



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA**

**CENTRO MÉDICO NACIONAL “20 DE NOVIEMBRE”  
I.S.S.S.T.E**

**“INCREMENTO DE LA CAPACIDAD AERÓBICA Y FUNCIONALIDAD DE LA  
MARCHA CON EJERCICIO ISOCINÉTICO VS EJERCICIO ISOTÓNICO EN  
PACIENTES CON AMPUTACIÓN TRANSFEMORAL UNILATERAL”**

**TESIS DE POSGRADO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LA  
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

**PRESENTA:**

**DR. ISRAEL ZÚÑIGA CASTELLANOS**

**REGISTRO 237-2011**

**ASESORES DE TESIS:**

**DRA. ILIANA LUCATERO LECONA**

**DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA**



**MÉXICO, D.F. AGOSTO 2011**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
CENTRO MÉDICO NACIONAL “20 DE NOVIEMBRE”**

**I.S.S.S.T.E**



**“INCREMENTO DE LA CAPACIDAD AERÓBICA Y  
FUNCIONALIDAD DE LA MARCHA CON EJERCICIO  
ISOCINÉTICO VS EJERCICIO ISOTÓNICO EN PACIENTES CON  
AMPUTACIÓN TRANSFEMORAL UNILATERAL”**

**ASESORES DE TESIS:**

**DRA. ILIANA LUCATERO LECONA  
JEFA DE SERVICIO DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN**

**DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA  
MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN**

**INVESTIGADOR:**

**DR. ISRAEL ZÚÑIGA CASTELLANOS**

---

**DRA. AURA ERAZO VALLE**  
Subdirectora de Enseñanza e Investigación

---

**DRA. ILIANA LUCATERO LECONA**  
Jefa del Servicio de Medicina Física y Rehabilitación  
Profesora Titular del Curso de Medicina de Rehabilitación

---

**DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA**  
Médico Adscrito al Servicio de Medicina Física y Rehabilitación  
Asesor de Tesis

---

**DR. ISRAEL ZÚÑIGA CASTELLANOS**  
Autor y Médico Residente del Curso de Medicina de Rehabilitación  
del CMN "20 de Noviembre"

## AGRADECIMIENTOS

*A mi Padre, que aunque no está físicamente,  
Siempre está conmigo.  
A mi madre, por todo ese amor incondicional  
Que me ha dado desde que tengo memoria.*

*A mi padrino, madrina, hermanas y hermanos,  
Porque sin ellos jamás hubiera sido  
La persona que ahora soy.*

*Al amor de mi vida,  
Que me brinda todo ese cariño,  
Apoyo, respeto y me enseña  
A ser mejor persona a diario.*

*A todos mis amigos,  
Porque aunque no estemos juntos,  
Siempre estamos presentes  
En las buenas y en las malas.*

*A ese Ser supremo  
que existe en todo momento y lugar  
y que me hace seguir  
siempre hacia delante.*

## ÍNDICE

|   |       |           |
|---|-------|-----------|
| <b>RESUMEN</b>                          | ..... | <b>6</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                     | ..... | <b>8</b>  |
| <b>JUSTIFICACIÓN</b>                    | ..... | <b>10</b> |
| <b>OBJETIVOS</b>                        | ..... | <b>12</b> |
| <b>DISEÑO METODOLÓGICO</b>              | ..... | <b>13</b> |
| <b>LOGÍSTICA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> | ..... | <b>15</b> |
| <b>RESULTADOS</b>                       | ..... | <b>16</b> |
| <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b>             | ..... | <b>25</b> |
| <b>CONCLUSIONES</b>                     | ..... | <b>27</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                     | ..... | <b>28</b> |
| <b>ANEXO</b>                            | ..... | <b>31</b> |

# “INCREMENTO DE LA CAPACIDAD AEROBICA Y FUNCIONALIDAD DE LA MARCHA CON EJERCICIO ISOCINETICO VS EJERCICIO ISOTONICO EN PACIENTES CON AMPUTACION TRANSFEMORAL UNILATERAL”

## RESUMEN

La amputación es una resección total o parcial de una extremidad, la cual es seccionada a través de uno o más huesos, en forma perpendicular al eje longitudinal de la misma. La principal causa de amputación de miembros pélvicos en adultos mayores en nuestro Centro Médico es la enfermedad vascular periférica y diabetes. **Objetivo:** Determinar si un programa de fortalecimiento isocinético y ejercicio aeróbico en pacientes con amputación transfemoral unilateral dentro de la fase de rehabilitación preprotésica, producen un incremento de la capacidad aeróbica y la funcionalidad de la marcha. **Materiales y Métodos:** Se incluyeron 8 pacientes, los cuales fueron asignados de forma aleatorizada a un grupo experimental (50%) y un grupo control (50%); en cuanto a género, 50% fueron del sexo femenino y 50% del sexo masculino, el rango de edad de los pacientes se encontró entre 57 a 76 años. Los pacientes presentaron diagnóstico de Diabetes mellitus tipo 2, Hipertensión arterial sistémica y Cardiopatía isquémica, todas en control médico. Al grupo experimental se le asignó fortalecimiento isocinético para musculatura de cadera de extremidad amputada, y ejercicio aeróbico submáximo con ergómetro para extremidades superiores, 40 minutos, 3 veces por semana por 4 semanas. Al grupo control se le realizó programa de rehabilitación de fase preprotésica implementado en nuestro servicio por 10 sesiones. **Diseño estadístico:** el estudio es de tipo experimental, prospectivo, prolectivo, longitudinal, comparativo y ciego. Se obtuvieron medidas de resumen para cada uno de los valores medidos, tablas de frecuencia, media, mediana, rango y desviación estándar. **Resultados:** el fortalecimiento isocinético es más efectivo para los grupos musculares que realizan la flexión, abducción y aducción de la cadera de lado de la extremidad pélvica amputada con valor de  $p= 0.02$ ,  $0.02$  y  $0.05$  respectivamente mediante prueba pareada de Wilcoxon y prueba de Mann Whitney . El programa aeróbico implementado fue estadísticamente significativo, con un valor de  $p=0.04$  en Watts y  $p=0.02$  para el incremento en Mets mediante prueba pareada de Wilcoxon y prueba de Mann Whitney. El grupo experimental tuvo una media de aumento de 2.5 Mets al término del programa de entrenamiento. **Conclusiones:** Los resultados evidencian la necesidad de proporcionar a los pacientes con amputación transfemoral unilateral con patologías crónicodegenerativas un programa de fortalecimiento y ejercicio aeróbico submáximo paralelo al programa de fase preprotésica implementado.

Palabras clave: amputación, isocinético, aeróbico, submáximo.

# "AEROBIC CAPACITY INCREASE AND FUNCTIONALITY PROGRESS WITH ISOKINETIC EXERCISE VS ISOTONIC EXERCISE IN PATIENTS WITH UNILATERAL TRANSFEMORAL AMPUTATION "

## ABSTRACT

Amputation is a total or partial removal of a limb, which is sectioned through one or more bones, perpendicular to the longitudinal axis thereof. The main cause of pelvic limb amputation in older adults in our Medical Center is peripheral vascular disease and diabetes. **Objective:** To determine whether a program of isokinetic strengthening and aerobic exercise in patients with unilateral transfemoral amputation in the preprosthetic phase of rehabilitation, produce an increase in aerobic capacity and functionality of the march. **Materials and Methods:** 8 patients, who were randomly assigned to an experimental group (50%) and a control group (50%) in terms of gender, 50% were female and 50 % male, age range of patients was found between 57 to 76 years. Patients had a diagnosis of Diabetes mellitus type 2, hypertension and ischemic heart disease, all in medical control. The experimental group was assigned to isokinetic muscle strengthening hip amputated limb and ergometer submaximal aerobic exercise for upper extremities, 40 minutes, 3 times per week for 4 weeks. The control group underwent rehabilitation program preprosthetic phase implemented in our service for 10 sessions. **Statistical design:** The study is an experimental, prospective, prolective, longitudinal, comparative and blinded. Summary measures were obtained for each of the measured values, frequency tables, mean, median, range and standard deviation. **Results:** Isokinetic strengthening is more effective for muscle groups that perform flexion, abduction and adduction of the hip side of the pelvic limb amputated p-value = 0.02, 0.02 and 0.05 respectively by Wilcolxon paired test and Mann Whitney test. The aerobic program implemented was statistically significant with a p-value = 0.04 at p = 0.02 Watts for the Mets increased by Wilcolxon paired test and Mann Whitney test. The experimental group had a mean increase of 2.5 Mets at the end of the training program. **Conclusions:** The results highlight the need to provide unilateral transfemoral amputees with chronic degenerative diseases and a strengthening program submaximal aerobic exercise program parallel to the preprosthetic phase implemented.

Keywords: amputation, isokinetic, aerobic, submaximal.



## INTRODUCCIÓN

La amputación es una resección total o parcial de una extremidad, la cual es seccionada a través de uno o más huesos, en forma perpendicular al eje longitudinal de la misma. Este término se reserva a la pérdida de alguna extremidad por causa quirúrgica, traumática, por enfermedad o congénita.

