

Estudio comparativo de la diferencia del volumen del muñón vs. el miembro sano, descripción morfológica y poblacional en pacientes con amputación transfemoral

Felipe Mendoza-Cruz,* Gerardo Rodríguez,* Carlos Galván-Duque,* Michelin Álvarez**

* Laboratorio de Ortesis y Prótesis, ** Laboratorio de Ingeniería de Rehabilitación, Instituto Nacional de Rehabilitación.

Comparative study of the volume difference vs. healthy limb, morphological and population description in transfemoral amputees

ABSTRACT

Knowledge of the general characteristics and physical condition that keeps the transfemoral amputation stump to select and adapt appropriate type of prosthesis to restore a walking pattern amputee patient acceptable and useful design parameters set to propose new prosthetic systems. In this paper, the degree of difference between the volumes of the limb stump and healthy as well as morphological features occurred more frequently in the stumps of transfemoral amputees who were treated at the Laboratory of Orthotics and Prosthetics (LOP), Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) in 2008. It captured all patients with unilateral transfemoral amputation left and right, over 18 years old, both sexes, use of hearing candidates were evaluated clinically and took three measurements of the circumferences at different wavelengths and the limb stump healthy, were calculated volumes of both sides using the mathematical model of the truncated cone and analyzed in three groups according to the level of amputation (proximal, middle and distal third). We obtained 49 patients, 39 men and 10 women, the difference stump volume compared to healthy limb volume per group were: 44.9% proximal third, middle third and distal 26.5%, 21.1%, the frequency of diagnostic data showed a stump right transfemoral amputees, due to metabolic, without use of prostheses, the most common morphological features indicate that the stump has a conical shape and size distal third, whose tissue is semi-flaccid consistency, the scar is not adhered to deep planes and shows a negative tincl, the mattress soft tissue is 2.15 ± 1.3 cm and physically presents a force level 4 in the clinical rating scale Daniels. The data are consistent with other studies comparing the percentage of the volume change with the percentages of reduced diameters transfemoral stump muscle, likewise agrees most amputees incidence of diabetes mellitus with other studies, cataloging

RESUMEN

El conocimiento de las características generales y el estado físico que guarda el muñón con amputación transfemoral permite seleccionar y adaptar el tipo de prótesis adecuada para restablecer un patrón de marcha aceptable en el paciente amputado, así como establecer parámetros útiles de diseño para proponer nuevos sistemas protésicos. En este trabajo se presenta el grado de diferencia existente entre los volúmenes del muñón y del miembro sano, así como las características morfológicas que se presentaron con mayor frecuencia en los muñones de los pacientes con amputación transfemoral que fueron atendidos en el Laboratorio de Ortesis y Prótesis (LOP) del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) durante 2008. Se capturaron todos los pacientes con amputación transfemoral unilateral derecha e izquierda, mayores de 18 años, ambos sexos, candidatos al uso de prótesis. Se valoraron clínicamente y se tomaron tres mediciones de las circunferencias a distintas longitudes del muñón y el miembro sano, se calcularon los volúmenes de ambos lados utilizando el modelo matemático del cono truncado y se analizaron en tres grupos de acuerdo con el nivel de amputación (tercio proximal, tercio medio y tercio distal). Se obtuvieron datos de 49 pacientes, 39 hombres y 10 mujeres, las diferencias del volumen del muñón con respecto al volumen del miembro sano por grupo fueron: tercio proximal 44.9%, tercio medio 26.5% y tercio distal 21.1%. La frecuencia de los datos diagnósticos mostraron un muñón con amputación transfemoral derecha, de origen metabólico, sin uso de prótesis, las características morfológicas más frecuentes indican que el muñón presenta una forma cónica y tamaño tercio distal, cuyo tejido es de consistencia semi-flácida, la cicatriz no se encuentra adherida a planos profundos y muestra un tincl negativo, el colchón de tejidos blandos es de 2.15 ± 1.3 cm y físicamente presenta un nivel de fuerza 4 en la escala de valoración clínica de Daniels. Los datos obtenidos son consistentes con otros estudios comparando el porcentaje del cambio de volumen con los porcentajes de la reducción de los diámetros musculares del muñón transfemoral; de igual forma coincide la mayor incidencia de

it eat first cause amputation. The general description developed transfemoral stump-served in the INR will help in the process of manufacture of prostheses and prosthetic design new systems that you attend these needs.

