

Amputaciones y prótesis del miembro inferior

D Menager

Resumen. – La amputación de un miembro inferior representa una verdadera prueba tanto física como psicológica para quien la padece. La evidencia de la pérdida corporal y de la deficiencia asociada es inmediata y la esperanza de lograr una eventual recuperación depende enteramente de las virtudes de la prótesis.

Sin embargo, el resultado esperado sólo se consigue cuando el conjunto de las personas que participan en la atención del paciente actúa eficazmente.

Estas personas son el cirujano, el fisioterapeuta, el kinesiterapeuta y el técnico ortopédico u ortopedista. Este equipo debe coordinar su acción en torno al objetivo principal: el futuro funcional del paciente.

La participación de este último es fundamental, para lo cual requiere una información lo más clara posible sobre el protocolo aplicado, así como sobre los resultados esperados.

© 2002, Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, París. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: amputado, amputación, prótesis.

Generalidades

Durante muchos siglos, las amputaciones se realizaron en casos en los que el pronóstico vital estaba comprometido. El sacrificio del miembro era el precio que había que pagar para conservar la vida y quienes sobrevivían al traumatismo o a la enfermedad causal podían considerarse afortunados.

La precariedad de los medios técnicos disponibles en aquella época para sustituir el miembro amputado limitaba considerablemente los resultados, por lo que estos pacientes, que en su mayoría eran heridos de guerra, pasaban a ser considerados «inválidos».

Actualmente, la situación es muy diferente. Los progresos de la medicina y de la cirugía han permitido reducir en gran medida las indicaciones de amputación. En casos de traumatismos, incluso graves, existen equipos multidisciplinarios que aplican complejos programas para salvar el miembro.

Actualmente, la decisión de amputar no siempre es una necesidad absoluta. No obstante, se corresponde con un procedimiento terapéutico en el que se valoran las distintas consecuencias positivas y negativas de las diferentes soluciones posibles. En este sentido, es fundamental para la decisión del médico y para la información del paciente un mejor conocimiento de los importantes avances alcanzados en materia de componentes protésicos.

La intervención quirúrgica, realizada por un cirujano competente que sigue reglas simples pero precisas e incluidas en un programa de reconstrucción cuyo objetivo es lograr una recuperación funcional óptima, reivindica su importancia y permite que el paciente obtenga el mayor beneficio posible de una prótesis eficaz, es decir realizada de acuerdo con normas biomecánicas aceptadas en forma generalizada.

El papel de los distintos integrantes del equipo encargado de la atención del paciente amputado consiste en reducir al máximo las presiones sobre la piel, con el fin de optimizar el resultado funcional con la prótesis.

El cirujano debe intentar conservar un brazo de palanca óseo lo más largo posible y hacer que sus extremos sean romos. También debe tratar de que las zonas cutáneas sobre las que se ejercen principalmente estas presiones tengan el mejor trofismo posible, evitando las cicatrices o los injertos en esos puntos.

El rehabilitador debe tratar de conservar una libertad articular de forma que no aumenten las presiones sobre el encaje de la prótesis, provocadas por las contracturas en flexión. También se ocupa de que los sistemas motor, cardiovascular y respiratorio recuperen su máxima eficacia.

El técnico ortopédico se encarga de que las fuerzas que se ejercen entre el muñón y el aparato se repartan sobre la mayor superficie posible, gracias a un encaje de contacto bien adaptado, y también debe limitar las presiones, ali-

neando correctamente los elementos protésicos subyacentes.

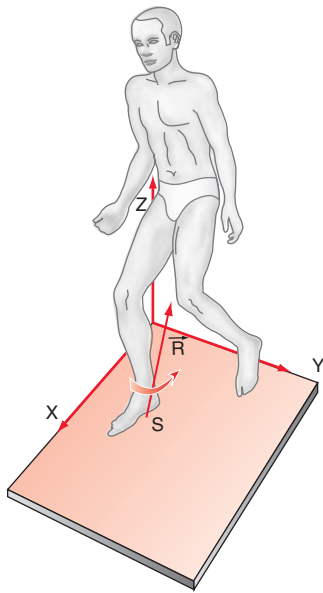
Elementos de biomecánica

Cuando una persona amputada con prótesis se desplaza, el análisis realizado mediante una plataforma de fuerzas de las variaciones de la resultante de las fuerzas que se ejercen durante la fase de apoyo entre el pie protésico y el suelo permite deducir el valor de las fuerzas que se ejercen entre el muñón y el encaje de la prótesis (fig. 1).

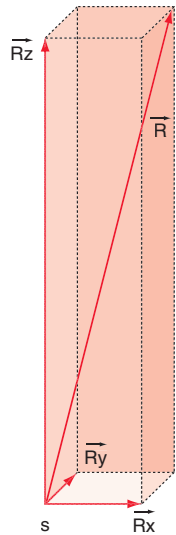
Estas fuerzas se ejercen sobre la interfaz formada, por un lado, por las partes blandas del muñón y, por otro, por el encaje de la prótesis. Cuando las presiones sobre las partes blandas son excesivas provocan dolores, cojera y una limitación de la función [14].

La resultante de las fuerzas, que varía en intensidad y dirección y cuyo punto de aplicación S se desplaza por el pie a una velocidad constante, desde el borde externo del talón al dedo gordo a medida que el pie evoluciona por el suelo, puede descomponerse según el triedro de referencia en tres componentes: una vertical \vec{R}_z , y las dos restantes \vec{R}_x y \vec{R}_y y horizontales, anteroposterior y transversal [27] (fig. 2).

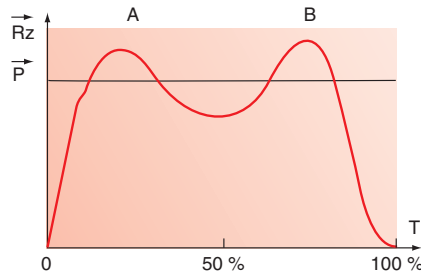
La componente vertical de esta resultante, que es sin duda la más importante de las fuerzas transmitidas al aparato (entre 1,2 y 1,3 veces el peso de la persona durante la marcha normal; de dos a tres veces durante la carrera o el salto), pasa por dos máximos: el prime-



1 Esquema que muestra la resultante \vec{R} de las fuerzas que se ejercen entre el pie y el suelo durante la fase de apoyo.



2 Descomposición de la resultante \vec{R} en sus tres componentes.



3 Variación en el tiempo de la resultante \vec{Rz} durante el apoyo. Su intensidad supera el peso del paciente (\vec{P}) en A y en B.

ro poco después de apoyar el talón y el segundo un poco antes de que el antepié se separe del suelo (fig. 3).

Los efectos de esta componente se manifiestan principalmente en zonas privilegiadas del muñón que, por su orientación y troficidad, son especialmente adecuadas para ello de forma duradera:

- talón en caso de amputación de Chopart con artrodesis o de Syme;
- región femoral inferior en caso de desarticulación de la rodilla o de Gritti, en la que el apoyo distal es posible;
- región proximal del muñón en caso de amputación transtibial en la que el apoyo llamado subrotuliano es preferente;
- región subisquiática en caso de amputación transfemoral o de desarticulación de cadera, en las que se utiliza un apoyo llamado isquiático.

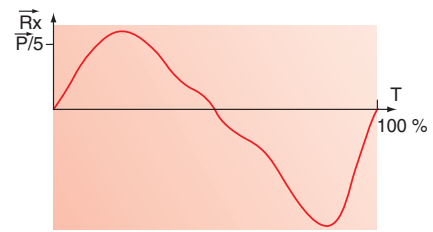
Es necesario que las zonas correspondientes del aparato tengan disposiciones adecuadas: extremidad distal del encaje, horizontal y regular para los apoyos distales; reborde a nivel del borde superior del encaje, con una orientación de componente horizontal importante y zona de contraapoyo en la parte diametralmente opuesta, para los apoyos isquiático y subrotuliano. La componente horizontal anteroposterior de esta resultante también pasa por dos máximos de valor comparable pero de sentido opuesto: el primero cuando se apoya el talón, el segundo durante el paso posterior de impulsión. El valor de estos dos máximos corresponde aproximadamente a la quinta parte del peso del paciente (fig. 4).

Las zonas del aparato destinadas a equilibrar estas fuerzas son: para el apoyo del talón, el borde posterior y la parte inferior de la pared anterior del encaje (fig. 5), y para el paso posterior de impulsión (fig. 6), el borde anterior y la parte inferior de la pared posterior.

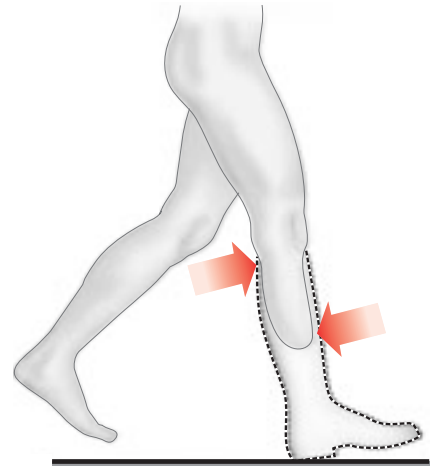
La componente horizontal transversal de esta resultante tiene dos máximos de mismo sentido y valor. Corresponden aproximadamente a la décima parte del peso de la persona (fig. 7). En varo, esta resultante genera una fuerza en la interfaz muñón-encaje, que se localiza en la parte superointerna y en la inferointerna de esta última (fig. 8).

Hay que señalar que el efecto de estas fuerzas aumenta en cada punto del miembro inferior en el que el eje mecánico de dicho miembro no coincide con el eje de la resultante de las fuerzas que se ejercen entre el pie y el suelo, proporcionalmente a la distancia que separa los dos ejes.

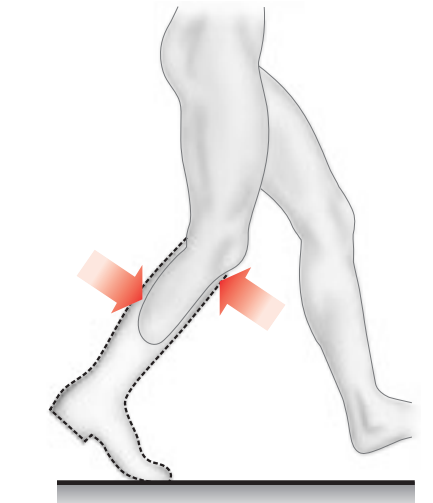
Todas las caras del muñón que están en íntimo contacto con las paredes del encaje intervienen, según su orientación y particularidades mecánicas, en el equilibrio del conjunto de las fuerzas descritas.