Se estima que 400 000 personas de los EU están amputados, y de ellos 60 000 personas al año es amputada de extremidades inferiores. <sup>(1)</sup>

La principal causa de amputación de miembros pélvicos en adultos mayores es la enfermedad vascular periférica y diabetes. Con respecto a la etiología las principales causas de amputación en miembros pélvicos son: la enfermedad vascular periférica e infección 70%, trauma 22%, tumores 5%, deformidades congénitas 3%. En el caso de padecimientos con asociación a enfermedad vascular periférica que requiere amputación incluyen Diabetes Mellitus, arteriosclerosis y enfermedad de Buerger. En el caso de los diabéticos no solo se debe a la enfermedad vascular, también influyen la neuropatía motora, sensorial y autonómica. Y de acuerdo al nivel de amputación la frecuencia es: transtibial 59%, transfemoral 35%, Syme 3%, desarticulación de cadera 2% y desarticulación de rodilla 1%, principalmente. <sup>(2, 3, 6, 8)</sup>

En relación a los pacientes que usan prótesis y el gasto energético que ello implica, se sabe que la cantidad de energía extra que se necesita para caminar con una prótesis depende del nivel de amputación, <sup>(4)</sup> es así que caminar con una prótesis transfemoral requiere de un 25-40% más de gasto de energía que en personas sin este tipo de problemas y el gasto de energía influye directamente en la velocidad de la marcha y específicamente, la marcha en pacientes con amputación transfemoral tiende a ser más lenta, y se ha demostrado que el promedio de velocidad de la marcha en estos pacientes es de 1.04 m/s (DS 0.214). <sup>(2,7)</sup> Además, el consumo de oxígeno por metro es más alto en pacientes amputados vasculares que de tipo traumático, por lo que estos pacientes en general cuentan con una mayor edad, mayor desacondicionamiento físico y enfermedades asociadas de tipo cardiovascular; y debido a esto el ejercicio con pruebas de estrés como el ergómetro de brazos (ya validado en estudios previos) <sup>(14)</sup> deben usarse como parte de las herramientas diagnósticas antes de iniciar un programa de ejercicio para disminuir el riesgo de complicaciones cardiovasculares; además, de que puede resultar como un predictor para un uso adecuado de la prótesis y del desempeño de la marcha. <sup>(2, 5, 8, 10, 11)</sup>

Para ser capaz de aprender a caminar con una prótesis es muy importante que el amputado sea capaz de cumplir las altas demandas de gasto energético. Una baja condición física puede influir en el progreso de la rehabilitación, incrementa el riesgo de problemas coronarios durante el proceso de rehabilitación e influye en el nivel de actividad funcional. <sup>(4,13)</sup>

Ante esta situación, se tiene que las intervenciones que pueden reducir el consumo de oxígeno en amputados transfemorales incluye el ejercicio de acondicionamiento aeróbico además de una buena colocación de la prótesis. <sup>(5,10)</sup>

Ahora bien, con este gran número de amputados, dentro del campo de la rehabilitación se pretende mejorar la calidad de vida y promover la reintegración a su vida laboral, y a pesar de la gran cantidad de estudios y avances tecnológicos en el campo de la construcción de prótesis, evaluación de muñón, postura y marcha de estos pacientes, la atención se ha enfocado más en la pérdida de fuerza y atrofia muscular asociada con la marcha protésica, por lo cual resulta obvio que una evaluación adecuada y confiable de la función muscular y detección de una menor fuerza muscular, alteración en el balance muscular agonista-antagonista puede proporcionar una guía útil y necesaria para evaluar y mejorar la eficacia de los métodos de rehabilitación. <sup>(1)</sup>

Actualmente la medición isocinética de la fuerza muscular representa un método de elección para su evaluación, por lo que investigadores y médicos han enfocado el interés al usarlo como un instrumento de medición confiable, que resulta en la aplicación de un programa de intervención adecuado. <sup>(1,9,10)</sup>

Dado que la recuperación de la marcha independiente es un importante objetivo en la rehabilitación del paciente que sufrió una amputación transfemoral, es necesario realizar un estudio en donde se determine la correlación que hay entre la capacidad de marcha con el consumo de oxígeno periférico (VO<sub>2</sub>) y la fuerza del paciente.

Los equipos de evaluación isocinética nos ofrecen la medición de valores máximos de fuerza de los músculos estudiados, además de la facilidad de disponer de parámetros para implementar un programa de fortalecimiento específico. Con esta tecnología se puede determinar el pico torque muscular (traducido en la fuerza necesaria para que un músculo haga posible el movimiento angular contra una resistencia determinada) de forma específica para la articulación en estudio y se expresa en Newton/metro. <sup>(1, 26)</sup>

La prueba de caminata de 6 minutos es una herramienta validada para evaluar la capacidad de marcha en pacientes con secuelas de diversas patologías, sin embargo hasta ahora sólo se ha correlacionado con fuerza de miembro pélvico y balance, <sup>(15,16,17)</sup> que no necesariamente reflejan la funcionalidad y la calidad de vida del paciente y no existen estudios que evalúen la correlación que existe entre la capacidad de marcha y escalas validadas de funcionalidad y el consumo de oxígeno periférico; de ahí que sea necesario realizar estudios que correlacionen las pruebas caminata de 6 minutos con las pruebas de funcionalidad y capacidad aeróbica en pacientes con secuelas secundarias a una amputación transfemoral unilateral. <sup>(11,12)</sup>

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la literatura médica, aún no existen estudios que determinen la correlación entre la capacidad aeróbica y la funcionalidad de la marcha en pacientes con amputación transfemoral unilateral que realizan por un lado un programa de rehabilitación con ejercicio isocinético y entrenamiento aeróbico y por otro lado un programa de ejercicio isotónico, con la finalidad de diseñar un programa rehabilitatorio efectivo para que los pacientes amputados logren la mayor independencia posible para sus traslados, así como una mejor calidad de vida.

## **JUSTIFICACIÓN**

La amputación transfemoral unilateral se realiza como tratamiento de complicaciones de varias patologías, entre ellas Diabetes Mellitus, tipo 2, Insuficiencia arterial aguda y crónica, traumatismos y tumoraciones malignas localizadas a miembro inferior. En este CMN 20 de Noviembre, según registros epidemiológicos mediante el sistema SIAH, entre Enero 2008 a Enero 2011, se realizaron un total de 48 amputaciones registradas mediante la clave de diagnóstico Z89.6 (Ausencia adquirida de pierna por arriba de la rodilla), de las cuales 37 pacientes (13 mujeres y 24 hombres) han sido atendidos en el servicio de Medicina Física y Rehabilitación como parte del tratamiento integral, en un rango de edad de entre 12 y 93 años (la mayoría de ellos en edad productiva), provocando pérdidas económicas significativas en sus áreas de trabajo e instituciones de atención.<sup>(20)</sup>

El tratamiento rehabilitatorio otorgado por nuestro servicio se conforma de tres fases importantes, a decir:

- 1.- Fase de preamputación, en la cual la finalidad es preparar al paciente para el manejo agudo de los impedimentos después del tiempo quirúrgico, con respecto al dolor, herida quirúrgica y limitación del reposo prolongado,
- 2.- Fase de postamputación preprotésica, una de las más importantes, ya que en ella se pondrá énfasis en el fortalecimiento muscular y el aumento de la capacidad aeróbica como principales objetivos para la preparación del paciente para la realización de la marcha de forma independiente, sin dejar a un lado el manejo del muñón residual para una adecuada adaptación protésica a futuro; y,
- 3.- Fase de postamputación protésica, en la cual el paciente se encuentra preparado para la adaptación protésica específica para el estilo de vida que al paciente convenga.

Para la realización del estudio se captarán pacientes que sean susceptibles de rehabilitar a partir de la segunda fase antes mencionada, ya que es claro que se requiere de una función muscular adecuada para el uso apropiado de una prótesis, recuperar la habilidad de la marcha y regresar a una autonomía funcional, así como también es claro que una detección y evaluación de asimetrías entre músculos homólogos así como alteraciones entre agonistas-antagonista es crítica para el diseño de un programa de rehabilitación óptimo, de ahí que este estudio planteé evaluar los músculos de la cadera de forma bilateral en pacientes con amputación transfemoral unilateral y así determinar

los alcances en la alteraciones de la fuerza que se ven directamente reflejados en la funcionalidad de la marcha y en la capacidad aeróbica de estos pacientes con el uso de la prótesis, tomando en cuenta el gasto energético adicional que implica el uso de ésta.

Por todo lo anterior, y desde el punto de vista de la Medicina de Rehabilitación se considera importante realizar este estudio para que nos permita conocer la relación que existe entre la capacidad de marcha, la fuerza y la capacidad aeróbica del paciente y sirvan entonces como herramientas de evaluación confiable y válida y en base a esto diseñar un programa de rehabilitación lo más completo posible que ayude al paciente a reducir su discapacidad para las transferencias y traslados, es decir, de caminar o desenvolverse en casa o en la comunidad, retornar a su rol en sociedad premórbido de forma más temprana o que no requiera un prolongado tiempo de cuidados, lo que conllevaría a menores gastos tanto institucionales como personales y familiares.

## **OBJETIVOS**

### **1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar si la adición de un programa de fortalecimiento isocinético para músculos de cadera y ejercicio aeróbico en pacientes con amputación transfemoral unilateral en terapia física dentro de la fase de rehabilitación preprotésica, producen un incremento de la capacidad aeróbica y la funcionalidad de la marcha comparándolo con aquellos que solo reciben un programa de terapia física preprotésica.