Key words. Amputation. Transfemoral. Stump. Volume. Morphology.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cerca de 80% de las amputaciones de los miembros inferiores están relacionadas con la diabetes mellitus.¹ México tiene una de las prevalencias más altas de diabetes en el mundo,² y a este riesgo se le agregan otras causas de amputación como son la vascular y la traumática. El Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) anualmente recibe en promedio 40 pacientes amputados de miembros inferiores a nivel transfemoral; el motivo más importante de consulta es la solicitud de prescripción protésica.³

El objetivo principal de una prótesis adecuada es restablecer un patrón de marcha aceptable en el amputado. Se conoce que las condiciones del muñón en cuanto a su nivel de amputación, estado de la musculatura, consistencia del tejido subcutáneo, cicatrices, además de las circunstancias físicas y psíquicas del paciente, influyen directamente en el ajuste de la prótesis.⁴ Estas condiciones también cambian en el tiempo, pues a partir de la amputación el paciente pasa por varias etapas, de distinta duración, desde el postoperatorio agudo hasta que se logra un muñón estable.⁵

En el caso de las amputaciones transfemorales uno de los cambios físicos más evidentes se manifiesta con un cambio de volumen del muñón, lo que genera complicaciones principalmente en la adaptación protésica y en el uso de la prótesis.⁶ Algunas de las causas del cambio de volumen del muñón son la retención hídrica causada por la insuficiencia cardíaca o la renal crónica, la reducción del edema seguida de la intervención quirúrgica, la atrofia muscular y del tejido celular subcutáneo, así como los cambios del peso corporal.⁷

Determinados músculos presentan atrofia a largo plazo, inclusive en amputados jóvenes y físicamente activos, lo que empeora con la edad y la inactividad. Estudios con tomografía axial computadorizada (TAC) realizados en pacientes con amputación transfemoral confirman la disminución de los diámetros musculares.⁸ En amputaciones transfemora-

amputados por diabetes mellitus con otros estudios, catalogándola como la primera causa de amputación. El conocimiento de la descripción general del muñón transfemoral que se atiende en el INR ayudará en el proceso de fabricación de las prótesis y en el diseño de nuevos sistemas protésicos que atiendan las necesidades de esta población.

Palabras clave. Amputación. Transfemoral. Muñón. Volumen. Morfología.

les los músculos íntegros pueden alcanzar una reducción de hasta 30% y los músculos afectados hasta 40-60%. Uno de los músculos más importantes para el ajuste protésico con atrofia es el recto femoral, el cual presenta una pérdida de 31.6 % con respecto a la extremidad sana.⁹

La complicación más frecuente a causa de la disminución del volumen del muñón con el uso de la prótesis es el efecto pistón que se refiere al desplazamiento del muñón de forma ascendente y descendente en el interior del socket, resultado de la disminución de la eficacia mecánica de la contracción muscular, lo que genera en el muñón lesiones por fricción o cizalla.¹⁰

La atrofia muscular, además de repercutir en la disminución del volumen del muñón, tiene otras complicaciones como la pérdida de la fuerza de los músculos aductores,^{11,12} lo cual provoca posiciones viciosas del muñón, generalmente se le coloca en abducción dificultando el correcto funcionamiento de la prótesis durante la marcha.¹³

Por otro lado, el cambio del volumen del muñón a causa del edema excesivo retrasa el proceso de cicatrización, contribuye al aumento del dolor e impide la adaptación adecuada de un socket protésico. Asimismo, el volumen del muñón puede fluctuar diariamente en pacientes que toman diuréticos, que consumen alcohol o que están sometidos a hemodiálisis.¹⁴

El desajuste del socket protésico causado por el cambio de volumen del muñón y las lesiones que se generan a consecuencia de este fenómeno son dos problemas que se presentan con regularidad en los laboratorios de prótesis, y es una de las principales causas del abandono de las prótesis, pues se estima que únicamente de 33 a 38% de los pacientes usan de forma continua su prótesis.¹⁵

Aunque existen varias técnicas de medición para evaluar los cambios que experimenta el volumen del muñón reportadas en la literatura,¹⁶⁻¹⁸ no se aplican usualmente en la práctica clínica, por lo que no existe información poblacional sobre los cambios que puedan esperarse en muñones transfemorales a lo largo del tiempo.¹⁹

En este trabajo se presenta una medición de la diferencia entre el volumen del muñón *vs.* el miembro sano en una población de pacientes adultos, con amputación transfemoral, que han recibido atención protésica. En este estudio se presentan características demográficas, clínicas y un modelo sencillo para evaluación de volumen que dan información sobre las características de los muñones que podrá ser útil para realizar ajustes protésicos y para el diseño de nuevos sockets que consideren tanto las condiciones del momento del muñón como los cambios esperados en el futuro.

