



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DELEGACION SUR DEL DISTRITO FEDERAL

UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACION SIGLO XXI

**EFFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA CON EJERCICIO ISOCINETICO
PARA ACONDICIONAMIENTO FISICO Y FORTALECIMIENTO
MUSCULAR EN PACIENTES AMPUTADOS DE MIEMBRO PÉLVICO EN
LA UMFR SXXI 2010.**

TESIS DE POSGRADO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

P R E S E N T A

DRA. ERIKA ANTONIA TORRES CARRANZA

INVESTIGADORES ASOCIADOS

DR. CARLOS ANTONIO LANDEROS GALLARDO

DR. DAVID ALVARO ESCOBAR RODRIGUEZ

MÉXICO, D. F.

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.

AUTORIZACIÓN

DR. MARIO IZAGUIRRE HERNÁNDEZ

MÉDICO ESPECIALISTA EN COMUNICACIÓN HUMANA
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO
XXI

DR. JAIME ALFREDO CASTELLANOS ROMERO

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN
SUBDIRECTOR MÉDICO DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y
REHABILITACIÓN SIGLO XXI

DRA. ANGELICA ELIZABETH GARCÍA PÉREZ

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN
JEFE DE LA COORDINACIÓN CLÍNICA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN
SALUD
PROFESORA ADJUNTA DE LA ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA DE
REHABILITACIÓN UNAM
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI

AUTORIZACIÓN

DR. CARLOS ANTONIO LANDEROS GALLARDO

MEDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN
MEDICO RESPONSABLE DEL SERVICIO DE ISOCINECIA UMF Y R SXXI
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DR. DAVID ÁLVARO ESCOBAR RODRIGUEZ

MEDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN
COORDINADOR DE PROGRAMAS MÉDICOS
COORDINACIÓN DE ÁREAS MÉDICAS DIVISIÓN DE REHABILITACIÓN
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia, tanto a quienes aún están a mi lado, como a aquellos que tuvieron que partir, cada uno de ustedes ha hecho una diferencia en mi vida, gracias por compartir los sacrificios y los retos pero también los logros y las alegrías.

A Helen Aguilar, Janeth Amador, Alejandra Borau, Adriana Catonga, Ana Luisa Domínguez, Gabriela Fernández, Claudia Guízar, María del Carmen Arriola, Diana Roque y Karla Tercero, gracias por ser más que compañeras de generación, aprendí de cada una de ustedes, tienen mi cariño y admiración.

A Itzel Brito y Manuel Portillo, no tengo palabras para agradecerles el significado que le dieron a la palabra amistad, son parte de mi familia y lo seguirán siendo siempre.

A Artemio Resendiz Santana, gracias por iniciar un camino a mi lado y nunca dejarme sola, gracias por tu apoyo día a día, gracias por tu amor.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, al Dr. Carlos Antonio Landeros Gallardo gracias por su apoyo para iniciar y terminar este proyecto, gracias por su interés en el paciente amputado, gracias por ser mi maestro. Al Dr. David Álvaro Escobar Rodríguez gracias por su apoyo y por sus enseñanzas en este trabajo, fueron pieza fundamental para su elaboración.

Gracias a mis maestros por su tiempo y por su enseñanza: Dra. Verónica Ramírez, Dra. Georgina Hernández, Dra. Iliana De la Torre, Dra. Angélica García, Dra. Beatriz González, Dra. Adriana Mederos, Dra. María del Carmen Troncoso, Dr. Mario Mejía, Dra. Guadalupe Romero, Dra. Alejandra Torres, Dra. Patricia Camacho y Dra. María de la Luz Montes.

Gracias a cada una de las personas que me han enseñado y guiado a lo largo de mi formación como médico.

TÍTULO

**EFFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA CON EJERCICIO ISOCINETICO PARA
ACONDICIONAMIENTO FISICO Y FORTALECIMIENTO MUSCULAR EN
PACIENTES AMPUTADOS DE MIEMBRO PÉLVICO EN LA UFR SXXI 2010**

INDICE

I.	Título.....	1
II.	Resumen.....	3
III.	Introducción.....	4
IV.	Antecedentes.....	5
V.	Planteamiento del problema.....	15
VI.	Justificación.....	16
VII.	Objetivo general.....	17
VIII.	Objetivos específicos.....	17
IX.	Hipótesis.....	18
X.	Material y métodos.....	19
XI.	Resultados.....	25
X.	Discusión.....	29
XI.	Conclusiones.....	33
XII.	Referencias.....	34
XIII.	Anexos.....	37

RESUMEN

Investigadores: Torres-Carranza EA, Landeros-Gallardo CA, Escobar-Rodríguez DA.
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI.