### **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Cuantificar el pico torque (Newton/m) de los músculos extensores, flexores, abductores y aductores de cadera de la extremidad inferior amputada.
- b) Medir la capacidad aeróbica indirecta mediante prueba de determinación de carga de trabajo submáxima utilizando un ergómetro para extremidades superiores.
- c) Medir la funcionalidad en la marcha, a través de la distancia caminada con uso de auxiliares para la marcha, mediante la Prueba de caminata de 6 minutos.
- d) Estratificar la funcionalidad para traslados y transferencias en pacientes con amputación transfemoral unilateral mediante la CLASIFICACION DE POHJOLAINEN.

## DISEÑO METODOLÓGICO

Se reclutaron 8 pacientes con amputación transfemoral unilateral secundaria a insuficiencia periférica aguda o crónica, pie diabético complicado, traumatismo o tumores malignos de localización en extremidad inferior, de mínimo 30 días de evolución, atendidos en el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Nacional “20 de Noviembre”, derechohabientes del ISSSTE, que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión: a) comprendidos entre edades de 40 a 70 años, b) de cualquier género, c) en grado V de acuerdo a la clasificación de Pohjolainen<sup>(18)</sup>, d) sin uso de prótesis previo ni actual. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: a) pacientes con secuelas cognitivas que impidan el entendimiento y aplicación de las pruebas de marcha y de ejercicio con equipo de isocinesia, b) pacientes con patología asociada que impida realizar las pruebas físicas establecidas para el estudio: angor inestable, Infarto de Miocardio en el mes previo, Hipertensión Arterial inestable, arritmia no controlada, c) pacientes con trastornos musculoesqueléticos que les impidan realizar la Prueba de caminata de 6 minutos utilizada en nuestro estudio, d) pacientes con prótesis total de cadera, con flexión de cadera menor de 90°, e) presencia de dolor (de tipo vasogénico) durante la realización de las pruebas isocinéticas, f) pacientes con muñón no cicatrizado, g) pacientes que no deseen participar en el estudio.

Se seleccionaron un total de 8 pacientes que cumplieron con todos los criterios de inclusión, los cuales estuvieron de acuerdo en participar en el estudio y accedieron a firmar una Carta de Consentimiento Informado aprobada por el Comité de Ética del Departamento de investigación de nuestra Institución.

El total de pacientes fueron asignados de forma aleatoria a un grupo experimental (n=4) y un grupo control (n=4). A todos se les elaboró su Historia Clínica al momento de su ingreso al estudio y les fue aplicada la escala de Clasificación Funcional de Pohjolainen<sup>(18)</sup> para pacientes amputados al inicio y al final del tratamiento.

Ambos grupos fueron evaluados previamente y al término del tiempo de la intervención respectiva mediante:

a) Determinación del pico torque (obtenido en Newton/metro) de músculos de cadera<sup>(27)</sup> de la extremidad amputada encargados de la extensión, flexión, abducción y aducción mediante equipo de isocinesia marca CONTREX®, módulo MJ, con protocolo estandarizado para la obtención de dichos valores de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

b) Determinación de capacidad aeróbica indirecta obtenida por prueba de esfuerzo realizada en ergómetro para extremidades superiores marca SCIFIT® mediante protocolo recomendado por las Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo<sup>(26)</sup>, para pacientes con características similares a los participantes en nuestro estudio. El protocolo consistió en un programa de calentamiento sin resistencia en los manerales por 3 minutos, posteriormente la prueba fue de tipo continua, incremental y submáxima, con frecuencia de 50 revoluciones por minuto, iniciando a 10 Watts con incrementos de 10 Watts cada minuto, con finalización por fatiga o

frecuencia cardiaca submáxima y un periodo de enfriamiento por 3 minutos sin resistencia. Se monitorizó la frecuencia cardiaca y presión arterial antes, después del calentamiento, y posterior al término del enfriamiento. Los resultados obtenidos en Watts fueron convertidos a valores de VO<sub>2</sub> y posteriormente Mets mediante fórmulas de conversión de la ACSM<sup>(25)</sup>, a decir:

- VO<sub>2</sub>= (18 x W)/kg + 3.5
- Mets= VO<sub>2</sub>/3.5 expresado en ml.kg.min.

c) Realización de prueba de caminata de 6 minutos con auxiliares de la marcha (andadera o muletas) estandarizada por la American Torax Society.<sup>(15,16,17)</sup>

El grupo control recibió un programa rehabilitatorio consistente en 10 sesiones de terapia física consistentes en: a) Ejercicios de movilización activa a 3 extremidades y a muñón resultante de la amputación, b) Ejercicios de estiramiento a musculatura flexora de cadera bilateral, músculos isquiotibiales y tríceps sural de miembro contralateral al amputado, c) Ejercicios de fortalecimiento isotónico para musculatura extensora, flexora, abductora y aductora de cadera de miembro pélvico amputado, y d) reeducación de la marcha en barras paralelas y con auxiliares de la marcha. Dentro de este programa se dan indicaciones a los pacientes de realizar los ejercicios aprendidos al menos una al día en su domicilio.

El grupo experimental realizó el mismo programa de rehabilitación que el grupo control, además de un programa de entrenamiento de inicio posterior a la conclusión del programa previamente descrito, el cual consistió en un total de 12 sesiones organizadas de la siguiente manera: una sesión de 40 minutos, tres veces por semana, durante 4 semanas continuas en el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación de este Centro Médico.

El programa de entrenamiento estuvo enfocado a 2 vertientes principales: fortalecimiento para musculatura de cadera de miembro amputado y ejercicio aeróbico para ser realizado por miembros superiores. Los dos estuvieron precedidos por un periodo de calentamiento y otro de enfriamiento al término de la fase de esfuerzo o entrenamiento. Las especificaciones para cada modalidad se describen a continuación:

a) ejercicios de fortalecimiento isocinético concéntrico al 50% del pico torque determinado en su evaluación inicial para los 4 grupos musculares de cadera (extensores, flexores, aductores y abductores) con aumento progresivo de la carga en cada sesión, a tolerancia del paciente. Para cada grupo muscular se hicieron tres series de 10 repeticiones con reposo entre al término de cada serie por dos minutos.

b) Ejercicio aeróbico para miembros superiores con ergómetro marca SCIFIT®, tipo continuo, intensidad submáxima, al 60% de capacidad aeróbica obtenida en la evaluación inicial individual, a 50 revoluciones por minuto, durante 10 minutos.

No hubo pérdidas de pacientes de ningún grupo durante el seguimiento del protocolo de investigación.

## **LOGÍSTICA Y ANALISIS ESTADISTICO**

El presente estudio es de tipo experimental, prospectivo, longitudinal, comparativo y cegado para el paciente.

Se obtuvieron medidas de resumen para cada uno de los valores medidos, descritos en tablas de frecuencia, media, mediana, rango y desviación estándar.

El análisis de inferencia estadística se basó en las siguientes pruebas:

- a) Análisis de Varianza de uno y dos factores
- b) Gráficas de comparación de medianas
- c) Pruebas no paramétricas: ANOVA de Friedman, Prueba de Kruskal Wallis, prueba pareada de Wilcoxon y prueba de Mann Whitney
- d) Gráficas de Caja y Bigote
- e) Software: Statistica 7 y NCSS 2000.



## RESULTADOS

Se incluyeron 8 pacientes, los cuales fueron designados al grupo experimental (n=4) y al grupo control (n=4); 4 pacientes (50%) fueron del sexo femenino y 4 (50%) del sexo masculino, con edades dentro de del rango de 57 a 76 años. Las enfermedades que estaban presentes en los pacientes al momento del estudio fueron Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), Hipertensión arterial sistémica crónica (HAS), así como cardiopatía isquémica (CI), todas con adecuado control médico y con cifras correspondientes a cada patología dentro de lo permitido para la realización de los tipos de ejercicio contemplados en el estudio. El 62.5% de los pacientes(n=5) fueron amputados secundariamente a complicaciones de insuficiencia vascular aguda por enfermedad vascular periférica, en el 37.5% restante (n=3) la amputación se debió a complicaciones por pie diabético. Ningún paciente fue amputado por causas oncológicas o de origen distinto a las previamente descritas.