MATERIAL Y MÉTODOS

Criterios de inclusión y muestra

Se incluyeron todos los pacientes con diagnóstico de amputación transfemoral valorado por el Servicio Médico de Amputados y por el Laboratorio de Ortesis y Prótesis en las sesiones clínicas para la prescripción protésica de enero a diciembre 2008. Los criterios de inclusión fueron:

- Pacientes con autorización de la carta de consentimiento informado para valoraciones clínicas.
- Pacientes con valoración clínica del estado físico general y del muñón.
- Pacientes con diagnóstico de amputación transfemoral:
 - Izquierda.
 - Derecha.
- Candidatos al uso de prótesis:
 - Primera vez.
 - Subsecuente.
- Sexo:
 - Femenino.
 - Masculino.
- Mayores de 18 años.
- Formas del muñón:
 - Cónica.
 - Cuadrangular.
 - Cilíndrica.
 - Bulbosa.
- Longitudes del muñón:
 - Tercio proximal.
 - Tercio medio.
 - Tercio distal.
- Nivel de fuerza muscular de 3, 4 y 5 en la escala clínica de Daniels.²⁰

Variables de interés

Variables estudiadas:

• Variables demográficas:

- Género:
 - a) Masculino.
 - b) Femenino.
- Geográficas:
 - a) México, D.F.
 - b) Estado de México.
 - c) Entidad federativa.

• Variables clínicas:

- Diagnósticas:
 - a) Tipo de amputación.
 - b) Etiología de la amputación.
 - c) Tiempo de amputación.
 - d) Uso de prótesis.
 - e) Nuevo uso de prótesis.
- Morfológicas:
 - a) Longitud.
 - b) Forma.
 - c) Consistencia.
 - d) Tinel.
 - e) Cicatriz del muñón.
- Físicas:
 - a) Nivel de fuerza muscular.

Técnica de medición

Se midieron las longitudes de la extremidad amputada y la conservada, a partir de la espina iliaca antero superior (EIAS), que se definió como referencia, hasta el extremo distal para el caso del muñón y para la extremidad conservada hasta la línea interarticular de la rodilla.

Se realizaron tres mediciones de circunferencias en cada uno de los muñones. Para el muñón tercio proximal o corto las circunferencias se midieron a las distancias de 15, 20 y 25 cm a partir de EIAS, para los casos de los muñones tercio medio, tercio distal y la extremidad conservada las circunferencias se midieron a las longitudes de 15, 25 y 35 cm partiendo de EIAS (Figura 1).

Se valoró clínicamente el nivel de fuerza muscular mediante el sistema de prueba manual de fuerza

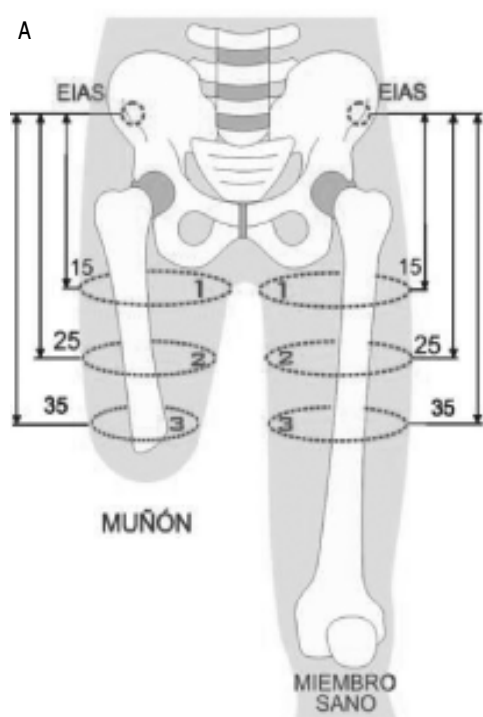


Figura 1. Medición de longitudes y circunferencias del muñón y la extremidad contralateral tomando como referencia la espina iliaca anterosuperior EIAS, la cual se definió por ser una prominencia ósea fácilmente identificable; su área es reducida, lo que permite identificarlo como un punto de referencia confiable y reproducible a diferencia de otras prominencias óseas, como es el caso del trocánter mayor del fémur que ofrece un área más amplia con dificultad para establecer un punto de referencia reproducible.

muscular de Daniels, la cual asigna una puntuación en una escala del 0 al 5, en función de la acción muscular, la cual constituye una importante herramienta clínica en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de los procesos músculo-esqueléticos. El nivel de fuerza muscular, además de las variables clínicas y demográficas, fueron recabadas por un mismo médico especialista en rehabilitación de amputados.

Modelo matemático

Para calcular el volumen del muñón y el miembro sano se estableció el cuerpo geométrico del cono truncado como modelo matemático, representado por la ecuación 1.

$$(1) \quad V = 1/3.\pi.h(R^2 + r^2 + R.r)$$

En la cual:

h representa la altura del cono.

R es el radio de la circunferencia mayor, y

r representa el radio de la circunferencia menor (Figura 2).