Efectividad de un programa con ejercicio isocinético para acondicionamiento físico y fortalecimiento muscular en pacientes amputados de miembro pélvico en la UMFR SXXI 2010.

Introducción: En la actualidad la incidencia de amputaciones en miembro inferior se ha incrementado por complicaciones microvasculares relacionadas con enfermedades metabólicas. El ejercicio isocinético brinda a los pacientes amputados un método para entrenar grandes grupos musculares, con mínimo riesgo de lesiones, mejora el consumo máximo de oxígeno y brinda fortalecimiento y acondicionamiento a las fibras musculares cardíacas.

Objetivo: Determinar el efecto de un programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético en pacientes amputados de miembro pélvico durante su fase de entrenamiento preprotésico.

Material y métodos: Se incluyeron pacientes adultos amputados de miembro pélvico (transfemoral y transtibial) con una media de edad de 56.7 ± 12 años. Se realizó una determinación de factores de riesgo cardiovascular y todos ellos realizaron un programa de entrenamiento con ejercicio isocinético en cicloergómetro de brazos UBE y KINETRON durante 16 semanas. Se realizó una determinación del $VO_2\text{max}$, METS, frecuencia cardíaca máxima, doble producto y medición de fuerza muscular antes y después del tratamiento.

Resultados: Los principales factores de riesgo cardiovascular identificados fueron el sedentarismo, la edad, la diabetes mellitus y la hipertensión arterial sistémica. Se

hallaron mejoras significativas en la fuerza muscular ($p < 0.05$), VO_2 max ($p = 0.016$), METS ($p = 0.016$), frecuencia cardiaca máxima ($p < 0.05$) y doble producto ($p < 0.05$) al comparar los datos pre y post entrenamiento isocinético.

Conclusiones: El entrenamiento mediante ejercicio isocinético es efectivo para incrementar la fuerza muscular y mejorar la tolerancia al ejercicio en el paciente amputado de miembro pélvico.

Palabras clave: amputados, ejercicio isocinético, VO_2 max, METS, FC max, doble producto.

INTRODUCCIÓN

La amputación como procedimiento quirúrgico es de los más antiguos de la historia de la medicina, siendo el tratamiento de elección para las fracturas complejas o infección de las extremidades y poder con ello preservar la vida.

Las enfermedades vasculares y complicaciones neuropatías son la principal casusa de amputación en nuestro medio.

Dentro de los reportes del IMSS la mayor parte de las amputaciones (>50%) se efectúan en individuos en edad productiva (20-59 años). En la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social se atendió en el año 2009 a un total de 71606 pacientes, de los cuales 656 fueron amputados entre cadera y rodilla y 335 entre rodilla y tobillo, lo cual representa al 1.25% y al 0.03% respectivamente del total de la población atendida durante el 2009.

El manejo preprotésico en las unidades de medicina física y rehabilitación comprende varias etapas que involucran la remodelación del muñón mediante vendaje, técnicas de desensibilización del mismo, movilizaciones articulares, ejercicios de fortalecimiento para el muñón y la extremidad remanente. Un punto cardinal a considerar es la tolerancia al ejercicio de los pacientes amputados, la cual se ve afectada en gran medida por el sedentarismo y enfermedades concomitantes, el condicionamiento físico del paciente amputado es pieza fundamental del tratamiento preprotésico.

En la revisión de la bibliografía existen pocos estudios que hagan referencia al empleo de ejercicios isocinéticos en pacientes amputados, los resultados confirman el beneficio que obtienen los pacientes con un tipo de entrenamiento que trabaja grandes grupos musculares, a velocidades constantes, con mínimo riesgo de

lesiones, que mejora el consumo máximo de oxígeno y con el beneficio de brindar condicionamiento y fortalecimiento a las fibras musculares cardíacas.

Es por ello que en este trabajo se aplicó un programa de ejercicio isocinético en pacientes amputados que comprendió una etapa de condicionamiento cardiovascular y una etapa de fortalecimiento para la extremidad remanente.