4 Variación en el tiempo de la resultante horizontal anteroposterior \vec{Rx} durante el apoyo.



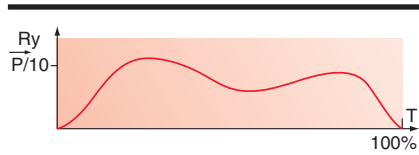
5 Presiones en la interfaz muñón-encaje, en el plano sagital al comienzo del apoyo.



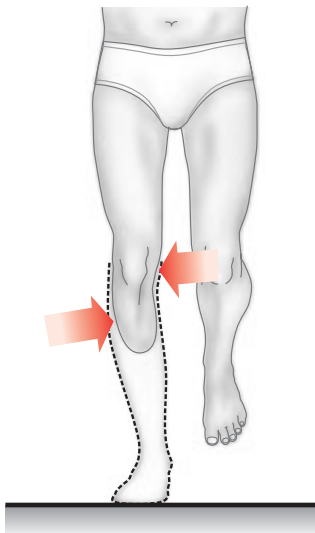
6 Presiones en la interfaz muñón-encaje, en el plano sagital durante el paso posterior.

Cuidados postoperatorios

Deben comenzar lo antes posible después de la intervención y son muy eficaces porque previenen la aparición de problemas ortopédicos y de complicaciones propias del decúbito. Es especialmente importante realizar una contención por medio de un vendaje tipo Velpeau. No se



7 Variación en el tiempo de la resultante horizontal transversal R_y durante el apoyo.



8 Presiones en la interfaz muñón-encaje, en el plano frontal.

debe emplear otro medio de contención más fuerte, porque su uso continuado es difícil de controlar y puede resultar peligroso para el paciente.

En cambio, el vendaje tipo Velpeau, que rara vez es nocivo, debe emplearse para hacer un vendaje compresivo del muñón una vez que la intervención quirúrgica ha terminado (fig. 9). Este tipo de vendaje tiene una función fundamental y se emplea prácticamente sin ninguna excepción. El drenaje del edema reduce e incluso hace desaparecer los dolores, facilita la cicatrización y permite la colocación posterior de una prótesis.

REHABILITACIÓN DESDE LA INTERVENCIÓN HASTA QUE EL PACIENTE SE LEVANTA POR PRIMERA VEZ

■ **Instalación del enfermo**

El enfermo debe ser instalado en la cama en una buena posición. Habitualmente, el muñón se coloca en tracción continua y el paciente está horizontal o en posición declive con los pies elevados por encima de la cama. Es una medida muy molesta que no debe ser generalizada, pero que permite prevenir la aparición o agravamiento de una contractura en flexión de cadera y/o de rodilla. Este punto es muy importante porque puede influir en el resultado final de la ortopedia, e incluso anularlo debido a una limitación de los movimientos articulares del muñón.

■ **Recuperación**

Consiste en la aplicación de cuidados locales, tendientes sobre todo a recuperar la fuerza muscular y el movimiento articular, para que el miembro lesionado soporte lo mejor posible las presiones del aparato protésico. La movilización es frecuente. Al principio es pasiva, después es asistida y dicha asistencia disminuye paulatinamente hasta lograr movimientos activos. Hay que comprobar regularmente que la rodilla y la cadera suprayacentes pueden extenderse de manera completa.

■ **Readaptación**

Mediante la readaptación se trata fundamentalmente de prevenir las complicaciones del decúbito. Permite que el paciente realice algunos movimientos habituales:

- descompresión regular del asiento;
- sentarse a la hora de comer o de lavarse, según sea la tolerancia de la zona.

■ **Reentrenamiento para el esfuerzo**

El reentrenamiento para el esfuerzo, facilitado y preparado por la readaptación, permite que la persona amputada soporte lo mejor posible el esfuerzo de repetir los movimientos de la vida cotidiana. Una vez que el enfermo se ha recuperado de la intervención quirúrgica, se puede comenzar con prudencia y progresivamente a hacer movimientos de gimnasia general. Estos ejercicios se hacen con frecuencia y rigor pero bajo control cardiovascular.

REHABILITACIÓN DESDE QUE EL PACIENTE SE LEVANTA POR PRIMERA VEZ HASTA EL VIGÉSIMO DÍA

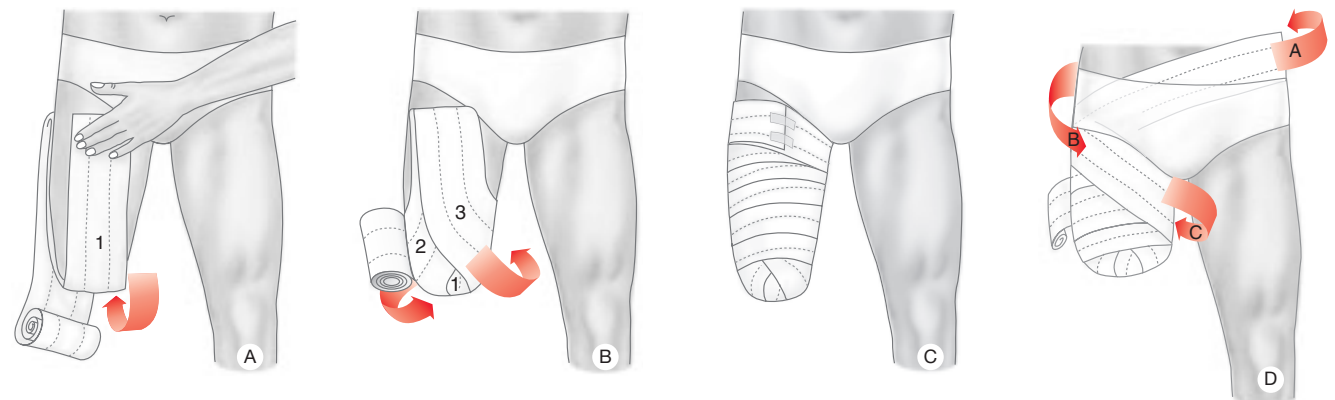
Cuando el drenaje deja de fluir, el enfermo se puede levantar una vez que se desmonta y se quita la tracción eventual.

■ **Recuperación**

Una vez que el enfermo se pone de pie, el edema suele aumentar por las bruscas variaciones de presión hidrostática derivadas de la verticalización. Para evitar esto, es imprescindible verificar, cada vez que el enfermo se levanta, que el vendaje esté bien colocado. Antes se empezaban en ese momento los ejercicios de contracción simultánea de los músculos antagonistas del muñón. Estos ejercicios de «globulización» ya no se hacen debido a que no todos los pacientes los pueden realizar y porque «despertaban» o incluso creaban dolores o sensaciones de miembro fantasma.

■ **Readaptación**

La bipedestación es muy progresiva, pasando por la posición sedente, la cual es intermedia y permite evitar posibles vértigos y lipotimias. En esta fase comienza el aprendizaje de la marcha con bastones-muletas. Esta etapa es importante porque brinda al paciente una autonomía indispensable de mane-



9 Esquema que muestra cómo se realiza el vendaje en una amputación transfemoral.

ra inmediata y le sirve para toda su vida en los momentos en los que se desplace sin la prótesis.

■ *Reentrenamiento para el esfuerzo*

En esta fase, el reentrenamiento para el esfuerzo tiene una importancia creciente. Se combina el trabajo de los aductores de los brazos y el del miembro inferior intacto con el reentrenamiento cardiorrespiratorio.

El reentrenamiento para el esfuerzo del miembro amputado se limita a movimientos activos, sin resistencia, de la rodilla y/o de la cadera que sirven para mantener el tono muscular.

REHABILITACIÓN A PARTIR DEL VIGESIMOPRIMER DÍA

■ *Generalidades*

El paciente debe ingresar en un centro especializado lo antes posible. En la práctica, este plazo suele oscilar entre 2 y 4 semanas después de la amputación. El centro de rehabilitación reúne todos los recursos humanos y materiales necesarios para la persona amputada. Consisten en:

- cuidados médicos de una eventual patología causal o asociada;
- cuidados locales de las lesiones cutáneas del muñón o de otras localizaciones, concretamente del miembro inferior opuesto, que son frecuentes en los pacientes politraumatizados o arteríticos;
- rehabilitación, que hay que proseguir e intensificar a medida que el paciente progresa, siguiendo las modalidades anteriormente expuestas y después con el aparato, una vez que el paciente use la prótesis.

■ *Prótesis*

En cuanto el estado local del miembro lo permite (que generalmente suele ser a partir del vigesimoprimer día), se empieza a utilizar la prótesis. En todos los casos, incluso con un vendaje correcto, el muñón está edematoso; además, los músculos a este nivel están en proceso de atrofia. Para responder a estas modificaciones, se adaptan tantas veces como sean necesarias el volumen y las formas del encaje de la prótesis. Esta fase protésica provisional se prolonga hasta que la estabilidad del volumen del muñón permita colocar la primera prótesis definitiva con la que habitualmente el paciente puede regresar a su domicilio. Durante los meses siguientes, el «adelgazamiento» del muñón prosigue pero de forma menos rápida. Generalmente, después de 3 a 6 meses, se coloca la segunda prótesis definitiva porque la primera resulta demasiado grande.

Amputaciones parciales del pie

AMPUTACIONES DE LOS DEDOS

Las amputaciones de los dedos van desde la amputación de una falange hasta la desarticulación de todos los dedos del pie. La repercusión funcional no suele ser importante y se caracteriza por las secuelas observadas en el paso posterior. Se deben fundamentalmente a una rigidez articular eventualmente asociada a la anulación o reducción de la impulsión, que es importante cuando se trata del dedo gordo. El déficit secundario a la pérdida anatómica a veces está incrementado por cicatrices cutáneas adherentes y/o injertadas que provocan dolor.