Los volúmenes del muñón y el miembro sano se obtuvieron representando las extremidades en tres conos truncados (cono 1, cono 2 y cono 3), mediante el uso de las longitudes y las circunferencias que se

obtuvieron de las mediciones de ambas extremidades se calcularon los volúmenes de cada uno de los conos (V cono 1, V cono 2, V cono 3) y posteriormente se sumaron para obtener el volumen total (V total) de cada extremidad, tal como se muestra en la ecuación 2 y la figura 2.

$$(2) \quad V^{\text{Total}} = V^{\text{cono 1}} + V^{\text{cono 2}} + V^{\text{cono 3}}$$

Para calcular el radio mayor (R) y el radio menor (r) de las circunferencias que conforman el cono truncado se utilizó la ecuación del perímetro de la circunferencia (P) (ecuación 3), de la cual se despejó el radio (r), resultando así la ecuación 4 y mediante la sustitución de (P), con las mediciones de las circunferencias obtenidas del muñón y el miembro sano, se calcularon los radios de las circunferencias (R) y (r).

$$(3) \quad P = 2.\pi.r$$

$$(4) \quad r = P/2.\pi$$

Análisis estadístico

Para analizar los datos, la muestra fue dividida en tres grupos de interés, tomando como referencia el tamaño del muñón. Para formar los grupos se calcularon los porcentajes de las longitudes de cada

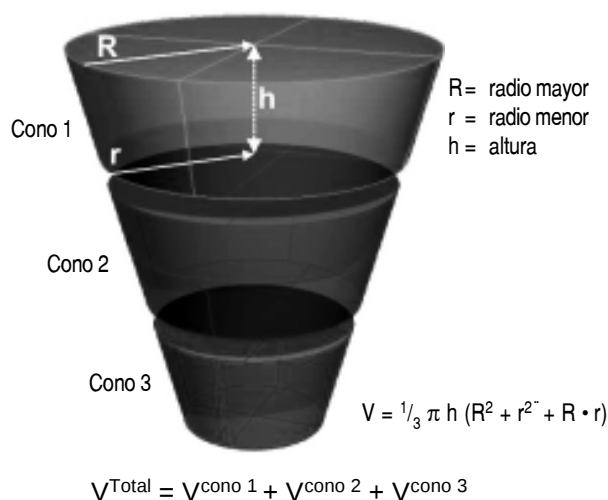


Figura 2. Modelo matemático. Para calcular el volumen del muñón y la extremidad contralateral se estableció el cuerpo geométrico del cono truncado como modelo matemático, basado en el mayor número de muñones que presentaron la forma cónica 51%. El cuerpo total de ambas extremidades fueron representadas utilizando tres conos truncados (cono 1, cono 2 y cono 3), cuyos volúmenes fueron calculados mediante la ecuación del volumen del cono truncado, los cuales se sumaron para obtener así el volumen total (V^{Total}) de cada una de las extremidades.

uno de los muñones, en relación con la longitud del miembro sano que representó 100%. De esta forma el grupo 1, tercio proximal, integró a los muñones con porcentajes de 0 a 33.3%; el grupo 2, tercio medio, a los muñones con porcentajes de 33.3 a 66.6%, y el grupo 3, tercio distal, a los porcentajes de 66.6%, 100%. La recolección de datos se realizó en el periodo de un año. Para realizar el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SPSS v17 (Chicago, IL). El análisis de comparación con la prueba t de Student sólo se realizó para los grupos 2 (tercio medio) y 3 (tercio distal), el grupo 1 (tercio proximal) no se correlacionó con presentarse solamente una muestra.

RESULTADOS

Se integró una muestra de 49 pacientes con el diagnóstico clínico de amputación transfemoral, 39 hombres y 10 mujeres, todos ellos candidatos al uso de prótesis en el periodo comprendido de enero a diciembre 2008, el promedio $\pm$ DS de edad fue de 52.1 ± 16.1 años, con un tiempo de amputación de 9.5 ± 13.1 años; el estado físico general indicó un nivel de fuerza muscular prevalente de 4, valorado mediante la escala clínica de Daniels.

El cuadro 1 indica los resultados obtenidos de la muestra. Con respecto a las variables demográficas

Cuadro 1. Descripción demográfica y morfológica de una muestra integrada por 49 pacientes con amputación transfemoral referida al Laboratorio de Ortesis y Prótesis para la fabricación de prótesis durante 2008.

Variable	Frecuencia (%)
DEMOGRAFÍA	
a) Género	Muestra (%)
Masculino	39 (79.6)
Femenino	10 (20.4)
b) Geografía	
México, D.F.	33 (67.3)
Estado de México	10 (20.4)
Entidad federativa	6 (12.3)
CLÍNICA	
1. Diagnóstico	
a) Tipo de amputación	
ATAD	26 (53.1)
ATFI	23 (46.9)
b) Etiología	
Metabólico	20 (40.8)
Traumático	19 (38.8)
Vascular	7 (14.3)
Tumores	3 (6.1)
c) Uso de prótesis	
Nuevo usuario	33 (67.3)
Usuario	16 (32.7)
2. Morfología	
a) Forma del muñón	
Cónica	25 (51)
Cilíndrica	13 (26.5)
Cuadrangular	10 (20.5)
Bulboso	1 (2)
b) Consistencia del muñón	
Flácida	16 (32.7)
Semi-flácida	18 (36.7)
Firme	13 (26.5)
Blanda	2 (4.1)
c) Cicatriz	
No adherida	26 (53.1)
Adherida	23 (46.9)
d) Tinel	
Negativo	42 (85.7)
Positivo	7 (14.3)
e) Longitud del muñón	
Tercio distal	35 (71.5)
Tercio medio	13 (26.5)
Tercio proximal	1 (2)
3. Físicas	
a) Nivel de fuerza muscular (escala de Daniels)	
Nivel 3	2 (4.1)
Nivel 4	47 (95.9)