ANTECEDENTES

La amputación como procedimiento quirúrgico es de los más antiguos de la historia de la medicina, siendo el tratamiento de elección para las fracturas complejas o infección de las extremidades y poder con ello preservar la vida ¹. Hoy en día el procedimiento de amputación se lleva a cabo tomando en consideración aspectos funcionales del muñón y de las extremidades residuales ¹.

En los EUA la incidencia de amputados por causas traumáticas o enfermedades sistémicas en el año 2003 fue de aproximadamente 150 000 personas. La mayor incidencia se da en el sexo masculino ¹.

Las enfermedades vasculares son causa del 82% de la pérdida de extremidades, siendo las inferiores once veces más afectadas que las extremidades superiores, la primera causa de amputación es la enfermedad vascular periférica complicada con neuropatía; la población más afectada se encuentra entre los 45 y 64 años de edad y se cree que para el año 2020 existirá un incremento del 23.8% en la incidencia de amputaciones relacionadas con complicaciones vasculares ¹. La segunda causa de amputación es de origen traumático en aproximadamente 5.86%, su prevalencia es mayor en adultos jóvenes, accidentes mecánicos, quemaduras, machacamientos y accidentes automovilísticos se encuentran dentro de este grupo. Un 4.5% del total de amputaciones se deben a causas tumorales, el más común es el osteosarcoma, las anomalías y malformaciones congénitas ocurren en 0.8% ¹.

Dentro de los reportes del IMSS la mayor parte de las amputaciones (>50%) se efectúan en individuos en edad productiva (20-59 años) y las amputaciones de los dedos del pie tienen estancia hospitalaria prolongada (> 8 días/cama) ².

En cuanto a factores raciales y étnicos se dice que existe un mayor riesgo de amputación en nativos americanos, afroamericanos e hispanos americanos. Sin embargo posterior al evento quirúrgico los hispanos no blancos tienen 1.4 mayor riesgo de presentar una nueva amputación o la muerte que los nativos americanos y los hispanos blancos, esto se ha relacionado con un bajo nivel socioeconómico, factor que también destaca dentro de la población mexicana ³.

Los niveles de amputación en miembro inferior se definen de acuerdo a si acontece al nivel de una articulación o a lo largo de un hueso. En el miembro inferior los niveles descritos son a través de las falanges, antepie o a lo largo del metatarso, mediopie o de Chopart, en tobillo o de Syme, por debajo de rodilla o transtibial (es con mucho la más común), desarticulación de rodilla, por arriba de rodilla o transfemoral, desarticulación de cadera o hemipelviectomía ¹.

Una vez definidos los niveles de amputación y de acuerdo a las estadísticas un 50% de los amputados de miembro inferior relacionada con la Diabetes Mellitus 2 (DM2) sufrirá una segunda amputación a los 3 a 5 años de la primera¹. La enfermedad vascular periférica que inicialmente provoca claudicación intermitente y pérdida del pulso en la extremidad indica datos de alarma por insuficiencia vascular¹. Los factores de riesgo para la enfermedad vascular periférica son el mal manejo de la hipertensión arterial sistémica, incremento en los niveles de colesterol y triglicéridos séricos, tabaquismo y la neuropatía periférica, siendo este último el de mayor riesgo para amputación de miembro pélvico en pacientes con DM2¹. El riesgo de amputación en pacientes con DM2 es 28 veces mayor que en no diabéticos, así mismo existe el doble de riesgo en varones que en mujeres ¹.

Los criterios de amputación en diabéticos incluyen gangrena, infección, úlcera neuropática, dolor isquémico severo, ausencia o disminución de pulsos periféricos, necrosis local, osteomielitis, toxicidad sistémica y trombosis venosa severa ¹.

◆ Programa rehabilitatorio en amputados de miembro pélvico.

Una vez realizada la amputación, el paciente debe iniciar con el proceso de rehabilitación desde el postoperatorio inmediato ¹. En este periodo el principal factor involucrado en el progreso de la rehabilitación es el dolor fantasma y sensación de miembro fantasma, experimentado por 70% de los amputados ¹. El uso de medicamentos narcóticos y no narcóticos, antidepresivos en el postoperatorio inmediato favorece su control ¹. El tratamiento rehabilitatorio mediante uso de estimulación eléctrica transcutánea es una modalidad terapéutica en pacientes con dolor agudo, la aplicación de calor o frío en el muñón y una gran variedad de técnicas

de masaje contribuyen al manejo ¹. La terapia frente al espejo se usa para el manejo del dolor, el paciente observa su extremidad residual en el reflejo del espejo, sin embargo es una modalidad terapéutica con efectos nocivos a nivel psicológico ⁴.