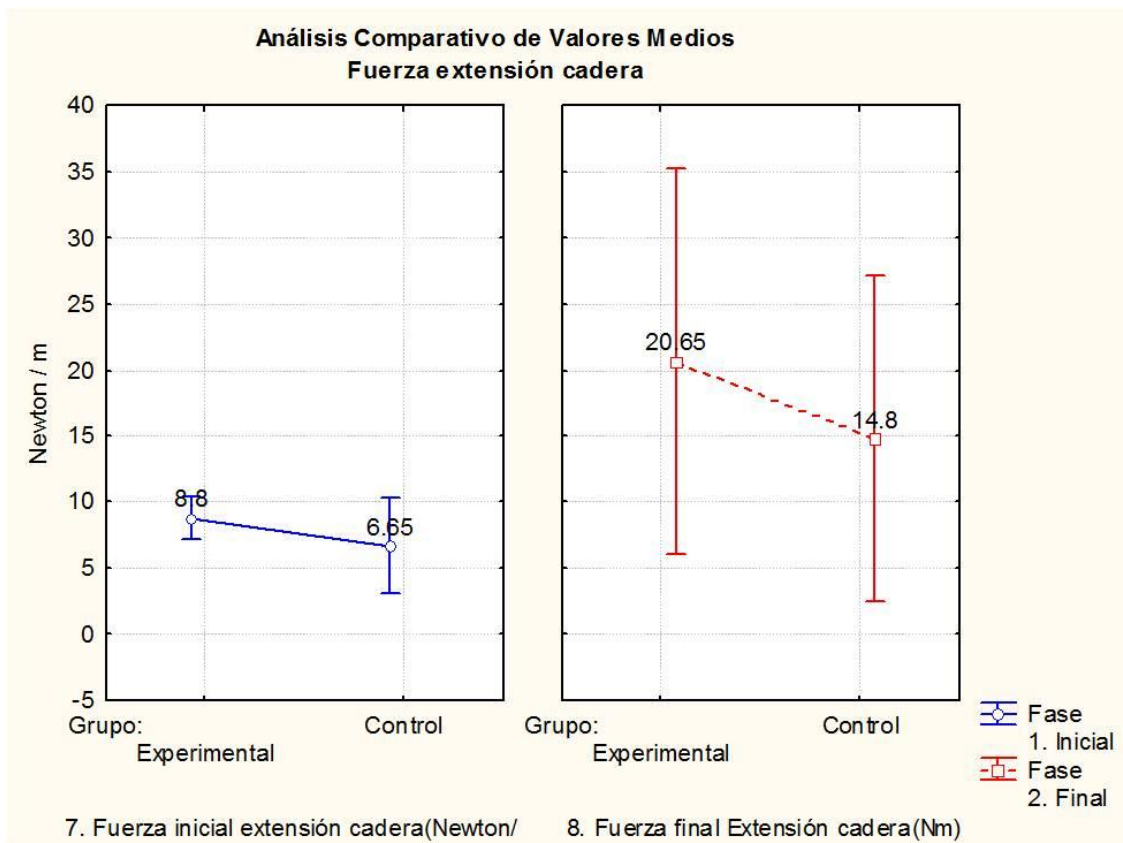
**Tabla 1. Demografía. Pacientes por género, edad en años y enfermedades de base.**

| GRUPO EXPERIMENTAL (n=4) |      |                      | GRUPO CONTROL (n=4) |      |                      |
|--------------------------|------|----------------------|---------------------|------|----------------------|
| Género                   | Edad | Enfermedades de base | Género              | Edad | Enfermedades de base |
| Femenino                 | 71   | DM2, HAS, CI         | Femenino            | 71   | DM2, HAS, CI         |
| Femenino                 | 69   | DM2, HAS             | Femenino            | 72   | DM2, HAS, CI         |
| Masculino                | 73   | HAS, CI              | Masculino           | 65   | HAS, CI              |
| Masculino                | 57   | DM2, CI              | Masculino           | 55   | DM2, HAS, CI         |

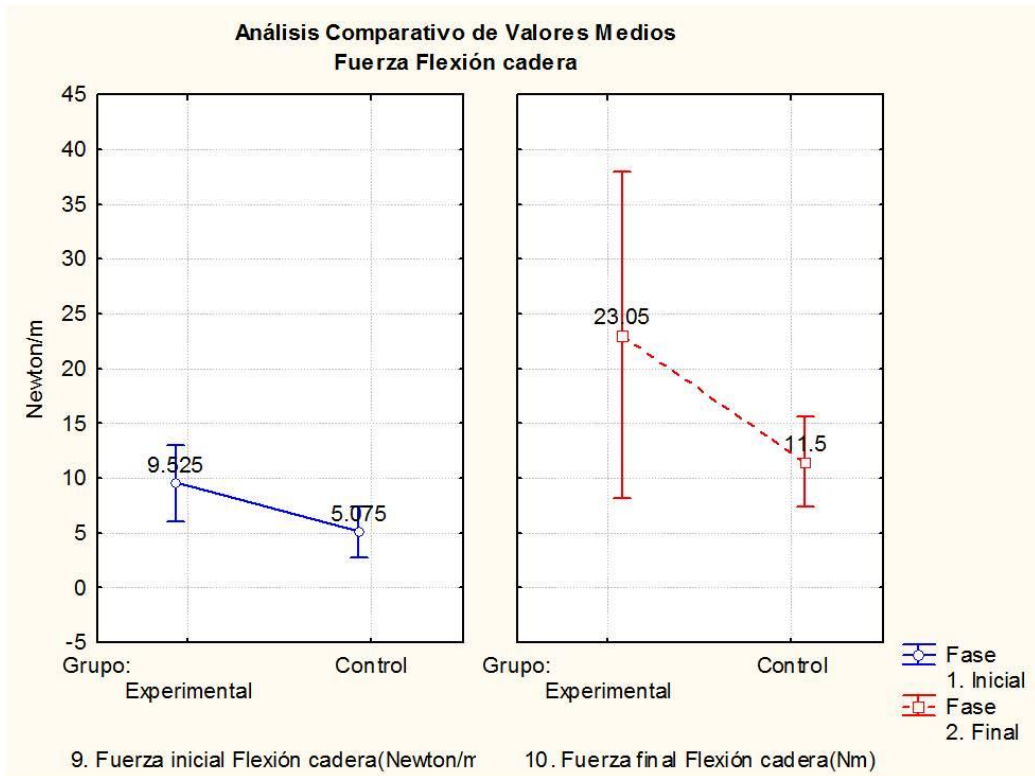
**Tabla 2. Estadística descriptiva del total de variables medidas.**

| VARIABLE               | GRUPO EXPERIMENTAL (n=4) |      |       |       | GRUPO CONTROL (n=4) |       |       |       |
|------------------------|--------------------------|------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|
|                        | Min                      | Max  | media | DS    | Min                 | Max   | media | DS    |
| Extensión inicial (Nm) | 7.6                      | 9.8  | 8.8   | 1.0   | 3.9                 | 8.7   | 6.6   | 2.2   |
| Extensión final (Nm)   | 12.7                     | 33.9 | 20.6  | 9.1   | 6.3                 | 23.7  | 14.8  | 7.7   |
| Flexión inicial (Nm)   | 7.8                      | 12.5 | 9.5   | 2.1   | 3.7                 | 6.8   | 5.1   | 1.4   |
| Flexión final (Nm)     | 18.0                     | 37.1 | 23.1  | 9.3   | 8.3                 | 14.4  | 11.5  | 2.5   |
| Abducción inicial (Nm) | 8.5                      | 8.9  | 8.7   | 0.20  | 2.0                 | 6.6   | 4.6   | 2.1   |
| Abducción final (Nm)   | 16.3                     | 28.8 | 20.2  | 5.7   | 7.5                 | 12.7  | 10.2  | 2.2   |
| Aducción inicial (Nm)  | 7.0                      | 15.0 | 9.4   | 3.7   | 3.7                 | 7.4   | 5.7   | 1.6   |
| Aducción final (Nm)    | 14.0                     | 20.1 | 16.4  | 2.5   | 6.4                 | 15.0  | 10.9  | 3.7   |
| Watts inicial          | 20.0                     | 30.0 | 22.5  | 5.0   | 20.0                | 20.0  | 20.0  | 0     |
| Watts final            | 40.0                     | 60.0 | 52.5  | 9.5   | 20.0                | 40.0  | 32.5  | 9.5   |
| Mets inicial           | 2.4                      | 3.4  | 2.7   | 0.4   | 2.3                 | 2.6   | 2.3   | 0.2   |
| Mets final             | 4.4                      | 5.9  | 5.1   | 0.6   | 2.3                 | 3.7   | 3.2   | 0.6   |
| 6MWT inicial (m)       | 60.0                     | 280  | 144.0 | 101.8 | 20.0                | 130.0 | 70.2  | 58.0  |
| 6MWT final (m)         | 128.0                    | 340  | 219.5 | 105.5 | 24.0                | 215.0 | 113.7 | 102.9 |