■ *Cirugía*

Como ocurre en todos los niveles de amputación, el cirujano debe limitar lo más posible la resección y tener siempre en cuenta que el muñón debe tener un extremo óseo romo, recubierto por un tejido cutáneo flexible y de buena calidad.

■ *Prótesis*

El tratamiento ortopédico consiste en pequeñas prótesis de tipo ortoplástico, con las que se trata de evitar la desviación lateral de los otros dedos hacia el espacio dejado vacío y que sirven para proteger el o los muñones de los dedos. Estos aparatos pequeños se fabrican in situ con silicona bicompuesta, se les da forma sobre el pie y se introducen en la media. En todos los casos en los que la incidencia de la amputación en la fase propulsiva es importante (amputación aislada del dedo gordo, amputación de todos los dedos salvo el dedo gordo, o desarticulación de todos los dedos), es posible compensar en parte el déficit de propulsión proporcionando al paciente una plantilla de fibra de carbono introducida dentro del zapato. No obstante, estos zapatos deben tener un buen contrafuerte ascendente que mantenga el talón en su sitio para evitar el descalce parcial posterior durante la fase de empuje. Cuando la amputación se extiende a varios dedos, al realizar la ortoplastia hay que procurar que el «segmento falso» fabricado no provoque una ulceración por contacto en la parte anterior del muñón.

■ *Elementos de la rehabilitación*

A través de la rehabilitación se debe tratar de prevenir cualquier rigidez a nivel de las articulaciones metatarsofalángicas e interfalángicas de los dedos restantes, de consecuencias muy perjudiciales para la función porque limita los movimientos articulares (el prototi-

po es la artrosis de la primera articulación metatarsofalángica).

AMPUTACIONES TRANSMETATARSIANAS

■ *Cirugía*

Teniendo en cuenta las propiedades mecánicas irremplazables de la piel plantar, es importante que el cirujano secciona el hueso conservando una palanca ósea lo más larga posible, y que recubra el extremo anterior del muñón con un colgajo de piel plantar doblado hacia adelante de la mayor longitud posible. Los extremos óseos deben ser redondeados con una pinza gubia para evitar irregularidades que pueden ser lesivas. Al realizar el estudio funcional previo a la intervención, es importante no sólo tener en cuenta los elementos óseos, sino también los tejidos blandos. Una amputación parcial del pie con un nivel óseo transmetatarsiano y una piel plantar que no sobrepase el nivel de Lisfranc debe ser considerada desde un punto de vista funcional como una amputación de Lisfranc. En las amputaciones transmetatarsianas, las secuelas funcionales son más importantes cuanto más corto es el muñón. La incapacidad se debe a la deformación del pie, que se hace equino y valgo, y a un empuje insuficiente al dar el paso posterior de impulsión. Paradójicamente, el paciente trata de luchar contra esta tendencia al pie valgo, apoyando más sobre el borde externo del pie, lo que conduce a un pie varo y a lesiones por apoyo externo excesivo.

■ *Prótesis*

Consiste en una plantilla más o menos rígida. Cuando el muñón es suficientemente largo se puede recurrir a la fibra de carbono. Una ortesis plantar eleva el primer segmento devolviéndole su altura respecto del quinto, reconstruye un arco interno y limita el exceso de carga sobre el borde externo del pie. Eventualmente, se puede usar una pieza falsa para rellenar la parte anterior del zapato. Es necesario que quede una cierta distancia entre la parte posterior de esta pieza falsa y la parte anterior del muñón para evitar que aparezcan lesiones cutáneas por roce al dar el paso posterior. Esto ocurre sobre todo cuando el colgajo de piel plantar no ha sido doblado correctamente o de manera suficiente por delante del muñón. Esta ortesis plantar puede ser utilizada dentro de un zapato normal o, mejor aún, dentro de un zapato ortopédico fabricado con un molde.

AMPUTACIONES DE LISFRANC

La amputación de Lisfranc tiene una repercusión funcional intermedia entre

la de la amputación transmetatarsiana y la de Chopart. Por lo tanto, según los casos se recurre a uno o a otro tratamiento protésico. Si la piel plantar es de buena calidad y si el paciente, correctamente informado, se conforma con el resultado funcional obtenido, la prótesis que se emplea es semejante a la que se utiliza en la amputación transmetatarsiana, pero mejorada para suplir las dificultades suplementarias debidas a la brevedad del muñón. La plantilla, que se ajusta a los principios descritos anteriormente, está hecha con silicona y se inserta dentro de un botín del mismo material, cuya parte externa reproduce los contornos de un pie normal. Este botín, que llega hasta la región supramaleolar, se mete dentro de un zapato común. También se puede proponer el uso de un zapato ortopédico con una ortesis plantar, que cumple los mismos requisitos biomecánicos.

El resultado funcional es limitado, pero la marcha sin apoyo en distancias compatibles con la vida cotidiana habitual suele ser posible. En cambio, al practicar deportes y sobre todo durante la carrera se observa una cojera importante que se debe a un empuje insuficiente durante el paso posterior de impulsión (momento Rd comprendido entre 2 y 5 m.daN). También se puede proponer, dentro de los límites de tolerancia a la presión de las partes anteroinferior y retroaquilea del muñón, la colocación de una lámina en fibra de carbono cuya dureza se adapta a las necesidades.

En las personas jóvenes que desean volver a una actividad intensa o en los pacientes bilaterales, hay que proponer una artrodesis tibiocalcánea con talectomía (ATCT) según Camilleri.

CASO PARTICULAR DE LAS AMPUTACIONES PARCIALES OBLICUAS Y/O LONGITUDINALES

Este tipo de amputación plantea problemas en el tratamiento especialmente difíciles de resolver y que deben ser estudiados caso por caso. Se puede decir que el resultado funcional es el que corresponde al nivel de amputación más corto (al nivel óseo, pero también y sobre todo al nivel cutáneo plantar).

De esta forma, un paciente al que se le amputan segmentos externos de forma oblicua hasta la interlínea de Lisfranc con un primer segmento amputado a nivel transmetatarsiano, debe ser considerado desde un punto de vista funcional como un amputado de Lisfranc. Sólo excepcionalmente se puede aprovechar el nivel más largo, que a veces constituye una fuente de desequilibrio, por lo que después de la fase protésica de prueba puede estar indicado hacer una intervención quirúrgica de reparación para igualar con el nivel más corto.

AMPUTACIÓN DE CHOPART

■ Ventajas

La amputación de Chopart consiste en la desarticulación de la interlínea mediotarsiana, conservando del pie el talón, el calcáneo y el astrágalo. Generalmente, la parte anterior del muñón está recubierta por una piel frágil, que se ulcera con facilidad.

El momento del apoyo total es muy molesto para el paciente y los resultados que se logran con la prótesis son decepcionantes^[17].

Esta situación se debe al desmoronamiento del pie posterior bajo la acción conjugada de la resultante vertical de las fuerzas, que se aplica entre el pie y el suelo a nivel de la gran tuberosidad del calcáneo, por detrás, y también por el peso del paciente aplicado a lo largo del eje mecánico de la tibia, por delante. Este par de fuerzas está desequilibrado por el desorden anatómico inducido por la desaparición del arco anterior del pie (fig. 10). Las fuerzas musculares tienen un papel accesorio en la aparición de este fenómeno pero sí son fundamentales para mantenerlo.

No obstante, no hay que descartar este tipo de amputación ya que ofrece posibilidades funcionales potenciales importantes.

El talón posee propiedades mecánicas insustituibles. Permite el apoyo distal. La conservación de las conexiones fibrosas con el calcáneo impide la «holgura» que con frecuencia se observa a ese nivel en el paciente con una amputación de Syme. Gracias a este apoyo distal, se mantiene una buena mineralización del esqueleto de la pierna por su compresión axial durante la marcha y la deambulación sin aparato en distancias cortas. Además, evita las complicaciones secundarias a la transmisión del peso corporal a través de la región subtrotuliana de los pacientes con amputaciones transtibiales. Este apoyo sólo es posible cuando se ha podido

conservar el talón y si este último tiene una sensibilidad normal.

Por otra parte, la conservación del conjunto del esqueleto de la pierna permite disponer de un brazo de palanca óseo de longitud máxima, que garantiza una correcta distribución de las fuerzas. Desafortunadamente, estas ventajas son sólo teóricas cuando se intenta lograr un apoyo total sin ningún otro tipo de intervención complementaria.

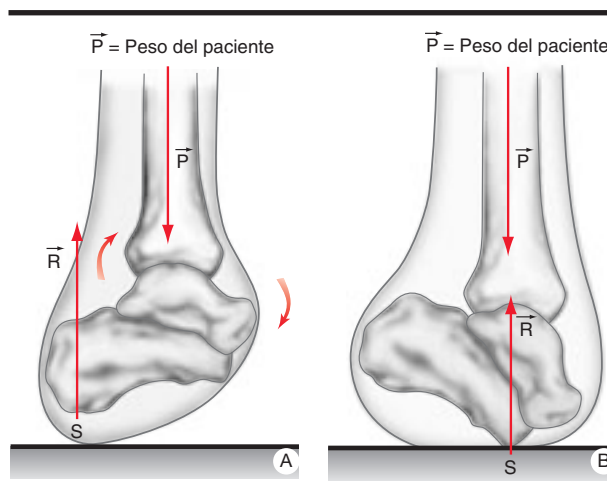
■ Intervenciones complementarias

Las diversas soluciones contempladas para resolver este problema deben ser sometidas imperativamente a un análisis en profundidad. La regularización propuesta por algunos para la amputación transtibial es perjudicial ya que priva definitivamente al paciente de la ventaja de un apoyo distal y acorta la palanca ósea.

Las tentativas de sección del tendón de Aquiles y/o de reinserción tendinosa no son suficientes para oponerse a los efectos (la báscula) y no corrigen la causa (desorden de la anatomía). Consiguen un juego articular casi normal en descarga, pero no evitan la desviación en equino con el apoyo total. Por lo tanto, estas intervenciones no deben ser realizadas. Tampoco hay que hacer una cirugía cutánea compleja ya que el cierre con colgajo libre hace que aumente el volumen de la protuberancia distal y dificulta la colocación de la prótesis. Además, gran parte de este colgajo se elimina posteriormente si se realiza una artrodesis tibiocalcánea con talectomía.