ATFD: amputación transfemoral derecha. ATFI: amputación transfemoral izquierda.

se observó un mayor número de amputados del sexo masculino con 29 individuos más en comparación con el sexo femenino, lo que representó 59.2% de diferencia entre ambos grupos. Por otro lado, la mayoría de pacientes que acudieron al Servicio de Prótesis radicaban en el Distrito Federal, lo que representó 67.3% de la muestra, cifra que coincide con la ubicación del INR en el D.F.; seguido del Estado de México que ocupó 20.4% y por último las entidades federativas con 12.2%, lo que es congruente a consecuencia de las grandes distancias.

Los resultados de las variables diagnósticas y morfológicas se indican en el cuadro 1. El diagnóstico clínico fue de 26 pacientes con amputación transfemoral derecha (ATFD) equivalente 53.1% y 23 con amputación transfemoral izquierda (ATFI) que representó 46.9% de la población, llama la atención la corta diferencia de tres individuos, lo que representa 6.1% entre ambos casos, observándose cierta proporción entre ambos casos. El 32.7% fueron individuos usuarios de prótesis que solicitaron el recambio del socket por desajuste o nueva prótesis por el deterioro de la anterior; mientras que la mayoría (67.3%) fue aspirante al uso de prótesis por primera vez, se observa una competencia entre ambos pacientes por ser atendidos, siendo los nuevos usuarios los que ocuparon el mayor número de espacios para la fabricación de prótesis. En cuanto a la etiología del padecimiento se observó un mayor número de casos de amputación transfemoral de origen metabólico (40.8%), en segundo lugar la amputación traumática (38.8%), seguido de la amputación vascular (14.3%) y el cuarto lugar lo ocupó la amputación tumoral con 6.1%.

Por otro lado, la longitud tercio distal fue la más frecuente, ocupando el primer lugar (71.5%) del total de la muestra. La longitud tercio medio ocupó el segundo lugar con 26.5% y en tercer lugar con una sola muestra la longitud tercio proximal representando 2%; en general se observó una buena longitud en la mayoría de los muñones, lo cual provee un brazo de palanca importante para el control de la prótesis.

En la figura 3 se muestran los resultados morfológicos del muñón. Los datos indicaron la existencia de un mayor porcentaje de pacientes con muñones de forma cónica (51%), la cual se obtiene con el uso de vendajes compresivos y la correcta técnica de colocación, previo a la adaptación protésica, continuando con la forma cilíndrica como la segunda más frecuente (26.5%), la forma cuadrangular ocupó el tercer lugar de la muestra (20.5%) y el menor número lo ocupó la forma bulbosa (2%), llamada así por

la forma de un bulbo, la cual presenta una mayor dificultad para la adaptación del socket por su forma.

Con respecto a la consistencia del tejido del muñón se encontró un mayor número de muestras con la consistencia semi-flácida (36.7%), seguido de la consistencia flácida (32.7%), tercer lugar con consistencia firme (26.5%) y en cuarto lugar un número reducido con consistencia blanda (4.1%); generalmente se prefiere la consistencia firme para la adaptación del socket y el mejor control de la prótesis. Otro de los aspectos morfológicos revisados fue la cicatriz del muñón, la de mayor incidencia fueron las cicatrices que no estaban adheridas a planos profundos (53.1%) y en segundo lugar las cicatrices adheridas a planos profundos (46.9%).

Con respecto al tinell de la cicatriz, la mayoría de los casos (85.7%) fue negativo, lo que indica una menor sensación de dolor. Esto representa, en general,