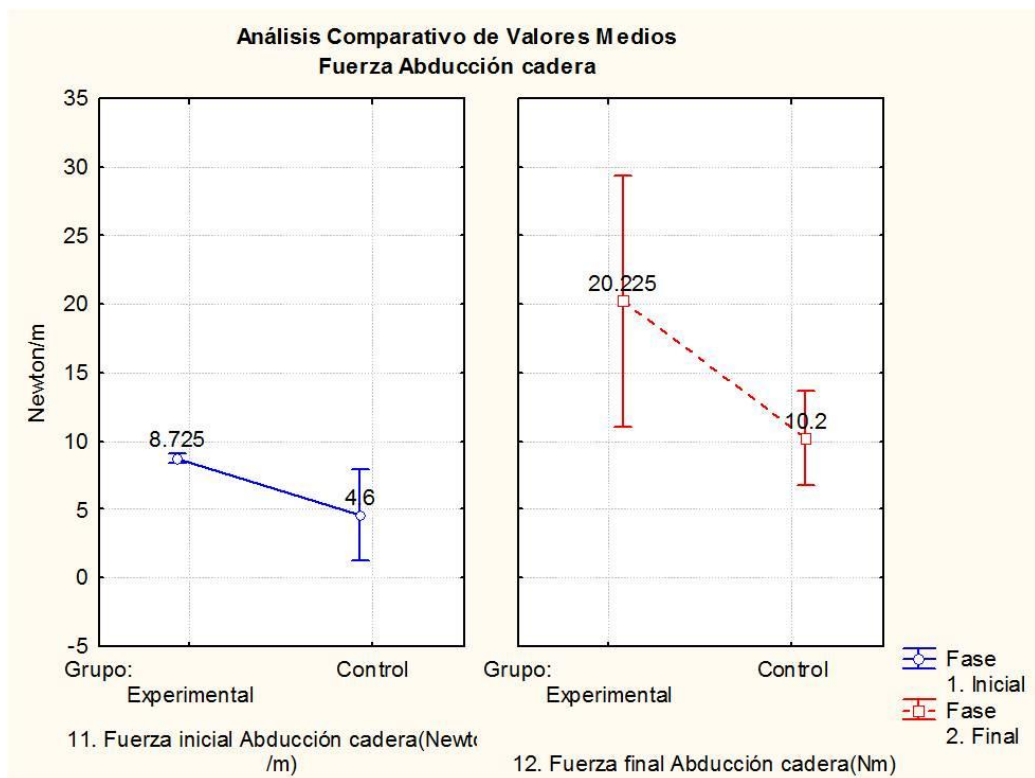
El pico torque de músculos de cadera mostró valores en ascenso para ambos grupos de estudio al comparar la medición inicial con la final. El grupo experimental desarrolló una media inicial de 8.8Nm y una final de 20.6Nm para la extensión, mientras que el grupo control mostró 6.6Nm y 14.8Nm respectivamente; para la flexión 9.5Nm iniciales y 23.1Nm al final en el grupo experimental, mientras que en el control se observó 5.1Nm y 11.5Nm; la abducción media inicial en el grupo experimental fue de 8.7 Nm y final de 20.2Nm y en el control de 4.6Nm y 10.2Nm y por último, la aducción en el grupo experimental de 9.4Nm al inicio y 16.4Nm de media final y en el control de 5.7Nm y 10.9Nm.



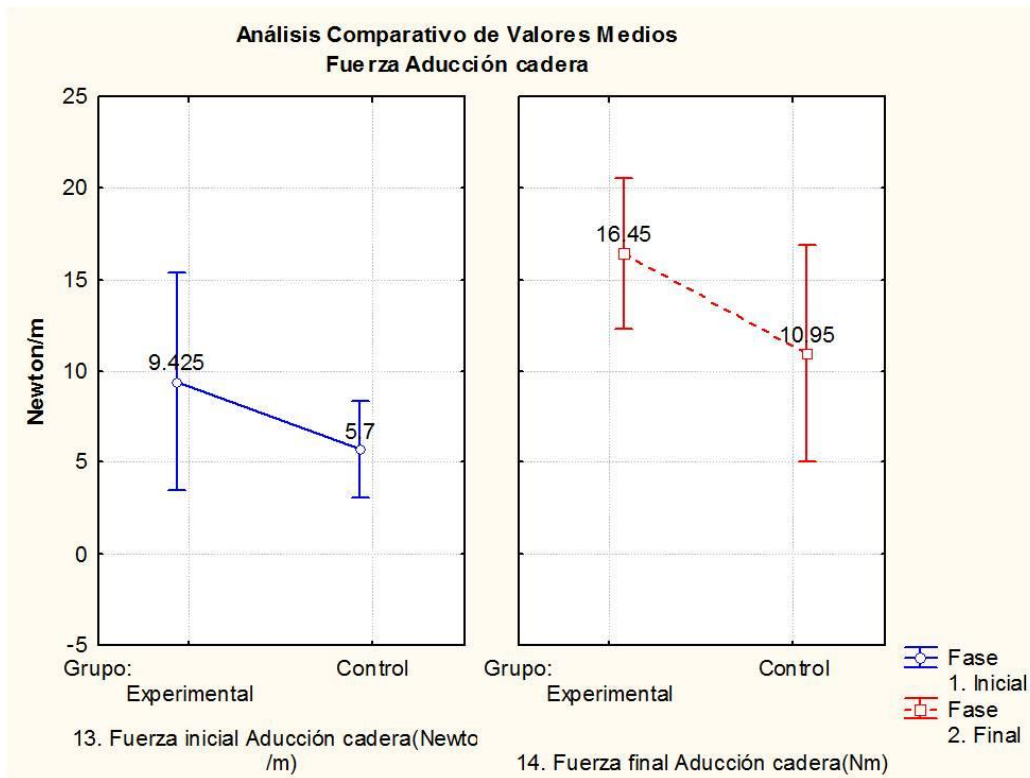
**Gráfico 1. Comparativo intergrupo inicial-final para extensión de cadera (Nm).**



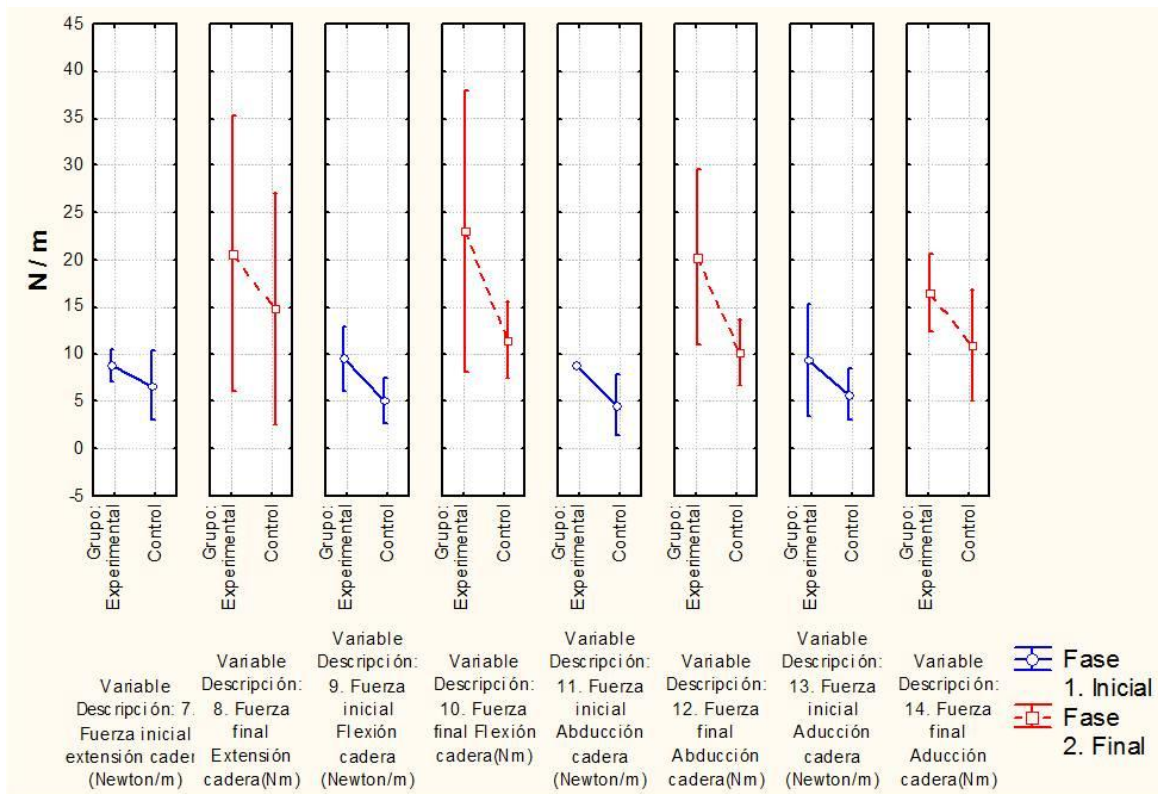
**Gráfico 2. Comparativo intergrupo inicial-final para flexión de cadera (Nm).**