Para lograr que el paciente recupere una función que corresponda a este nivel de amputación, es decir una función casi normal, es preciso, gracias a la acción concertada entre el cirujano y el técnico ortopeda:

- proporcionar la posibilidad de un apoyo distal de buena calidad;
- conseguir que la resultante de las fuerzas que se ejercen entre el pie y el



10 Amputación de Chopart. El esqueleto del pie posterior bascula sistemáticamente y se hace equino por la acción de las fuerzas relacionadas con el apoyo.

suelo se desplace hasta el antepié en el momento de dar el paso posterior de impulsión.

Actualmente no existe ningún medio quirúrgico ni ortopédico que fije de forma lo suficientemente fuerte, como para soportar las presiones de la marcha, un antepié protésico, al pie posterior restante. Por lo tanto, las articulaciones del pie medio, tibiotalariana y subastragalina, que normalmente sirven de enlace entre los músculos de la pierna y el antepié, están anuladas. De este modo, cuando se propone una solución que requiere una artrodesis quirúrgica tibiotalariana y subastragalina, únicamente se trata de que el paciente sea capaz de recuperar un apoyo distal estable [2, 3, 6, 7, 15, 19, 24, 32, 33, 34, 36]. Con la prótesis se logra recuperar la fase impulsiva en el paso posterior.

■ Cirugía

La solución más simple consiste en realizar una artrodesis tibiotalariana y subastragalina. Es necesario recolocar el esqueleto del pie posterior en posición de función, es decir con un ligero valgo y una inclinación hacia arriba y hacia adelante de 30° sobre la horizontal del calcáneo (fig. 11). Antes de proceder a una amputación de Chopart, es absolutamente necesario intentar primero esta intervención quirúrgica. Si no se ha podido conservar el talón o si carece de sensibilidad y/o si no se ha podido realizar una artrodesis, no se puede conseguir un apoyo distal. En este caso, hay que hacer una amputación transtibial baja.

■ Prótesis

En apoyo bipodálico, con el pie plano, las fuerzas que se ejercen entre el pie y el suelo admiten una resultante \vec{R} con un punto de aplicación S (fig. 12A). Esta resultante pasa un poco por delante del eje mecánico del miembro y crea, respecto de un punto cualquiera de este último, un momento $\vec{R}d$ de poco valor, que es igual al producto de la intensidad de \vec{R} por la distancia d. En cambio, durante el paso posterior de impulsión, el momento $\vec{R}d$ crece por aumento de d y de \vec{R} , ya que el punto de aplicación de la resultante se desplaza hasta el antepié y porque al peso de la persona hay que añadir la componente debida a la aceleración. Durante la marcha normal, el momento alcanza un valor de 10 m.daN. Durante la carrera, este valor se multiplica por tres o por cuatro.

La marcha sin cojera sólo se puede conseguir si las fuerzas que se ejercen entre el muñón y el encaje permiten crear un momento igual y de sentido contrario a $\vec{R}d$ de un valor mínimo de 10m.daN y de tres a cuatro veces más en la carrera.



11 Artrodesis doble tibiotalariana y subastragalina. Se observa que no se ha levantado lo suficiente el calcáneo para recuperar su inclinación fisiológica, lo que ocurre con frecuencia debido a la retracción del tendón de Aquiles, que dificulta la intervención quirúrgica.

Si la persona desea llevar una vida normal, cualquier tentativa de lograr una fijación rígida entre un antepié protésico y lo que queda del pie o a nivel de la parte baja de la pierna, provoca dolores e incluso ulceraciones. La flexibilización de la unión de este antepié protésico con el miembro residual no permite generar un momento que sea suficiente para evitar la cojera. La única alternativa consiste en realizar una prótesis de tipo Syme, que sube hasta la región de la tuberosidad anterior. Las fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 que actúan sobre los brazos de palanca d_1 y d_2 de gran longitud y que se aplican sobre una superficie importante, generan en la interfaz

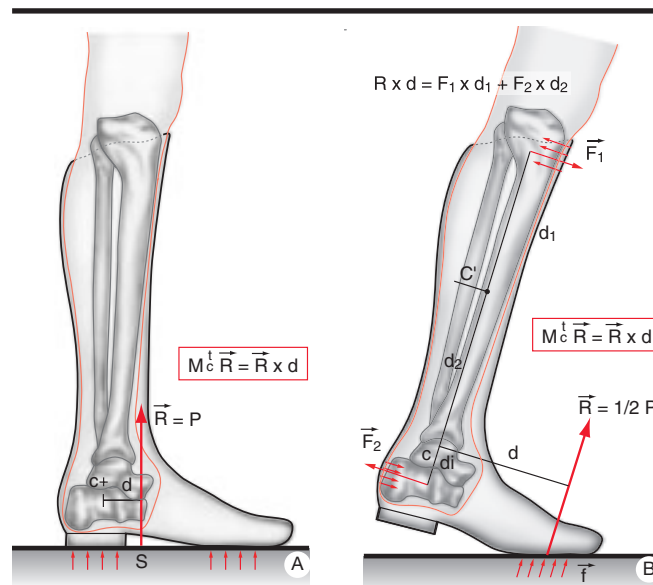
muñón-encaje presiones compatibles con un uso continuo y prolongado (fig. 12B). Las pruebas realizadas con calzado ortopédico o miniprótesis no han dado buenos resultados, como se observa también en las curvas registradas en la plataforma de fuerzas. El momento Rd se aproxima a 10m.daN en la persona sana y en el paciente que utiliza una prótesis de tipo Syme, mientras que con una prótesis baja (fig. 13) varía entre 2 y 5m.daN.

Lamentablemente, la prótesis de tipo Syme con apoyo distal, que se prescribe a quienes tienen una amputación de Chopart con artrodesis, es antiestética. Tiene una ventana para calzarse que la hace más frágil y precisa una compensación debajo del pie contralateral por la desigualdad de longitud de los miembros inferiores provocada por el volumen del pie protésico. Además, su adaptación es extremadamente difícil porque las zonas cutáneas en la parte anterior son frágiles y difíciles de proteger contra el roce del aparato.

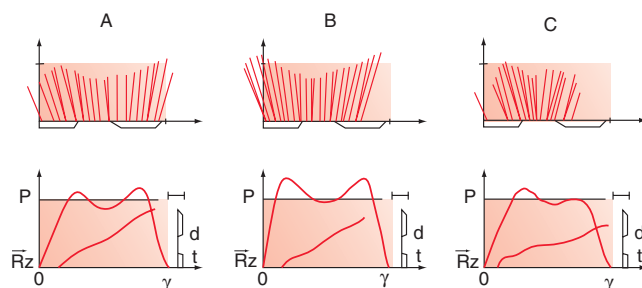
Todas estas consideraciones hacen que las indicaciones de la doble artrodesis tibiotalariana y subastragalina sean limitadas. Gracias a las numerosas investigaciones llevadas conjuntamente a nivel quirúrgico y ortopédico se ha podido establecer un protocolo satisfactorio que, salvo excepciones, debe ser aplicado a todas las amputaciones de Chopart traumáticas con talón intacto y sensible. Este protocolo se describe en el capítulo siguiente.

AMPUTACIÓN DE CHOPART COMPLETADA CON UNA ATCT SEGÚN CAMILLERI [9]

Esta amputación de Chopart completada con una ATCT [8] tiene el mérito de conservar las ventajas aportadas por la amputación de Chopart (posibilidad de



12 A. Situación de la resultante \vec{R} de las fuerzas que se ejercen entre el pie apoyado y el suelo. El momento $\vec{R}d$ es pequeño. B. Presiones que se ejercen en la interfaz muñón-encaje de una prótesis de Syme durante el paso posterior de impulsión. El momento $\vec{R}d$ aumenta.



13 Representación gráfica de las fuerzas que se ejercen entre el pie y el suelo recogidas sobre la plataforma de fuerzas. Estas curvas han sido aisladas partiendo del registro obtenido sobre la plataforma de fuerzas del centro de investigación del centro de rehabilitación y prótesis de Valenton, y han sido agrupadas para una mayor comodidad.

A. Persona no amputada.

B. Paciente con amputación de Chopart con una prótesis de tipo Syme.

C. Persona con amputación de Chopart con una miniprótesis.

apoyo distal de buena calidad y duradero, brazo de palanca óseo largo) y de limitar sus inconvenientes. La disminución del volumen distal a expensas del esqueleto y de los tejidos blandos permite reducir o incluso suprimir zonas cutáneas distales frágiles y proporciona un muñón limpio que se puede introducir en una prótesis de tipo Syme, pero sin ventana lateral. Además, hay un acortamiento de algunos centímetros, por lo que el pie protésico no precisa una compensación contralateral.

A continuación, se coloca al paciente una prótesis de tipo Syme (recuérdese que es el único medio conocido para restablecer una fase impulsiva prácticamente normal, uniendo un antepié protésico a lo que queda del esqueleto crural), generalmente sin ventana (siempre que se haya podido reducir suficientemente la hinchazón del muñón) y de apoyo distal.

Los progresos recientes logrados con los materiales compuestos (composite) permiten que además de utilizar la fibra de carbono para confeccionar el encaje, se pueda realizar un pie protésico. Estos materiales tienen la propiedad de deformarse bajo una carga, proporcionalmente a esta última y de recuperar la forma inicial con una pérdida de energía mínima del orden del 10%. Además, la lámina recupera su posición inicial en un tiempo muy breve. La asociación de ambas propiedades proporciona al paciente una sensación de «dinamismo» muy apreciada por los más activos. Sin embargo, para obtener estas ventajas es necesario adaptar con precisión las características del pie al peso del paciente y al nivel de la actividad deseada. De este modo, si es demasiado flexible, el pie se deforma, incluso se quiebra; si es demasiado rígida, hace que la marcha sea incómoda y el muñón soporta presiones excesivas. La dificultad reside en diseñar y seleccionar una lámina cuyas características cubran una gama lo suficientemente extensa como para adaptarse a las actividades de la vida cotidiana.

Para finalizar, se debe señalar un último punto importante, especialmente en este nivel de amputación: el grosor de la lámina de carbono permite que el pie se acomode más fácilmente en el reducido espacio disponible debajo del encaje de la prótesis.