Además del dolor, el control del edema es otro factor determinante, siendo un adyuvante para el manejo del mismo, ayuda con la cicatrización de la herida quirúrgica, la protección durante la actividad funcional y prepara el muñón para la prótesis ¹. Las modalidades terapéuticas incluyen las prendas de compresión, vendajes o vendajes fijos compresivos colocados inmediatamente después de la cirugía a base de yeso y prendas de compresión neumática ¹.

Base indispensable del tratamiento rehabilitatorio es conservar el rango de movimiento y flexibilidad en los pacientes amputados, el riesgo de contracturas en flexión es muy alto para los amputados transtibiales, las contracturas impactan en forma importante durante el periodo protésico ¹. Los estiramientos, el decúbito prono, técnicas de facilitación muscular propioceptiva, técnicas de masaje profundo y evitar posturas prolongadas en sedestación tienen un efecto favorable para evitar contracturas de la rodilla ¹. Para los amputados transfemorales las contracturas en flexión de la cadera se traducen en un control ineficaz de la rodilla protésica, los estiramientos deben ir enfocados a los músculos flexores, abductores y rotadores externos de cadera además de no mantener la posición prona durante largo tiempo ¹.

Una extremidad residual o un muñón débil son factores adversos para una favorable evolución del paciente amputado en la etapa pre protésica. Por lo anterior el fortalecimiento muscular pre protésico representa un pilar en el manejo de estos pacientes ¹. Aunado a lo anterior las alteraciones musculares condicionan un retraso en la adaptación de una prótesis, es fundamental el fortalecimiento físico ya sea para mejorar debilidades específicas o fortalecer grupos musculares que serán indispensables para la marcha con prótesis ¹. Los tipos de ejercicio incluso durante el postoperatorio inmediato para los pacientes amputados incluyen isométricos e isotónicos; la terapia pulmonar con ejercicios respiratorios mediante exhalación controlada durante contracción isométrica minimiza el riesgo de disfunción cardíaca y fluctuaciones en la tensión arterial que se pueden presentar durante la realización del ejercicio aeróbico ¹.

En base a lo anterior, los programas de fortalecimiento para los amputados transtibiales se enfocan a ciertos grupos musculares, siendo los músculos extensores de rodilla los primeros en comenzar el programa durante la primera semana y partiendo de una posición supina, seguido de extensores de cadera en posición prona o supina, los periodos de contracción son de 10 segundos por 10 repeticiones ¹. En ausencia de la actividad muscular de los flexores plantares del

tobillo, los extensores, flexores y rotadores externos de cadera compensan la actividad de estos, sin embargo los abductores, aductores de cadera y los extensores de rodilla son los responsables de mantener la superficie de impacto; en la extremidad contralateral se incrementa la actividad de los extensores de cadera, por lo que se debe dar énfasis en el fortalecimiento de estos músculos ⁵.

Además de las alternativas isotónicas e isométricas, el ejercicio isocinético representa otro punto de partida para el acondicionamiento y fortalecimiento del paciente amputado. Knapik et al. se dieron a la tarea de comparar los tres tipos de ejercicio: isotónicos, isométricos e isocinético, encontrando que la contracción isométrica e isocinética genera un pico de fuerza superior que los ejercicios isotónicos, así mismo los ejercicios isocinéticos logran un punto de torque mayor que los isométricos, además los ejercicios isocinéticos mejoran el punto de torque al incrementar la velocidad y logran en el paciente un fortalecimiento y control del movimiento a diferentes velocidades ⁶.

◆Ejercicio isocinético.