**Gráfico 3. Comparativo intergrupo inicial-final para abducción de cadera (Nm).**

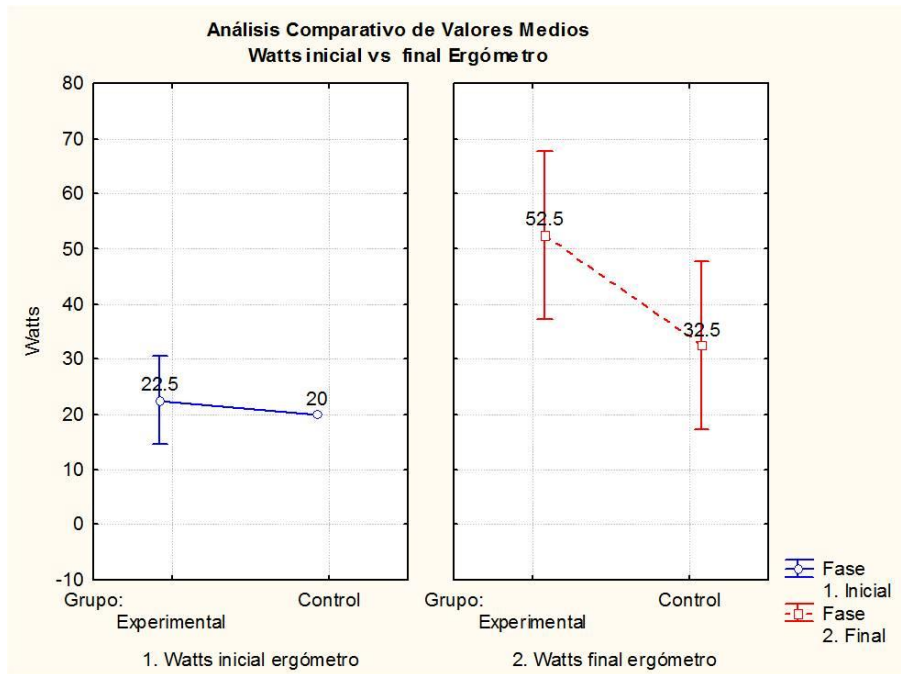


**Gráfico 4. Comparativo intergrupo inicial-final para aducción de cadera (Nm).**

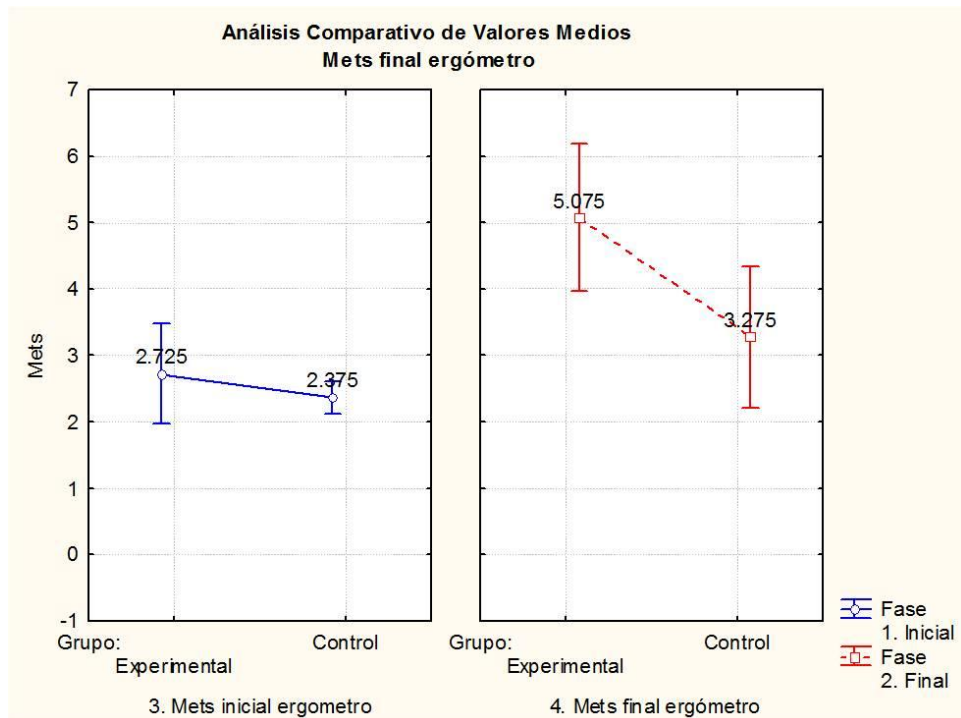


**Gráfico 5. Comparativo intergrupo inicial-final de los 4 grupos musculares de cadera.**

La determinación de la capacidad aeróbica obtenida en Watts y posteriormente traducida a Mets también mostró incremento en ambos grupos al comparar la evaluación inicial contra la final, arrojando los siguientes resultados: media de Mets al inicio 2.7 y final de 5.1 en el grupo experimental, mientras que en el grupo control se observó al inicio una media de 2.3 Mets contra 3.2 al final.

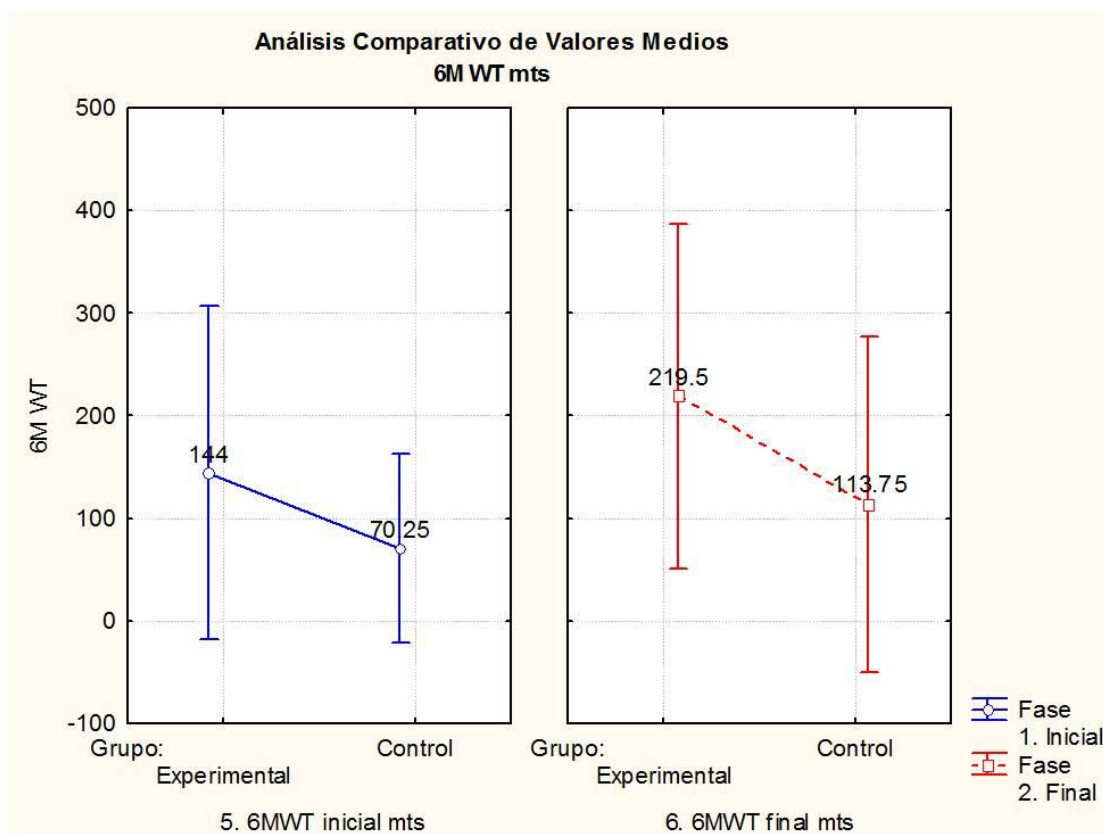


**Gráfico 6. Comparativo intergrupo de Watts inicial-final.**



**Gráfico 7. Comparativo intergrupo de Mets inicial-final.**

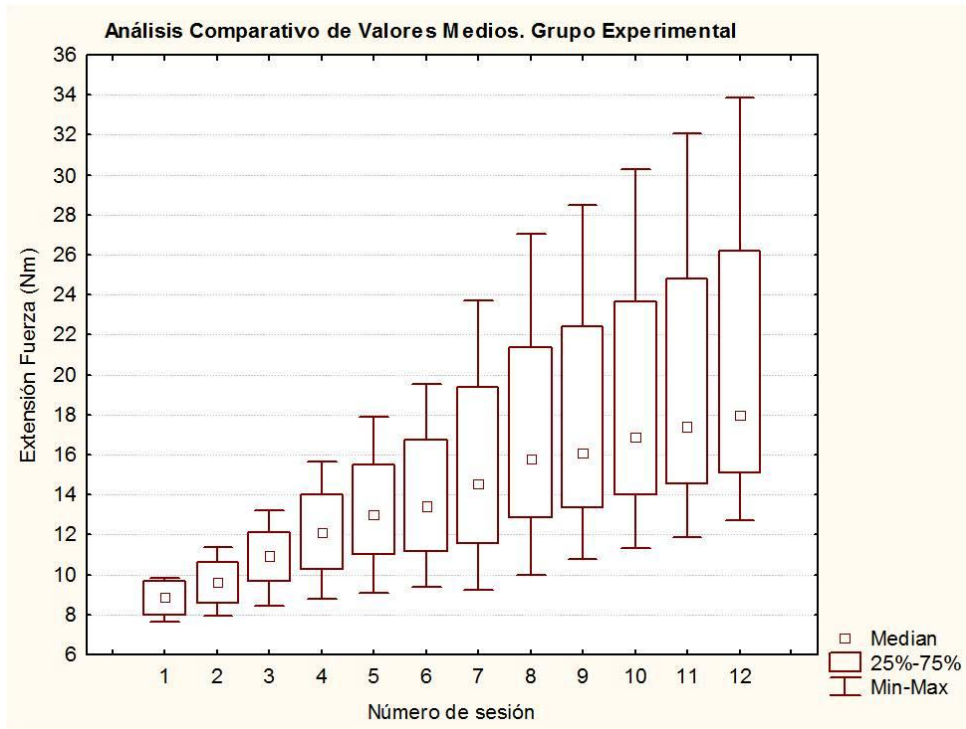
Los metros recorridos durante la realización de la prueba de caminata de 6 minutos aumentaron con respecto a la medición inicial y la final para ambos grupos. El grupo experimental mostró mayor distancia caminada desde la evaluación previa al inicio del programa de entrenamiento con una media de 144 metros y una final de 219.5 metros, mientras que el grupo control promedió al inicio 70.25 metros contra 113.75 metros en la evaluación final.