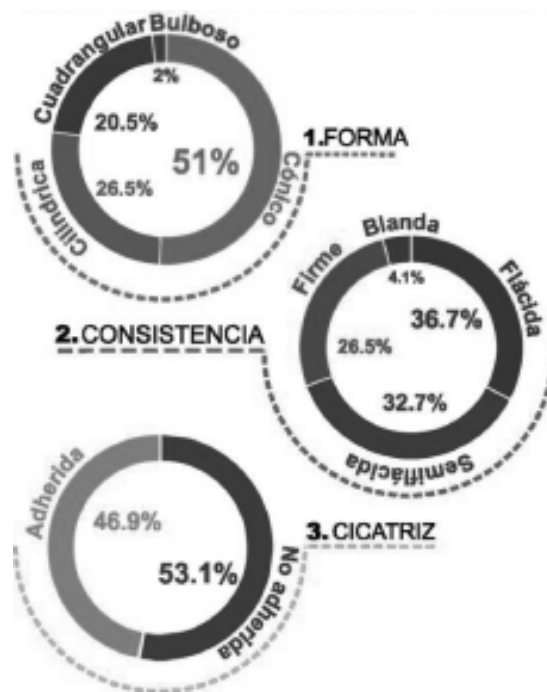


Figura 3. Características morfológicas del muñón. Entre las variables físicas se observó que la forma más característica entre los muñones es la forma cónica, representada poco más de la mitad de la muestra con 51% a diferencia de la forma bulbosa que sólo alcanzó 2%. Respecto al tipo de tejido, se observó que 36.7% de los muñones tenían una consistencia flácida y 32.7% la consistencia semi-flácida, las cuales generalmente presentan dificultades para el control de la prótesis, a diferencia del tejido firme que representó 26.5%, menor a los anteriores, el cual tiene una mejor adaptación del socket y un mayor control de la prótesis. Las cicatrices adheridas representaron 46.9%, las cuales generalmente están invaginadas, lo que complica el llenado del socket y las no adheridas 53.1%, a diferencia de las segundas que son superficiales y coinciden con la forma del socket protésico.

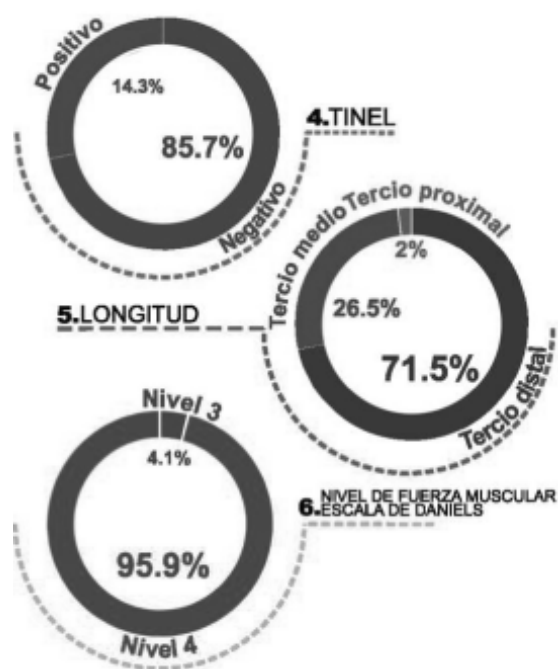


Figura 4. Características morfológicas del muñón. Respecto a la longitud o tamaño del muñón, el tercio distal ocupó el mayor porcentaje con 71.5%, más de dos veces que el tercio medio que representó 26.5% del total de la muestra, contrario a la longitud tercio proximal o muñón corto que alcanzó 2% con solamente una muestra. También se observó una mayor representación de los muñones con tinel negativo que fue de 85.7%, que indica ausencia de dolor en cicatriz y representa una ventaja en el proceso de protetización. De igual forma al ser pacientes candidatos al uso de prótesis, la gran mayoría presentó un buen nivel de fuerza en 4 que representó 95.9% y muy pocos en nivel 3 que equivalió a 4.1%, calificados mediante en la escala clínica de Daniels.

un buen manejo de la cicatriz, lo que permite ciertas ventajas al tener menos puntos dolorosos que puedan interferir con el proceso de protetización.

Finalmente, el nivel de fuerza muscular: 95% de la población fue calificada con el nivel de fuerza 4 y sólo 4.1% mostró un nivel de fuerza 3; no se presentó ningún paciente con un nivel de fuerza 5, lo cual era de esperarse debido a que la amputación va acompañada con la atrofia muscular y la debilidad muscular, por lo que el nivel de fuerza no es igual a

la extremidad conservada, la cual alcanza generalmente el mayor nivel (Figura 4).

Utilizando las longitudes y circunferencia se calculó el volumen del muñón y el volumen de la extremidad conservada. El cuadro 2 muestra los datos comparativos entre el volumen del muñón y el contralateral, así como la reducción porcentual que indica la pérdida de volumen del muñón y el valor ($p < 0.001$) que demuestra una diferencia estadísticamente significativa entre ambas entidades.