El trabajo isocinético implica un tipo de ejercicio a una velocidad fija y adaptada a la tensión muscular desarrollada por el sujeto ⁷. El concepto de resistencia desaparece y el único valor de trabajo es la velocidad de trabajo, la cual, para mantenerse constante a lo largo de todo el recorrido impuesto a la articulación, debe implicar una tensión muscular máxima a lo largo de todo el recorrido del arco de movilidad ⁷. El movimiento articular en isocinecia se realiza alrededor de un centro de giro, considerándosele un movimiento angular, por lo que su magnitud de medición es el grado/segundo ⁷. El momento máximo o pico de torque es la relación directa entre la fuerza aplicada y la distancia del punto de aplicación de la misma al eje del movimiento. La potencia en isocinecia se define como la relación entre el trabajo mecánico efectuado y el tiempo usado para ello, ofreciendo una visión de la intensidad del trabajo efectuado por el paciente ^{7,8}.

Una de las ventajas del ejercicio isocinético es que el modo de trabajo muscular se acomoda a los arcos dolorosos y a la fatiga, como resultante se obtiene en todo momento el máximo esfuerzo contráctil ⁷. En un programa de ejercicio isocinético no se coloca resistencia contra la cual trabajar, lo que se fija es la velocidad, se puede trabajar así mismo a diferentes velocidades ⁷. Cuando el sujeto alcanza la velocidad con que se ha programado el equipo isocinético no le permite ir más rápido al paciente, al llegar al límite del movimiento se produce una desaceleración para comenzar con una nueva aceleración, concluyendo que solo existe movimiento isocinético en la parte central del recorrido articular ⁸.

Otra ventaja es que al trabajar dentro de una resistencia acomodada, las fuerzas de compresión de las articulaciones se minimizan con el fenómeno de acomodación, manteniendo una lubricación adecuada de las mismas; Existe mínimo dolor postejercicio ⁷. Los ejercicios isocinéticos permiten la evaluación del rendimiento de grupos musculares y la potenciación o recuperación tras una lesión específica ⁸. El ejercicio isocinético permite que durante el esfuerzo muscular se recluten en forma masiva unidades motoras por cada contracción y a lo largo de todo el recorrido articular, sin llevar la articulación a la sobrecarga ⁸.

Algunas desventajas del ejercicio isocinético son su costo elevado, la familiarización con la forma de trabajo y el hecho de que solo trabaje una articulación y en un solo plano de movimiento ⁷.

Existen contraindicaciones para este tipo de ejercicio, las cuales se dividen en contraindicaciones absolutas y en contraindicaciones relativas. Davies las define como ⁹:

Contraindicaciones relativas del ejercicio isocinético:

- Presencia de dolor
- ROM limitado
- Derrame articular leve o sinovitis
- Esguince crónico de tercer grado
- Esguince subagudo

Contraindicaciones absolutas del ejercicio isocinético son:

- Lesión de tejidos blandos en curación
- Dolor severo
- ROM muy limitado
- Derrame articular severo
- Articulaciones inestables

- Huesos inestables
- Esguince en agudo

Al prescribir un programa de ejercicios isocinéticos se debe realizar un calentamiento previo, así como una familiarización con el equipo, el programa deberá incluir esfuerzos submáximos y por lo menos uno máximo. Se deben considerar al menos tres velocidades diferentes, así como un reposo de 20 a 60 segundos entre cada serie de repeticiones a una misma velocidad. El número de repeticiones varía entre 10 y 40 dependiendo de la edad y existencia de patología ⁸.

Una vez definidos los conceptos y características del ejercicio isocinético continuaremos con algunos antecedentes acerca de este tipo de ejercicio en pacientes amputados.

En estos pacientes existe una debilidad importante de los músculos tanto en la extremidad residual como en el muñón, así como una marcada atrofia muscular (35%) ⁷. Los ejercicios isocinéticos se han propuesto como una alternativa terapéutica para mejorar la atrofia muscular y la fuerza muscular ⁷. Pacheco et al. evaluaron el fortalecimiento de grupos musculares de cadera mediante dinamómetro Cybex II, partiendo de una posición neutra y midiendo el torque isométrico de abductores de cadera, valorando a 30°/seg 60°/seg, 90°/seg y 150°/seg; los resultados de este estudio concluyen un incremento de la fuerza muscular del 70% en relación con la extremidad contralateral, además de una disminución del porcentaje de grasa corporal y mejora del trofismo ¹⁰.