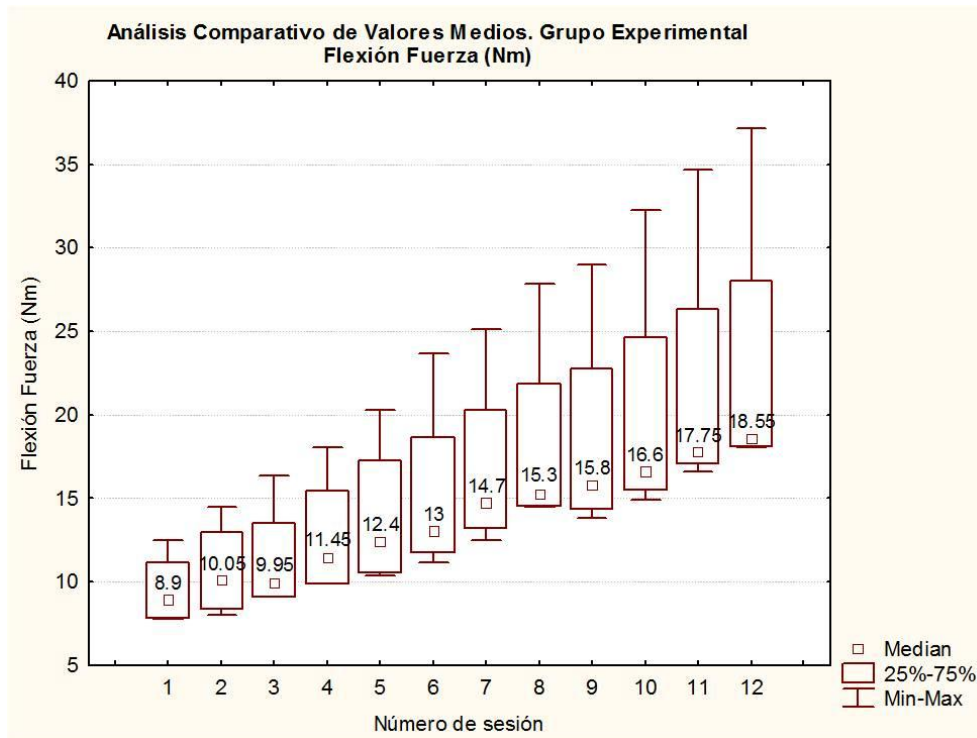
**Gráfico 8. Comparativo intergrupo de metros en 6MWT inicial-final.**

En cuanto al programa de ejercicio de fortalecimiento isocinético llevado a cabo por el grupo experimental se observó incremento de los valores iniciales con respecto a los finales para los 4 grupos musculares de la cadera del miembro pélvico amputado que fueron entrenados.

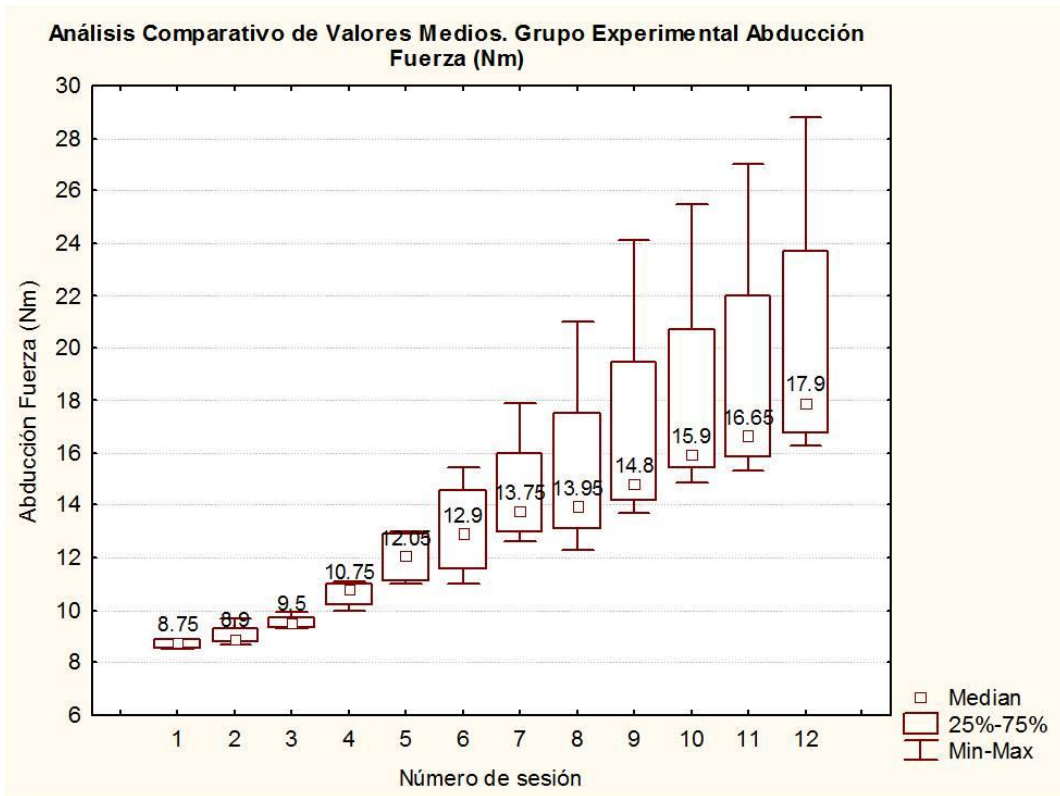
Los gráficos siguientes muestran los resultados del programa de entrenamiento isocinético en el grupo experimental para los movimientos de extensión, flexión, abducción y aducción de cadera durante las 12 sesiones realizadas.



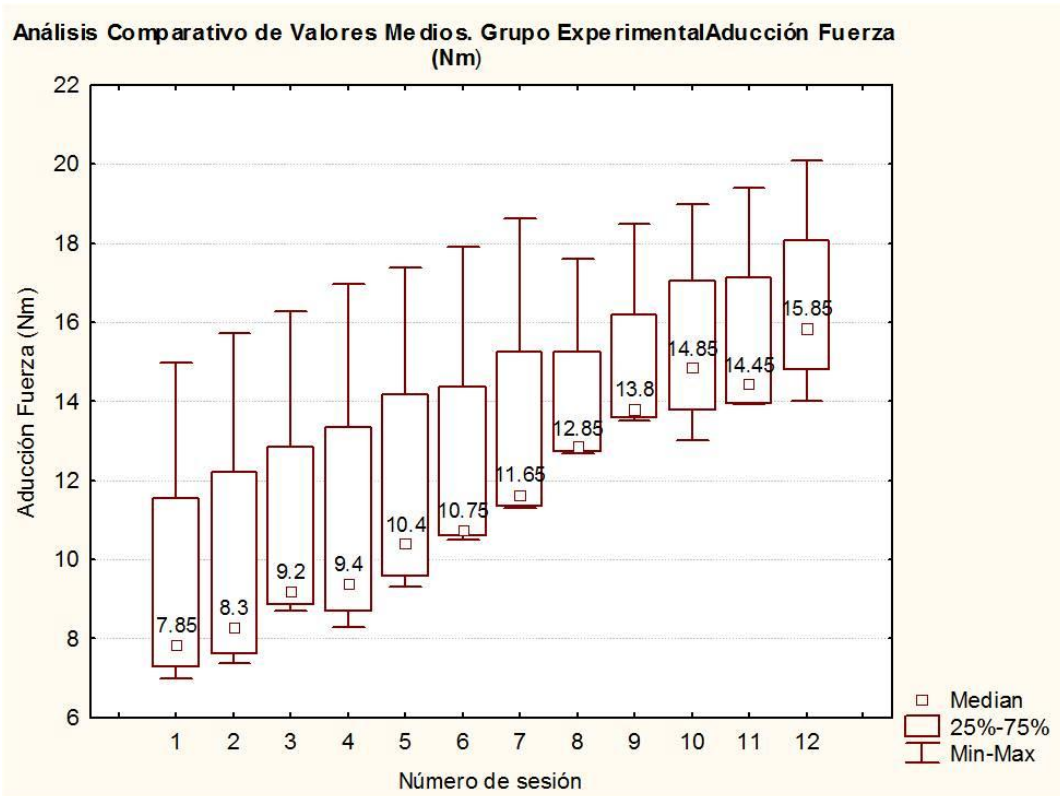
**Grafico 9. Progresión del ejercicio isocinético para extensión de cadera.**



**Grafico 10. Progresión del ejercicio isocinético para flexión de cadera.**



**Grafico 11. Progresión del ejercicio isocinético para abducción de cadera.**



**Grafico 12. Progresión del ejercicio isocinético para aducción de cadera.**



Para cada variable medida y comparada de forma intergrupala se obtuvieron los valores de p, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 3. Análisis intergrupo y significancia estadística para cada variable analizada.**

| VARIABLE       | GRUPO EXPERIMENTAL | GRUPO CONTROL | VALOR p |
|----------------|--------------------|---------------|---------|
| EXTENSION (Nm) | 18                 | 10.9          | 0.40    |
| FLEXION (Nm)   | 18.55              | 11.65         | 0.02    |
| ABDUCCION (Nm) | 17.9               | 10.3          | 0.02    |
| ADDUCION (Nm)  | 15.85              | 11.2          | 0.05    |
| Watts          | 55                 | 35            | 0.04    |
| Mets           | 5.5                | 3.5           | 0.02    |
| 6MWT (m)       | 205                | 108           | 0.30    |

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo principal determinar la ventaja de implementar un programa que incluya ejercicio de fortalecimiento isocinético y ejercicio aeróbico junto con el programa rehabilitatorio de fase preprotésica (que comúnmente se utiliza en nuestro servicio) en comparación con la implementación únicamente de fase preprotésica en pacientes con amputación transfemoral unilateral.