DISCUSIÓN

El estudio muestra una descripción de las características generales del muñón con amputación transfemoral y de los cambios de volumen que presenta en relación con el miembro contralateral. Los resultados obtenidos de las características diagnósticas, morfológicas y físicas, muestran que el tipo de muñón con amputación transfemoral que se presentó con mayor frecuencia en el LOP es un muñón con amputación transfemoral derecha, de origen metabólico, sin uso de prótesis; la morfología indica que presenta una forma cónica y tamaño tercio distal, cuyo tejido es de consistencia semi-flácida. La cicatriz no se encuentra adherida a planos profundos y muestra un tinel negativo, el colchón de tejidos blandos es de 2.15 ± 1.3 cm y físicamente presenta un nivel de fuerza 4 en la escala de valoración clínica de Daniels. El porcentaje de hombres que conformaron la muestra fue de 79.6%, esto podría deberse al interés en recuperar la función de la marcha, a fin de reincorporarse al medio productivo.⁵

Los datos del volumen del muñón indican una reducción porcentual de 26.5% para el volumen del muñón tercio medio y para el muñón tercio distal la reducción fue de 21.1%, ambos en relación con el miembro sano (Cuadro 2). Los datos indican la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre el volumen del muñón y el volumen del miembro sano para ambos grupos, mostrando una disminución importante entre el volumen del muñón y el volumen del miembro sano. Estos resultados

Cuadro 2. Diferencias de volúmenes entre el muñón con amputación transfemoral vs. miembro sano.

Grupos	Tamaño muñón	Promedio muñón (%)	V muñón (cm ³)	V sano (cm ³)	V diferencia (cm ³)	Reducción (%)	Valor p
Grupo 1	Tercio proximal	32	974.3	2169.0	1194.7	44.9	
Grupo 2	Tercio medio	60.0 $\pm$ 4.0	1392.3 $\pm$ 499.9	2011.6 $\pm$ 606.0	534.2 $\pm$ 448.0	26.5	< 0.001
Grupo 3	Tercio distal	75.1 $\pm$ 5.0	1966.7 $\pm$ 748.7	2427.5 $\pm$ 886.4	514.6 $\pm$ 354.1	21.1	< 0.001

V: volumen.

son consistentes con los reportados por estudios realizados con otras técnicas de medición, como es el caso de la medición de los diámetros de los músculos por TAC en amputados transfemorales,⁸ para determinar el grado de la atrofia muscular del muñón en comparación con el miembro sano. Evaluadas con TAC, las reducciones reportadas de los diámetros musculares fueron para el glúteo mayor 23.3%, para el glúteo medio 20.7%, para el glúteo menor 20.7%, el recto femoral con 31.6%, el tensor de la fascia lata con 23.8% y finalmente el sartorio con 22.5%, mostrando una diferencia estadísticamente significativa entre los diámetros musculares del muñón y el miembro sano.⁹

Los resultados diagnósticos muestran a la etiología metabólica o diabetes mellitus como la primera causa de amputación transfemoral (40.8%), la amputación traumática como segunda causa (38.8%), la vascular como tercera (14.3%) y la tumoral en cuarto lugar (6.1%). Estos datos muestran un ligero incremento en el origen metabólico y traumático con lo reportado previamente, sobre la incidencia de la etiología de las amputaciones en el INR, los cuales reportaron en el periodo de 1999-2004 a la diabetes mellitus como la primera causa de amputación (36.8%), la traumática (26.9%), las enfermedades vasculares (13.1%), las causas oncológicas (11.6%), las infecciosas (7.5%) y en último lugar las congénitas (4.1%).²¹ Al comparar estos resultados con estudios reportados en la literatura mundial, en donde la principal causa de amputación es traumática,²² se hace evidente la importancia de implementar intervenciones protésicas apropiadas para la población de pacientes usuarios de los servicios de salud en el país.

Las complicaciones relacionadas con los cambios en el volumen del muñón son el principal factor que lleva al desuso de la prótesis. Una de las estrategias propuestas en el INR es la de desarrollar un socket ajustable para muñón con capacidad de adaptación al volumen. Las características obtenidas a partir de este estudio podrían utilizarse como parámetros de diseño para este socket ajustable, en donde sería recomendable:

- Considerar el volumen original del muñón igual al volumen del miembro sano; contemplar, para el caso de los muñones de tamaño tercio medio, una reducción del volumen del muñón de 26.5% con respecto a su volumen original, y para los muñones tercio distal una reducción de 21.1% con respecto a su volumen original.
- Considerar únicamente los muñones con tamaños tercio medio y tercio distal, por represen-

tar el mayor porcentaje de las muestras estudiadas.

- Contemplar en la propuesta de diseño muñones con forma cónica, tipos de tejidos semi-flácido, flácido y firme, con cicatriz no adherida a planos profundos y tincl negativo.

Para generar un diseño óptimo, enfocado principalmente en las características de las poblaciones encontradas en este trabajo, es importante que en un futuro se evalúen cambios de volumen a corto plazo relacionados con cambios metabólicos en el paciente, realizar un análisis estratificado de acuerdo con los grupos de interés e incluir datos relacionado con la calidad del tejido blando y cicatrices quirúrgicas. Estos datos podrán ser utilizados en generar nuevos sistemas protésicos que permitan incrementar la comodidad y el apego al sistema protésico.

AGRADECIMIENTOS

Estudio financiado por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con clave SALUD-2007-C01-70.