Con este tipo de material, el paciente puede llevar una vida prácticamente normal, puede caminar sin limitación, correr y practicar cualquier deporte (fig. 14). Si se tiene en cuenta los excelentes resultados funcionales y estéticos obtenidos, la intervención de Camilleri asociada a una prótesis de este tipo debe proponerse siempre que el paciente desee aprovechar el potencial teórico que le ofrece la amputación de Chopart.

En la amputación de Lisfranc, se propone este protocolo si el resultado funcional con una plantilla o un botín de silicona resulta insuficiente. También se puede proponer directamente en los casos en los que las características locales (muñón muy corto, revestimiento cutáneo plantar anterior de mala calidad) no permiten esperar un resultado compatible con los deseos del paciente.

AMPUTACIÓN DE SYME (fig. 15)

Constituye el último nivel de las amputaciones parciales del pie, del que tan sólo queda el talón. Éste no está, como en las amputaciones de Chopart y de Camilleri, unido al esqueleto por sus estructuras anatómicas. En consecuencia, a veces se luxa, por lo que esta técnica pierde su ventaja principal, es decir la posibilidad de un apoyo distal.

■ Cirugía

El cirujano debe tratar de conseguir una superficie de apoyo perfectamente horizontal y resecar los maléolos de forma que no queden prominencias óseas en la zona de apoyo. Teniendo en cuenta el inconveniente habitualmente



14 Prótesis de tipo Syme utilizada por un paciente que presenta una amputación de Camilleri bilateral.

observado relacionado con la movilidad del talón respecto del plano óseo, la intervención quirúrgica debe lograr que la unión entre el talón y los elementos subyacentes^[29] sea lo más estrecha posible.

■ Prótesis

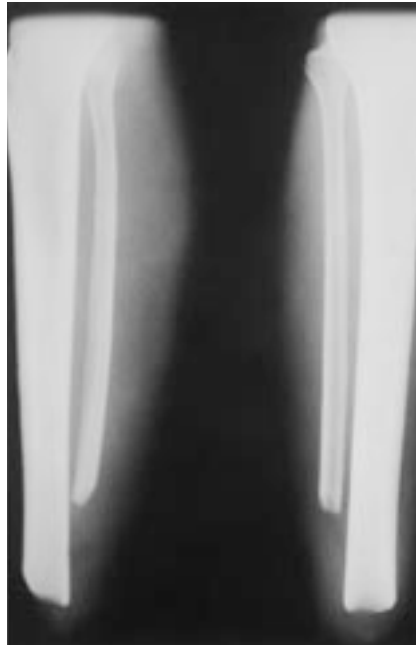
La ortopedia se hace con una prótesis de tipo Syme, con ventana y apoyo distal. El resultado funcional obtenido es excelente, semejante al logrado con los casos de amputación de Chopart o de ATCT. Cuando el talón «baila» y el apoyo distal se vuelve doloroso y/o se ulcera, hay que añadir a la prótesis un apoyo subrotuliano. En este caso, el resultado funcional es similar al de un amputado transtibial de muñón largo. Ante una situación de este tipo cabe preguntarse si es oportuno conservar una protuberancia distal, la cual requiere la realización de una ventana lateral sin la contrapartida de un posible apoyo distal. Por lo tanto, la indicación de una amputación transtibial baja puede estar justificada.

Amputación transtibial

En este nivel de amputación, el apoyo distal es imposible. El apoyo principal se ejerce sobre la región proximal. En la actualidad, ya no se debe hacer una osteomioplastia, intervención que es difícil de realizar correctamente. Implica tener que amputar a un nivel más alto que el que la lesión inicial requiere, cuando su situación es baja, y con frecuencia presenta complicaciones sépticas. Además, sus supuestos resultados funcionales^[22] no eran mejores que los que se logran con la técnica quirúrgica



15 Radiografía de una amputación de Syme o desarticulación tibiotarsiana. Lamentablemente, el corte tibial no es horizontal en el plano frontal y se observa una punta saliente distal en el maléolo peroneo.



16 Radiografía de un muñón de amputación transtibial en la que se observa una extremidad tibial roma y acortamiento del peroné.



17 Muñón largo transtibial con una cicatriz distal bien realizada, resultado de un estudio funcional previo excelente.

«estándar»^[4]. Con esta última se obtiene un muñón que requiere una prótesis de contacto. Resulta obsoleto proponer una determinada técnica quirúrgica para obtener un determinado tipo de muñón que requiera una prótesis en particular.

CIRUGÍA

A nivel óseo, el cirujano trata de que la superficie de la extremidad tibial sea lo más regular posible, sobre todo en su parte anterior, lugar donde se concentrarán las presiones durante la marcha. El resultado es una extremidad tibial redondeada en todas sus caras, lo más roma posible (fig. 16).

Debe recordarse que, como ocurre en todos los niveles de amputación, la longitud del brazo de palanca óseo condiciona el resultado funcional posterior y que por lo tanto hay que tratar de conservar la mayor longitud posible. Sin embargo, para evitar las dificultades relacionadas con un «almohadillado» insuficiente, en la práctica la sección no debe hacerse a menos de 8 cm de la interlínea tibiotarsiana. El peroné se secciona entre 3 y 4 cm por encima de la tibia, siguiendo un plano de corte oblicuo por abajo y hacia adentro. Las partes blandas no deben ser excesivas ni escasas, sino suficientes para lograr un buen «almohadillado» de las partes óseas (fig. 17). Cuando al cerrar el muñón *per primam* es necesario sacrificar tejido óseo por falta de revestimiento cutáneo y/o de tejidos blandos, se puede pensar en la posibilidad de recurrir a la microcirugía y a la realización de un colgajo.

Caso particular de los muñones cortos

Un muñón transtibial, aunque sea corto, siempre da un resultado funcional mejor que una amputación a nivel femoral, pero para ello es necesario que se haya podido conservar la inserción del tendón rotuliano. Por otro lado, cuando la sección tiene que ser más alta, a partir del tercio superior de la tibia, se procede a la ablación total del peroné para evitar su abducción por la acción del bíceps femoral (fig. 18).

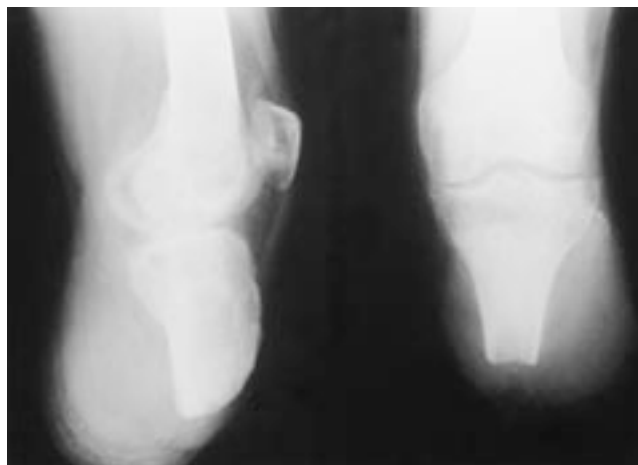
PRÓTESIS

A nivel tibial, una parte importante de la transmisión de las fuerzas verticales (fundamentalmente el peso corporal) se hace a través del apoyo subrotuliano y del contraapoyo poplíteo asociado. El aparato, una prótesis tibial de contacto, se compone de un manguito de espuma que reparte las presiones sobre los relieves óseos sensibles del muñón, de un encaje, un segmento crural y un pie protésico (fig. 19). El pie puede ser fijo, articulado, o de material compuesto laminado^[12, 18, 25, 28, 39].

Los pies hechos de este último material, a veces llamados «de restitución de energía», no tienen ningún tipo de articulación. Los movimientos se consiguen por deformación y posterior recuperación de la posición inicial de una lámina de material compuesto, generalmente a base de fibra de carbono. Estos pies son muy livianos y resistentes. Su capacidad de devolver, cuando el pie deja el suelo, una parte de la energía acumulada durante la fase de

apoyo representa una ventaja funcional muy interesante^[25, 30]. Con un pie protésico tradicional, la energía restituida es del 30 %, mientras que con los pies de material compuesto, que dan mejor resultado, se alcanza el 90 % (fig. 20).

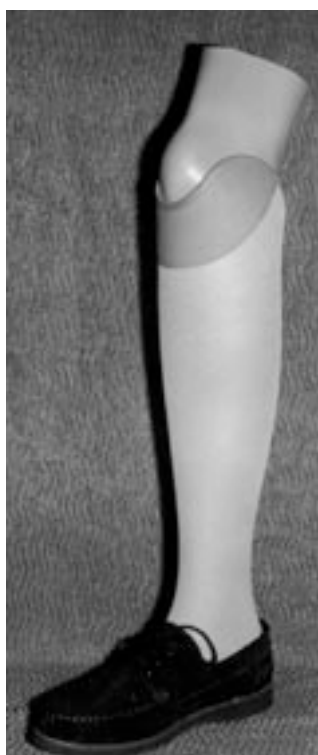
Cuando el muñón es muy corto, hay que añadir una muslera para estabilizar el aparato en el plano frontal, sin dificultar los movimientos en el plano sagital (fig. 21). Esta estabilización frontal permite que la persona utilice más su prótesis en todo tipo de terreno e influye favorablemente y de forma considerable desde el punto de vista funcional. La muslera está unida al encaje por un arnés posterior que impide la hiperextensión de la rodilla, permite que la fase de impulsión sea más importante porque reparte el esfuerzo en el conjunto del aparato y evita la evolución hacia una hiperextensión de la rodilla. Algunos autores rechazan su empleo ya que puede causar molestias o porque para determinadas personas poco informadas esta muslera recuerda a las prótesis tradicionales ya superadas. Es importante recordar que se trata de una prótesis tibial de contacto adaptada según las normas técnicas, a la que se añade una muslera porque el muñón es corto. En cuanto a los inconvenientes, es cierto que esta prótesis tarda más en colocarse que una prótesis de contacto simple, porque el paciente tiene que calzarse y abrocharse la muslera. Además, también es cierto que el volumen del muslo se reduce después del uso prolongado de un sistema de este tipo, debido a la desaparición del tejido celular graso subcutáneo por la presión de la muslera, y no a la amiotrofia



18 Muñón de amputación transtibial muy corto. Obsérvese la ablación del peroné.



21 Prótesis tibial de contacto con muslera suplementaria para un paciente con amputación transtibial con muñón muy corto.