Tomando en cuenta que nuestra población de pacientes amputados que participaron en este estudio tiene comorbilidades que son comunes en la práctica médica diaria, resulta imperativo tomar en cuenta los efectos y posteriormente los impedimentos que provocaran el mal manejo de sus patologías de base. Teniendo esto en mente, si nos enfrentamos a una consecuencia de las complicaciones de dichas enfermedades, como lo es la amputación, necesitamos tener las armas necesarias para limitar la aparición de más secuelas, promover la mayor independencia y calidad de vida en nuestros pacientes desde un enfoque de tipo rehabilitatorio.

Los resultados obtenidos y su análisis estadístico nos arrojan muchos datos interesantes. En primer lugar, nos muestran que el realizar fortalecimiento asistido con equipos de isocinesia es más efectivo para los grupos musculares que realizan la flexión, abducción y aducción de la cadera de lado de la extremidad pélvica amputada al resultar estadísticamente significativos con valor de  $p=0.02$ ,  $0.02$  y  $0.05$  respectivamente. Esto es importante ya que se está preparando a ese muñón para el uso de una prótesis a futuro.

En segundo lugar, el implementar un programa de ejercicio de tipo aeróbico, submáximo realizado de forma continua, mínimo 3 veces por semana puede ser benéfico para nuestros pacientes, tomando en cuenta que el VO<sub>2</sub> máximo es superior en personas jóvenes y va disminuyendo fisiológicamente con la edad (aproximadamente un 1% por año)<sup>22,23</sup>. Sin embargo las personas que se mantienen activas y que realizan ejercicios de forma habitual tienen una pérdida menor. Así, por cada aumento de 1 MET (consumo metabólico basal, que equivale aproximadamente a 3,5 ml/kg/min de oxígeno) se produce un incremento del 12% en la expectativa de vida en el caso de los hombres y del 17% en el caso de las mujeres.<sup>(22,23,24)</sup>

El programa de ejercicio aeróbico implementado en nuestro estudio fue estadísticamente significativo, al darnos un valor de  $p=0.04$  en Watts y  $p=0.02$  para el incremento en Mets. El grupo experimental tuvo una media de aumento de 2.5 Mets al término del programa de entrenamiento.

La realización de una prueba de caminata de 6 minutos no fue estadísticamente significativa para marcar diferencia intergrupos, lo que puede deberse a que la marcha podría ser más funcional posterior a la adaptación protésica, lo cual puede ser motivo de investigaciones futuras. Todos se mantuvieron en escala V de la Clasificación Funcional de Pohjolainen.

Ahora bien, gracias a investigaciones previas, se sabe que es posible predecir la capacidad de un paciente para el uso de prótesis a futuro conociendo su valor de  $VO_2$  máx esperable. El valor promedio para el  $VO_2$  máx en los hombres es de 45ml/kg./min, y en las mujeres de 35ml/kg./min. Durante el ejercicio el consumo máximo de oxígeno para una persona adulta sedentaria sin patología de base es de aproximadamente 7 veces el valor normal de reposo, y para una persona con enfermedades cardiovasculares o relacionadas a ellas, además de estar amputado de un miembro inferior, este valor puede incrementarse hasta 10 a 15 veces el valor normal de reposo. Si la determinación de  $VO_2$  máx mediante una prueba de esfuerzo, (ya sea directa o indirecta, como en nuestro estudio) resulta ser de 50% o mayor a la  $VO_2$  máx esperable, el paciente es considerado como candidato al uso de una prótesis.<sup>(13)</sup>

En el caso de que no consiga dicho valor de  $VO_2$ , se pueden implementar otras medidas con enfoque rehabilitatorio para ofrecerle mayor funcionalidad y calidad de vida. En nuestro estudio, 3 pacientes (37.5%) no alcanzaron el 50% de su  $VO_2$  máx esperada.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados evidencian la necesidad de proporcionar a los pacientes con amputación transfemoral unilateral con patologías crónicodegenerativas un programa de fortalecimiento y ejercicio aeróbico submáximo paralelo al programa de fase preprotésica implementado actualmente en el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Nacional “20 de Noviembre”, del I.S.S.S.T.E.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Croisier JL y cols. Isokinetic evaluation of hip strength muscle groups in unilateral lower limb amputees. *Science* 9 (2001): 163-169)
2. Erjavec T y cols. The diagnostic importance of exercise testing in developing appropriate rehabilitation programmes for patients following transfemoral amputation. *Eur J Phys Rehabil Med* 2008; 44:133-9
3. Wetterhahn KA. Effect of Participation in Physical Activity on Body Image of Amputees. *Am. J. Phys. Med. Rehabil* 2002.(81), 3:194-201
4. Vestering MM and Cols. Development of an exercise testing protocol for patients with a lower limb amputation: results of a pilot study. *International Journal of Rehabilitation Research* 2005, Vol 28 No 3: 237-244
5. Graham EL. Datta D. A comparative study of oxygen consumption for conventional and energy-storing prosthetic feet in transfemoral amputees. *Clinical Rehabilitation* 2008; 22: 896-901
6. Timothy R. Rehabilitation Setting and Associated Mortality and Medical Stability Among Persons With Amputations. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89: 1038-45.
7. Chin T, Sawamura S, Shiba R: Effect of physical fitness on prosthetic ambulation in elderly amputees. *Am J Phys Med Rehabil* 2006;85:992–996.
8. Chin T, Sawamura S. Physical fitness of lower limb amputees. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81:321–325.
9. Hartmann A. Knols R. Reproducibility of an isokinetic strength-testing protocol of the knee and ankle in older adults. *Gerontology* 2009;55:259-268.
10. Bosser G. Martinet N. Exercise training for lower limb amputees. *Annales de re´adaptation et de mdecine physique* 51 (2008): 50–56
11. Lin S-J, Bose NH. Six-minute walk test in persons with transtibial amputation. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:2354-9.
12. Hoffman MD. Physiological comparison of walking among bilateral above-knee amputee and able-bodied subjects, and a model to account for the differences in metabolic cost. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:385-92.

13. Sansam K, et al. Predicting walking ability following lower limb amputation: systematic review of the literature. *rehabil med* 2009; 41: 593–603
14. Simmelink KE. Repeatability and validity of the combined arm-leg (Cruiser) ergometer. *International Journal of Rehabilitation Research* 2009, 32:324–330
15. ATS Statement: Guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111–117.
16. Enright P, Sherrill D. "Reference equations for the six-minute walk in healthy adults". *Am J Respir Crit Care Med*, 1998; 158:1384-1387.
17. Steffen MT et al. Age- and Gender-Related Test Performance in Community-Dwelling Elderly People: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and Gait Speeds. *Phys Therapy*, 2002; 2 (82).
18. Pohjolainen, T et al. Prosthetic use and functional and social outcome following major lower limb amputation. *Prosth and Orth Int*, 1990,14, 75-79
19. Volpicelli, LJ et al. Ambulation levels of bilateral lower-extremity amputees. Analysis of one hundred and three cases. *J Bone Joint Surg Am*. 1983;65:599-605.
20. INFORME DE LA HOJA DE CONTROL DE CONSULTA EXTERNA DE ENERO 2008 A ENERO 2011, SIAH, CMN 20 DE NOV, ISSSTE.
21. Aijaz B, Squires RW, Thomas RJ, Jonson BD, Allison TG. Predictive value of heart rate recovery and peak oxygen consumption for long-term mortality in patients with coronary heart disease. *Am J Cardiol* 2009; 103: 1641-6.
22. Stelken AM, Younis LT, Jenison SH. Prognostic value of cardiopulmonary exercise testing using percent achieved of predicted peak oxygen uptake for patients with ischemic and dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 345-52.
23. Laukkanen JA, Kurl S, Salonen R, Rauramaa R, Salonen JT. The predictive value of cardiorespiratory fitness for cardiovascular events in men with various risk profiles: a prospective population-based cohort study. *Eur Heart J* 2004; 25: 1428-37.

24. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription (4.<sup>a</sup> ed.). Filadelfia: Lea &Febiger, 1991.
25. Arós F, Boraita A, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo. Rev Esp Cardiol Vol. 53, Núm. 8, Agosto 2000; 00-00
26. Dvir Z. Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation and Clinical Application. 2<sup>nd</sup> edi, Ed. Churchill Livingstone, 2004. Pp.247.

## ANEXO 1

### 1.- CLASIFICACIÓN DE POHJOLAINEN DE VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL PACIENTE AMPUTADO

Clase I: Marcha con prótesis y sin otra ayuda técnica.

Clase II: Marcha independiente en el domicilio pero en el exterior necesidad de bastón.

Clase III: Interior: Prótesis y un bastón. Exterior: Dos bastones o silla de ruedas.

Clase IV: Interior : Una prótesis y dos bastones o un andador. Exterior: Silla de ruedas.

Clase V: Interior: Marcha solamente para distancias cortas. Exterior: Silla de ruedas.

Clase VI: Marcha con bastones pero sin prótesis.

Clase VII: Se desplaza únicamente en silla de ruedas.