REFERENCIAS

1. Mier N, Ory M, Zhan D, Villarreal E, Alen M, Bolin J. Ethnic and health correlates of diabetes-related amputations at the Texas-Mexico border. *Rev Panam Salud Pública* 2010; 28(3): 214-20.
2. Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Instituto Nacional de Salud Pública, 2012. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf> [Acceso: febrero 2013].
3. Quiñones I, Péres I, Alessi A, Rodríguez G, Nuñez L, Pacheco M. Análisis de las presiones ejercidas dentro del socket durante el ciclo de la marcha en pacientes con amputación transfemorales. IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health IFMBE Proceedings 2008; 18: 774-8.
4. Viladot R, Cohí O, Clavell S. Ortesis y Prótesis del Aparato Locomotor, Volumen 2.2 Extremidad Inferior, Parálisis Fracturas Lesiones Ligamentosas de Rodilla y Tobillo Amputaciones y Protetización. Madrid: Ed. Masson; 2002, p. 251-9.
5. Zachariah SC, Saxena R, Ferguson JR, Sanders JE. Shape and volume change in the transtibial residuum over the short term: Preliminary investigation of six subjects. *J Rehabil Res Dev* 2004; 41(5): 683-94.
6. Pacheco M, Flores O, Guadarrama J, Chávez D, Díez G. Fortalecimiento muscular con ejercicios isocinéticos en pacientes amputados por arriba de rodilla en periodo preprotésico. Estudio de 10 casos. *Rev Mex Med Fis Rehab* 2004; 16: 104-9.
7. Sanders JE, Lee GS. A means to accommodate residual limb movement during optical scanning: A technical note. *IEEE Trans Neural Sys Rehabil Eng* 2008; 16(5): 505-9.
8. González M, Condón M. Causas y consecuencias de la atrofia muscular y desmineralización en los amputados de la extremidad inferior. *Rehabilitación (Madrid)* 2000; 34(4): 285-93.

9. González M, Cohí O, Salinas F. Amputación de extremidad inferior y discapacidad. Prótesis y rehabilitación. Madrid: Masson; 2005, p. 3, 143-4.
10. Sanders JE, Jacobsen AK, Fergason JR. Effects of fluid insert volume changes on socket pressures and shear stresses: Case studies from two trans-tibial amputee subjects. *Prosthet Orthot Int* 2006; 30(3): 257-69.
11. Seymour R. Prosthetics and orthotics: Lower limb and spinal. Riverwoods: Ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2002, p. 10-3.
12. Ocampo M, Henao L, Vásquez L. Amputación de miembro inferior: cambios funcionales inmovilización y actividad física. Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano. Bogotá: Universidad del Rosario; 2010, p. 26.
13. Umberto C, Massimiliano B. Biomechanics of sprinting amputees athletes. *J Biomech* 2006; 39(1): S548-S549.
14. Boonhong J. Validity and reliability of girth measurement (circumference measurement) for calculating residual limb volume in below-knee amputees. *Chula Med J* 2007; 51: 77-88.
15. Huang M, Levy C, Webster J. Acquired limb deficiencies. Prosthetics components, prescriptions and indications. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: S17-S24.
16. Sanders JE, Rogers EL, Abrahamson DC. Assessment of residual-limb volume change using bioimpedence. *J Rehabil Res Dev* 2007; 44(4): 525-36.
17. Buis A, Condon B, Brennan D, McHugh B, Hadley D. Magnetic resonance imaging technology in transtibial socket research: A pilot study. *J Rehabil Res Dev* 2006; 43(7): 883-90.
18. Boonhong J. Correlation between volumes and circumferences of residual limb in below knee amputees. *J Med Assoc Thai* 2006; 89(Suppl. 3): S1-S4.
19. Sanders J, Fatone S. Residual limb volume change: Systematic review of measurement and management. *JRRD* 2011; 48(8): 949-86.
20. Hislop H, Montgomery J. Técnicas de balance muscular. Bio-médica: Manual profesional Daniel's and Worthington's Muscle Testing. Miamisburg: Elsevier Science Health Science Division, 2003: 2.
21. Macías L. Determinación de las características demográficas, etiológicas, quirúrgicas, sensoriales y enfermedades concomitantes de 463 pacientes amputados transfemorales del Centro Nacional de Rehabilitación. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina. Tesis de Especialidad. 2005.
22. Hagberg K, Brånemark R, Hägg O. Questionnaire for Persons with a Transfemoral Amputation (Q-TFA): Initial validity and reliability of a new outcome measure. *JRRD* 2004; 41(5): 695-706.

Reimpresos:

Ing. Felipe Mendoza-Cruz

Laboratorio de Ortesis y Prótesis
División de Investigación Tecnológica
Instituto Nacional de Rehabilitación
Calz. México-Xochimilco, Núm. 289
Col. Arenal de Guadalupe
14389, México, D.F.
Tel.: 5999-1000, Ext. 13220
Correo electrónico: fmendoza@inr.gob.mx

Recibido el 30 de septiembre de 2013.

Aceptado el 08 de octubre de 2013.