19 Prótesis tibial de contacto con manguito de protección para el muñón.



20 Pie de material compuesto llamado de «restitución de energía». Con este tipo de pie el paciente amputado puede participar en actividades deportivas logrando resultados similares a los de las personas válidas.



22 Radiografía de una fractura supracondílea por encima de un muñón transtibial muy corto. Se observa una importante desmineralización ósea.

inducida por esta última. La amiotrofia observada en los pacientes que tienen un muñón transtibial muy corto, aunque lleven una prótesis sin muslera, se debe a la escasa longitud de la palanca ósea. El volumen del músculo es proporcional al esfuerzo que puede desarrollar y nunca disminuye a causa de la muslera, la cual proporciona un resultado funcional mejor. Además, protege la región supracondílea de las presiones. Si el paciente no la usara, dichas presiones podrían provocar una fractura que sería sumamente perjudicial (fig. 22). Por lo tanto, cuando el muñón es muy corto se debe recomendar siste-

máticamente al paciente el empleo de este tipo de prótesis.

El resultado funcional de un paciente con amputación transtibial que utiliza una prótesis tibial de contacto está directamente relacionado con:

- la calidad del muñón (longitud del brazo de palanca óseo, estado de los extremos óseos y de los tejidos blandos, libertad articular);
- el estado general del paciente;
- la calidad de la prótesis.

Cuando el muñón es largo, la persona puede hacer una vida casi normal, practicar un deporte como el tenis y conducir sin ningún tipo de adaptación especial [20], siempre que cuente con el permiso de las autoridades competentes. Sin embargo, el transporte de cargas es difícil y penoso para el paciente,

porque durante el apoyo las presiones se localizan sobre todo en la parte superior del muñón.

Desarticulación de la rodilla

La amputación a partir de este nivel priva al paciente de una estructura anatómica pero sobre todo funcional irre-

emplazable como es la rodilla. En la actualidad, no existe ningún componente protésico que permita la extensión activa de la rodilla, ni siquiera el apoyo en semiflexión. La persona debe enfrentarse todos los días a situaciones como el miedo a caerse, la imposibilidad de subir un escalón o levantarse del suelo con el miembro amputado. Estos problemas ponen de manifiesto la importancia del déficit funcional en relación con las amputaciones transtibiales. No obstante, la desarticulación de la rodilla tiene más ventajas que la amputación transfemoral. Cuando la piel es de buena calidad, los cóndilos permiten un apoyo distal. El brazo de palanca ósea, constituido por el fémur restante, tiene una longitud máxima. Por último, el aparato es muy fácil de colocar y la persona se lo puede poner sentada, lo que es especialmente importante para los pacientes de edad avanzada. Desde un punto de vista quirúrgico, se trata de una intervención poco traumática, que no requiere la sección de ningún hueso y que por lo tanto se puede proponer incluso cuando el estado general no es bueno. En el niño, la desarticulación tiene además la ventaja de conservar la región epifisaria inferior del fémur, lo cual es importante porque preserva el potencial de crecimiento y evita la aparición de lesiones cutáneas recidivantes ^[16].

CIRUGÍA

Para poder beneficiarse de la ventaja principal que es la posibilidad de disponer de un apoyo distal, la zona formada por el extremo de los cóndilos debe estar cubierta por una piel de excelente calidad, libre de adherencias y de cicatrices.

En la práctica, esta intervención sólo es posible cuando las partes blandas son lo suficientemente largas como para poder situar fuera de la zona de apoyo la cicatriz, la cual será longitudinal o transversal según la técnica ^[5, 31, 40]. Cuando el estado de los extremos óseos o de los tejidos blandos impide contar con un apoyo distal, hay que hacer una amputación transfemoral.

Numerosos autores consideran que la ablación de la rótula no es necesaria, ya que debido a la retracción del cuádriceps, esta última se coloca por encima y por delante del macizo condíleo y no estorba.

PRÓTESIS

El aparato consta de un manguito más o menos alto y de un encaje que a menudo suele estar abierto por su parte anterior para permitir su colocación, pero que en su parte superior está separado de la zona genitorcual, la cual es sensible. Es muy fácil de colocar, incluso en posición sedente, lo que

es especialmente importante para las personas de edad avanzada. Sin embargo, la asimetría de los segmentos crurales, más visible cuando la persona está sentada, y el aspecto antiestético por la presencia de los cóndilos, hacen que esta amputación se reserve para las personas mayores (en las que es más conveniente que la amputación del muslo) o para aquellas muy activas. Cuando se trata de personas preocupadas por su aspecto, es preferible realizar una amputación de Gritti. Las posibilidades funcionales son importantes, comparables a las del paciente con amputación femoral. No obstante, la ventaja proporcionada por el apoyo distal y por la longitud de la palanca ósea es notable.

Amputación de Gritti

Como en el caso de la desarticulación de la rodilla, es posible el apoyo distal. El acortamiento femoral elimina los inconvenientes.

CIRUGÍA

Consiste en fijar la rótula al extremo del fémur. Después de hacer una desarticulación tradicional, se secciona el fémur inmediatamente por debajo del tubérculo del tercer aductor.

Se aviva la cara posterior de la rótula y se aplica sobre el plano de sección femoral. Los dos huesos se mantienen en contacto mediante tornillos. Esta fijación se completa con la sutura de los elementos aponeuróticos y musculares. El problema fundamental deriva de la dificultad de síntesis de la rótula, que si no está fuertemente fijada tiene tendencia a luxarse hacia atrás. El material de osteosíntesis empleado no debe ser traumático para que no afecte al apoyo distal sobre la cara anterior de la rótula. En lo que se refiere a la piel, las consideraciones biomecánicas son idénticas a las de la desarticulación de la rodilla y por lo tanto se aplican las mismas reglas que en esta última intervención, es decir la cicatriz queda detrás, lejos de la zona de apoyo. Cuando el estado de los extremos óseos o de los tejidos blandos no permiten disponer de un apoyo distal, hay que hacer una amputación transfemoral.

PRÓTESIS

La prótesis es del mismo tipo que la empleada en las desarticulaciones de la rodilla. Sin embargo, desde un punto de vista estético es notablemente mejor por la forma cónica del muñón y resulta más fácil alojar la rodilla protésica gracias al acortamiento provocado por la desaparición de los cóndilos.

Estas consideraciones hacen que la amputación de Gritti esté especialmente indicada en la persona joven y en la mujer, siempre que la desarticulación de la rodilla sea posible. Los resultados funcionales son intermedios, se sitúan entre los de la amputación transtibial y los de la amputación transfemoral, iguales que los que se logran con la desarticulación de la rodilla, puesto que en definitiva tan sólo se trata de una variante.

No obstante, como la superficie de apoyo sobre la rótula es más débil no siempre se puede conseguir un apoyo distal completo, por lo que una persona joven y muy activa no puede alcanzar el mismo nivel funcional que con una desarticulación de rodilla.

Amputación transfemoral

GENERALIDADES

Desde un punto de vista funcional, se trata de una pérdida importante, sobre todo en la persona mayor, para quien la colocación de la prótesis es a veces un obstáculo insalvable. El apoyo es isquiático y no sobre un muñón, como en la desarticulación de la rodilla o de Gritti. Además, la pérdida de la rodilla constituye una minusvalía importante, por lo que sólo se amputará a este nivel después de haber agotado todas las posibilidades de conservación de esta estructura articular. Gracias al empleo de rodillas protésicas de control de fase de apoyo y de fase pendular, sobre todo cuando se asocian a los nuevos pies de «restitución de energía», los resultados han mejorado sensiblemente. Cuando el muñón es suficientemente largo, la marcha rápida, la carrera y la práctica de actividades deportivas son posibles. Sin embargo, la incapacidad para efectuar una extensión activa de la rodilla limita algunas actividades como por ejemplo subir escaleras, lo cual se hace simétricamente. Por otro lado, como ocurre con las desarticulaciones de rodilla, la conducción de un vehículo requiere generalmente una adaptación del automóvil (embrague automático y cambio de lado del pedal del acelerador para las amputaciones del lado derecho).

CIRUGÍA

Igual que en el nivel transtibial, el cirujano debe tratar de conservar una palanca ósea lo más larga posible y hacer que su extremo sea romo ^[26]. El almohadillado se consigue gracias a la sutura de los músculos antagonistas. Algunos autores recomiendan la reinscripción de los aductores mediante pun-

tos transóseos [11]. El cirujano tratará de situar la cicatriz lejos de las zonas de presión, lo que en la práctica corresponde a la región distal y posterior del muñón. No obstante, esto no debe ser normativo y obligar al cirujano a proyectar un acortamiento injustificado de la palanca ósea.

PRÓTESIS

La prótesis femoral consta de un encaje de contacto de apoyo preferentemente isquiático, una rodilla y un pie protésicos (fig. 23).

■ Encaje de contacto

La transmisión de las fuerzas verticales que se ejercen entre el paciente amputado y el suelo se lleva a cabo en su mayor parte gracias al apoyo de la región del macizo isquiático, asociado a un contrapoyo diametralmente opuesto. Las otras fuerzas discurren por las paredes del encaje que están en contacto con toda la superficie del muñón (fig. 24) [14, 35]. En los encajes cuadrangulares, el apoyo se hace sobre una pieza que se adapta a la tuberosidad isquiática, mientras que en los encajes «de isquión incluido» [37] se reparte por el borde postero-interno, más ancho.

