de flexo-extensión. Cuando la rodilla es libre no es imprescindible que sea articulado. La estructura que une estos elementos puede ser exoesquelética o endoesquelética. En los últimos años han terminado por imponerse los sistemas endoesqueléticos que al estar recubiertos con una funda de espuma de poliuretano expandida — gomaespuma — y una media estética consiguen un tacto y aspecto mucho más agradables, siendo las correcciones de la alineación, mucho más sencillas para el técnico ortopédico, a la vez que se consigue una reducción apreciable del peso de la prótesis.

### Desarticulación de cadera

No es una amputación electiva, sino que se realiza como consecuencia de procesos isquémico-infecciosos extensos del muslo, frecuentemente secundarios a una amputación supracondílea.

La prótesis consta de una cesta pélvica abierta por delante para permitir su colocación, con un cierre con hebillas de cuero o con velcros. Debajo de la cesta pélvica se sitúa una articulación de cadera metálica, que puede incorporar un bloqueo durante la marcha o ser totalmente libre.

La articulación de la rodilla puede ser igualmente libre o de bloqueo, dependiendo de la edad y el estado general del enfermo. El pie será articulado o dinámico, y todo ello unido por una estructura endoesquelética.

Debido al peso de la prótesis, el gasto energético durante la marcha es muy elevado. Por esta razón, la mayoría de los enfermos abandonan su utilización. La marcha sin prótesis, auxiliada con bastones ingleses les resulta más cómoda porque consiguen una cadencia más rápida y un menor consumo energético.