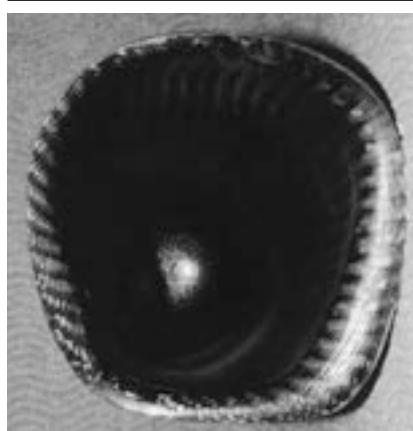
■ Rodilla protésica

La rodilla protésica debe ofrecer una gran estabilidad durante la fase de apoyo y, a la vez, una movilidad controlada durante la fase pendular [23]. La estabilidad, proporcionada durante la fase de apoyo por los sistemas hidráulicos, se acompaña lamentablemente de una resistencia durante la fase pendular, que limita la movilidad y puede fatigar al paciente cuando utiliza el aparato durante mucho tiempo. Los sistemas con pequeñas bielass [35] (que proporcionan una cierta estabilidad durante la fase de apoyo) combinadas con un control neumático de la fase pendular (que permite andar rápido y durante mucho tiempo con menos cansancio) parecen ser actualmente los más adecuados para el uso cotidiano (fig. 25). Gracias al uso de microprocesadores, en el futuro se podrá modificar la resistencia a la flexión y a la extensión de la rodilla protésica durante todo el ciclo de la marcha (fig. 26). Esta posibilidad tan interesante es objeto de una investigación muy activa. Sin embargo, su precio prohibitivo hace que su comercialización sea todavía difícil.

En las personas de edad avanzada, en las que la seguridad prevalece sobre cualquier otra consideración, la rodilla tiene un cerrojo. Se ha diseñado un dispositivo con cerrojo automático durante la fase de apoyo gracias a un dispositivo hidráulico, lo cual constituye uno de los progresos importantes de los últimos años.



23 Prótesis femoral de contacto con (A) y sin (B) funda estética. Sus componentes son: encaje en fibra de carbono, rodilla de control de la fase de apoyo por biela y de la fase pendular por gato hidráulico, pie de material compuesto.



24 Borde superior de un encaje femoral de contacto cuadrangular.

■ Pie protésico

Es del mismo tipo que el que se utiliza para la amputación transtibial. En la persona mayor se puede sustituir por una pieza en forma de maza, mucho más liviana y menos voluminosa.

CASO PARTICULAR DEL MUÑÓN CORTO

Cuando el muñón transfemoral es muy corto [21], 3 a 4 cm por debajo del trocánter menor, la prótesis femoral puede resultar imposible de adaptar o dar un resultado funcional inferior al que proporciona una prótesis canadiense, que es la alternativa posible. Sin embargo, al tener que flexionar el muñón dentro



25 Rodilla protésica hidráulica de eje simple.

del armazón del aparato, se forma una gran protuberancia en la parte anterior de la hemipelvis, especialmente antiestética en mujeres y en personas delgadas, por lo que en este caso puede indicarse una corrección quirúrgica con desarticulación de la cadera.



26 Rodilla protésica de biela.

Desarticulación de cadera

La desarticulación de la cadera es una intervención extremadamente mutilante que se realiza en caso de tumores de mal pronóstico o de traumatismos muy graves del miembro inferior [21, 38]. Tiene secuelas funcionales y sobre todo psicológicas muy importantes [13]. Al comienzo de la década de los cincuenta se llevaron a cabo en Toronto investigaciones muy activas sobre este tipo de aparatos ortopédicos. Esta prótesis, que desde entonces se conoce como «prótesis canadiense», tiene la complicada función de sustituir al miembro inferior en su conjunto y, sobre todo, a sus tres articulaciones: cadera, rodilla y tobillo, cuya movilidad y estabilidad se manifiestan durante la marcha bajo el efecto de las fuerzas alternas a las que está sometido el aparato.

CIRUGÍA

Debido a la importancia tanto cualitativa como cuantitativa de las presiones a las que está sometida la zona isquiática dentro del aparato, el cirujano debe prestar una atención muy especial a dicha región. Es imperativo que no haya ninguna zona injertada o adherente en la región isquiática ni tampoco en la cresta ilíaca, que es donde se «engancha» la parte alta del aparato. Las partes blandas deben ser suficientes para proporcionar un buen almohadillado pero no ser excesivas, para limitar los efectos de «pseudoartrosis» con la prótesis.

PRÓTESIS

La prótesis canadiense (fig. 27) se compone de:

— un armazón que permite durante la marcha la transmisión del peso corporal durante la fase de apoyo, la guía y la

contención del aparato. Tiene una función fundamental. Es una pieza que se obtiene por moldeado del muñón pélvico. Está fabricado en resina reforzada con fibra de carbono. Consta de:

- una zona de apoyo isquiática que debe ser lo más delgada posible para no abultar demasiado cuando la persona está sentada;
- un enganche superior que corresponde a la depresión de la región del flanco por encima de la parte posterior de la cresta ilíaca;
- dos «manos de apoyo», una anterior y otra posterior. Comprimen las partes blandas de las regiones correspondientes del muñón y de esta forma estabilizan el encaje, evitando sobre todo los movimientos de rotación;
- un cinturón, que ayuda a retener y a equilibrar las presiones en varo del aparato en la carga total durante el apoyo monopodálico. Es de cuero moldeado, cruza el tronco y se apoya sobre la cresta ilíaca contralateral. Se fija al armazón en dos puntos, uno anterior y otro posterior;
- la cadera, articulación metálica de eje simple o con una pequeña biela. Está situada en la parte inferior del armazón, por delante. Esta disposición es fundamental para conseguir la estabilidad en extensión durante la fase de apoyo, la flexión controlada durante la fase pendular, así como para evitar cualquier abultamiento en la región isquiática cuando la persona está sentada. No obstante, no debe estar situada demasiado por delante para facilitar el paso del pie protésico por encima del suelo durante la fase pendular. Este eje debe tener buenas cualidades mecáni-

cas para poder resistir las presiones en varo cuando el apoyo se hace sólo sobre un pie;

— un segmento *crural*, compuesto por un tubo que une la articulación de la cadera con la de la rodilla. A veces tiene un pequeño apoyo que en posición erguida sirve de tope de extensión de la cadera y en posición sedente, mueve hacia arriba y hacia adelante la funda de espuma.

— la *rodilla*, que une el muslo con la pierna. La necesidad o no de un cerrojo dependerá de la habilidad del paciente.

Cuando se utiliza una rodilla libre, como ocurre generalmente con los jóvenes, la estabilidad en la extensión se consigue fabricando el aparato de tal forma que la recta que contiene la resultante de las fuerzas que se ejercen entre el pie y el suelo quede por delante del eje de rotación de la rodilla protésica durante toda la fase de apoyo;

— el *tobillo* que no presenta ninguna particularidad. Se puede utilizar indistintamente cualquier tipo de tobillo disponible en el comercio;

— la *funda estética* que se hace tomando como modelo el miembro inferior opuesto; se «esculpe» partiendo de una pieza de espuma de poliuretano alveolada y requiere un auténtico sentido artístico. La funda se cubre con una media sintética que le proporciona una buena resistencia mecánica.

Las posibilidades funcionales de los pacientes desarticulados de cadera se tratan más adelante, junto con las de los desarticulados interilioabdominales, ya que estos dos grupos de pacientes utilizan el mismo tipo de prótesis.



27 Prótesis canadiense con (A) y sin (B) funda estética, propuesta para los pacientes desarticulados de cadera y para las amputaciones a ese nivel (personas con amputaciones transfemorales con muñones muy cortos y con desarticulaciones interilioabdominales).

Desarticulación interilioabdominal

La desarticulación interilioabdominal afecta aún más que la desarticulación de la cadera, al futuro personal y social del enfermo.

Como la intervención quirúrgica incluye también a las partes blandas de la pelvis menor, a veces se deja un estoma digestivo y/o urinario que constituye una complicación suplementaria para el tratamiento ortopédico.

CIRUGÍA

El pronóstico funcional depende de las posibilidades de apoyo sobre el muñón que el cirujano ha podido dejar una vez terminada la intervención quirúrgica. La persistencia de un relieve óseo es de gran utilidad para poder disponer de un apoyo, que casi siempre es parcial, y a veces sirve simplemente para sostener la prótesis.

PRÓTESIS

La prótesis es idéntica a la que se utiliza en la desarticulación de la cadera [21]. Sin embargo, para definir la forma del armazón y la posición del cinturón se deben tener en cuenta las particularidades del caso, relacionadas con la importancia de la resección ósea, con la calidad del revestimiento cutáneo que a veces está injertado y es frágil, y con la posible existencia de uno o varios estomas.

Las posibilidades funcionales de las personas amputadas que utilizan una prótesis canadiense son variables y dependen del nivel de amputación y de la edad.

La primera categoría de pacientes, que es la más importante, está constituida por los amputados por desarticulación de cadera y por los amputados a nivel del cuarto superior del fémur. Sus posibilidades funcionales disminuyen con la edad:

— antes de los 40 años, los desplazamientos de la vida cotidiana no están limitados y se hacen sin ayuda. La rodilla de la prótesis está libre;

— entre los 40 y 60 años, el perímetro de la marcha se limita a 500 m y se suele emplear un bastón simple. La rodilla del aparato está libre en el 50 % de los casos;

— después de los 60 años, la distancia que se puede recorrer de una sola vez es tan sólo de 100 a 200 m. Los bastones-ingleses son imprescindibles y la rodilla de la prótesis tiene cerrojo.

La segunda categoría de pacientes, constituida por amputados a nivel interilioabdominal, tiene posibilidades funcionales más limitadas aunque existen

diferencias individuales importantes. En el mejor de los casos, es decir cuando se ha podido conservar un relieve óseo que permite el apoyo en el aparato, los resultados funcionales son parecidos a los de la primera categoría de pacientes, pero todos tienen que desplazarse al menos con una ayuda. La evolución con la edad sigue el esquema anteriormente descrito. En los casos menos favorables, la prótesis tiene una función fundamentalmente estética y el paciente se desplaza con dos bastones ingleses.

En todos los niveles de amputación, y para las franjas de edades mencionadas, la reincorporación a una actividad profesional es casi constante. Los pacientes amputados a nivel interilioabdominal necesitan más una reorientación profesional que los amputados por desarticulación de cadera o a nivel del cuarto superior del fémur. Estos pacientes pueden conducir un automóvil, pero siempre de acuerdo con las modalidades expuestas para las amputaciones crurales.

Casos particulares

MUÑONES DEFECTUOSOS

A veces las circunstancias tienen un carácter urgente y no siempre es posible poner en práctica las reglas previamente descritas. El resultado es que el cirujano deja voluntariamente un muñón defectuoso. Por otra parte, un fallo de la técnica o la aparición de fenómenos locales indeseables pueden alterar el resultado final del muñón. Se trata de los muñones defectuosos propiamente dichos. En ambos casos, estos defectos plantean problemas muy difíciles y a veces insalvables para el tratamiento ortopédico [1].

— las extremidades óseas son lesivas para la piel (fig. 28);
— se han desarrollado exostosis en el extremo (fig. 29);
— las partes blandas son insuficientes o excesivas.

■ Muñones voluntariamente defectuosos

Cuando es imposible conseguir el cierre del muñón *per primam*, salvo a costa de un sacrificio óseo perjudicial o de un riesgo séptico importante, el muñón se deja abierto. La fase de cuidados locales y de cicatrización dirigida sirve para elaborar, de acuerdo con los técnicos ortopédicos, la mejor estrategia medicoquirúrgica posible. Dada la gran variabilidad de las situaciones y de las soluciones disponibles, resulta imposible sistematizar la conducta práctica.

■ Muñones defectuosos propiamente dichos

Si se exceptúan los casos flagrantes, cuando por ejemplo la protuberancia ósea impide cualquier tipo de prótesis, sólo se recurre a la cirugía de corrección después de haber agotado todas las soluciones que brindan las prótesis de prueba. Esta fase preparatoria para una eventual corrección quirúrgica tiene además la ventaja de optimizar los resultados de la futura intervención, por su acción trófica favorable.

NOCIONES SOBRE LOS ALARGAMIENTOS DE MUÑÓN

Un muñón corto provoca siempre una limitación importante de las posibilidades funcionales. Desde hace algunos años, algunos equipos quirúrgicos muy especializados hacen alargamientos de muñón [10]. Estos alargamientos, progresivos o extemporáneos, pueden ser rea-



28 Radiografía de un muñón transtibial defectuoso, con el peroné más largo que la tibia.



29 Radiografía de un muñón transtibial defectuoso con desarrollo de exostosis levisas para las partes blandas.



30 Alargamiento «femoral» extemporáneo con tibia autóloga encajada en el extremo inferior del fémur restante.

lizados por manos expertas en dos momentos diferentes de la evolución.

En el momento de la amputación, la técnica de elección es el empleo del autoinjerto, reimplantando un segmento óseo sano no afectado por el proceso patológico. El alargamiento que se consigue suele ser muy importante y casi siempre se logra la consolidación colocando un fijador externo en compresión, asociado en el postoperatorio a un protocolo de presión progresiva sobre el injerto (fig. 30). No obstante, esta técnica debe formar parte de un protocolo de reconstrucción de muñón aplicado por cirujanos expertos, incluso en una situación de urgencia.

Pasado un cierto tiempo después de la amputación, los alargamientos progresivos siempre dan resultados, pero son pocos los casos en los que se soporta el fijador externo más allá de 6 meses, por lo que el alargamiento se limita a unos cuantos centímetros. Si se dispone de una gran cantidad de partes blandas, mediante el empleo de una prótesis interna se consigue un alargamiento extemporáneo considerable. Por el momento esta técnica se emplea poco porque no se dispone del material adecuado, pero constituye una vía de investigación interesante.

Cualquier referencia a este artículo debe incluir la mención del artículo original: Menager D. Amputations du membre inférieur et appareillage. *Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Appareil locomoteur, 15-896-A-10, Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 26-170-B-15, 2002, 14 p.*

Bibliografía

- [1] Bachot B. À propos des moignons défectueux de jambe. [thèse], Paris, 1978
- [2] Bingham J. The surgery of partial foot amputation the mid-tarsal amputation. In : Murdoch G ed. Prosthetic and orthotic practice. Amputation et désarticulation. London : E Arnold, 1970 : 141-143
- [3] Bombart M. Amputation et désarticulation. In : Merle d'Aubigné R, Mazas F éd. Nouveau traité de technique chirurgicale. Tome VIII : Membres et ceintures. Membres inférieurs. Lésions septiques. Paris : Masson, 1976 : 687-692, 697-703
- [4] Bombart M. Amputation et désarticulation. In : Merle d'Aubigné R, Mazas F éd. Nouveau traité de technique chirurgicale. Tome VIII : Membres et ceintures. Membres inférieurs. Lésions septiques. Paris : Masson, 1976 : 709-711
- [5] Bombart M. Amputation et désarticulation. In : Merle d'Aubigné R, Mazas F éd. Nouveau traité de technique chirurgicale. Tome VIII : Membres et ceintures. Membres inférieurs. Lésions septiques. Paris : Masson, 1976 : 719-721
- [6] Boyd HB. Amputation of the foot with calcaneo-tibial arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 1939 ; 21 : 997-1000
- [7] Burgess EM. Prevention and correction of fixed equinus deformity in mid-foot amputations. *Bull Prost Res* 1966 ; 5 : 45-47
- [8] Camilleri A. L'arthrodèse tibio-calcanéenne avec astraglectomie (ATCA) dans les écrasements du pied. Justification. Protocole opératoire. Indications. In : Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Sauvetage des membres en traumatologie. Paris : Expansion Scientifique Publications, 2000
- [9] Camilleri A, Anract P, Missenard G, Larivière JY, Menager D. Amputations et désarticulations des membres. Membre inférieur. *Encycl Méd Chir* (Éditions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales - Orthopédie-Traumatologie, 44-109, 2000 : 1-28
- [10] Chiesa G, Menager D. Technique et résultat des allongements de moignon chez l'amputé de membre inférieur. In : Amputation du membre inférieur - Appareillage et rééducation. Paris : Masson, 1996 : 86-94
- [11] Gottschalk F. Transfemoral amputation. Biomechanics and surgery. *Clin Orthop* 1999 ; 361 : 15-22
- [12] Kabra SG, Narayanan R. Equipment and methods for laboratory testing of ankle foot prostheses as exemplified by the Jaipur foot. *J Rehabil Res Dev* 1991 ; 28 : 23-24
- [13] Kirsch JM. La désarticulation de hanche. [thèse], Paris, 1980
- [14] Krouskop A, Brown J, Goode B, Winningham D. Interface pressures in above-knee sockets. *Arch Phys Med Rehabil* 1987 ; 68 : 713-714
- [15] Lindquist C, Rska EB. Chopart, Pirogoff and Syme amputations. A survey of 21 cases. *Acta Scand* 1966 ; 37 : 110-116
- [16] Loder RT, Herring JA. Disarticulation of the knee in children. A functional assessment. *J Bone Joint Surg Am* 1987 ; 69 : 1155-1160
- [17] MacDonald A. Chopart's amputation. The advantage of a modified prosthesis. *J Bone Joint Surg* 1955 ; 37 : 468-470
- [18] MacFarlane PA, Nielson DH, Shurr DG. Perception of walking difficulty by below-knee amputees using a conventional foot versus the flex-foot. *J Prosthet Orthot* 1991 ; 3 : 114-119
- [19] Maurer M, Bombart M, Michaut E, Rabeaux L, Lefevre B. Amputations de l'arrière-pied. *Rev Chir Orthop* 1957 ; 53 : 685-703
- [20] Mazas Y. L'amputé de jambe. [thèse], Paris, 1972
- [21] Menager D. La prothèse canadienne. À propos de 131 cas traités au CRA de Valenton. [mémoire], Paris, 1983
- [22] Menager D. Faut-il encore faire des ostéomyoplasties dans les amputations de jambe en 1985 ? [thèse], Créteil, 1985
- [23] Menager D, Chiesa G. L'appareillage des amputés du membre inférieur. *J Réadapt Méd* 1995 ; 15 : 95-105
- [24] Menager D, Chiesa G, Van GH, Lefevre B, Camilleri A. Conduite à tenir devant une amputation de Chopart traumatique. *Méd Chir Pied* 1988 ; 4 : 35-39
- [25] Michael J. Energy storing feet: a clinical comparison. *Clin Prosthet Orthot* 1987 ; 11 : 154-168
- [26] Michaut E. L'amputé de cuisse. [thèse], Paris, 1970
- [27] Michaut E, Pelisse F. Le travail mécanique de l'amputé appareillé en marche. Approche de la mesure par le plateau de force. *Ann Méd Phys* 1980 ; 4 : 526-533
- [28] Miller LA, Childress DS. Analysis of a vertical compliance prosthetic foot. *J Rehabil Res Dev* 1997 ; 34 : 52-57
- [29] Murdoch G. Amputation surgery and lower limb prosthetics. Oxford : Blackwell, 1988
- [30] Nielson DH, Shurr DG, Golden JC, Nieier K. Comparison of energy cost and gait efficiency during ambulation using different below-knee amputees of different prosthetic feet: a preliminary report. *J Prosthet Orthot* 1988 ; 1 : 24-31
- [31] Pinzur MS, Bowker JH. Knee disarticulation. *Clin Orthop* 1999 ; 361 : 23-28
- [32] Pouliquen JC, Judet TH, Siguier M, Benuex J. Physiopathologie de l'arrière-pied. In : Conférence d'enseignement. Cahier d'enseignement de la SOFCOT. Paris : Expansion Scientifique Française, 1976 : 115-132
- [33] Pouyanne L, Honton JL. Amputation de Chopart, complétée par arthrodèse tibio-tarsienne. *Bordeaux Chir* 1959 ; 2 : 141-144
- [34] Prost JL. Amputations partielles du pied et arthrodèse tibio-tarsienne. [thèse], Bordeaux, 1959
- [35] Radcliffe CW. Above-knee prosthetics. *Prosthet Orthot Int* 1977 ; 1 : 146-160
- [36] Ricard A. Sur un procédé de désarticulation du pied avec conservation partielle du calcanéum. *Lyon Chir* 1948 ; 43 : 299-303
- [37] Schuch CM, Pritham CH. Current transfemoral sockets. *Clin Orthop* 1999 ; 361 : 48-54
- [38] Trezain B. Les désarticulés de hanche. À propos de 53 cas. [thèse], Nancy, 1976
- [39] Van Jaarsveld HV, Grootenboer HJ, De Vriest J, Koopman HF. Stiffness and hysteresis properties of some prosthetic feet. *Prosthet Orthot Int* 1990 ; 14 : 117-124
- [40] Vaucher J, Blanc Y. La désarticulation du genou. Technique opératoire-appareillage. *Rev Chir Orthop* 1982 ; 68 : 395-406