Moirenfield et al. evaluaron el pico de torque de músculos extensores y flexores de rodilla en pacientes con amputación transtibial, se comparo este pico de torque con el lado sano y se encontró un déficit del 49.7 (lado sano) y 35.1 (lado amputado); el autor sugiere que un programa de fortalecimiento isocinético bien elegido puede tener un impacto positivo en las masas musculares de los amputados, tanto en la extremidad residual como en la sana ¹¹.

En un estudio realizado por Pedrinelli et al, se comparo la fuerza desarrollada por los flexores y extensores de rodilla en sujetos con amputación transtibial y no amputados, siendo evaluados mediante el dinamómetro tipo CYBEX; cuando se compararon los resultados entre la extremidad sana y el lado amputado se encontró un déficit de fuerza importante, relacionada con la edad; al realizar la comparación con no amputados la diferencia de la fuerza desarrollada fue significativa, con una relación negativa ¹².

Dentro de la fisioterapia el ejercicio isocinético es una opción novedosa y adecuada para el manejo del acondicionamiento físico y fortalecimiento de pacientes amputados. Los equipos isocinéticos en los cuales se llevan a cabo estos programas se basan en diseños con características específicas para la realización de cada uno de los ejercicios ¹³. Los diferentes diseños que se adaptan al segmento que se desea rehabilitar; De acuerdo a sus fabricantes los equipos más empleados son ¹³:

- Equipo UBE CYBEX: Es un cicloergometro de miembros superiores que ofrece una velocidad constante ante una resistencia acomodada. Permite rangos de trabajo más amplios que mejoran el consumo máximo de oxígeno, disminuye los factores de riesgo cardiaco por medio del fortalecimiento y fortalecimiento del músculos cardiaco. Puede usarse a velocidades controladas de 30, 60, 90 y 120 RPM ¹⁴.
- Equipo FITRON CYBEX: Es un cicloergometro de miembros inferiores, maneja cuatro velocidades diferentes a 150, 120, 90 y 60 RPM. De utilidad para el desarrollo del segmento corporal inferior que favorece incremento progresivo relacionando a la fuerza, potencia y resistencia ¹⁵.
- Equipo KINETRON CYBEX II: Es un dispositivo único en su clase el cual maneja ciclos a velocidades por minuto, sus configuraciones de movimiento recíprocos preparan al paciente para las demandas biomédicas, neurológicas, fisiológicas, propioceptivos de carga durante la deambulaci3n ¹⁶. Permite un ejercicio multiarticular de carga total con completo control de los arcos de movimiento de la cadera, rodilla y tobillo; Útil para la rehabilitaci3n y fortalecimiento muscular de miembros pélvicos ¹⁶. Promueve el aumento de la densidad en el hueso, la lubricaci3n de la articulaci3n y la nutrici3n del cartílago también aumenta el volumen y la fuerza de tensi3n de ligamentos y tendones a través de ejercicios funcionales de carga; Trabaja en un rango de 0-90 cm/seg, velocidades bajas son recomendadas para fortalecimiento muscular. La fuerza es de 0-179 Kg ¹⁶.

◆ Gasto energético y tolerancia al ejercicio.

Para la realizaci3n de cualquier actividad física es necesario el gasto energético, este gasto depende de la intensidad, duraci3n y frecuencia de la misma. En los pacientes amputados existe un incremento del consumo energético durante la realizaci3n la actividad física, implicando un mayor consumo de calorías y mayor consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio, no es excepci3n el ejercicio isocinético ^{1,6}.

El consumo de energía en los pacientes amputados ha sido ampliamente estudiado; Erjavec et al. demostró que pacientes con amputación transfemoral y con prótesis requieren 25% a 40% más energía durante el desarrollo de la marcha que los pacientes no amputados, la marcha se valoró a una velocidad normal del paso, el consumo de energía se va incrementando conforme se incrementa la velocidad de la marcha ¹⁷.

Para Chin et al. el incremento en el consumo de energía durante la rehabilitación del paciente amputado transfemoral es de 46%-53% superior que en el sujeto sano ¹⁸. Nowroozi et al demostraron que durante la marcha del paciente amputado se consume de 40% a 80% más energía (midiendo el consumo de oxígeno, mL/Kg/m) cuando se le compara con pacientes de la misma edad ¹⁸. Durante las transferencias en silla de ruedas el paciente amputado consume más cantidad de energía medida en $VO_{2\text{ max}}$ que al caminar con un prótesis como lo demostraron Chin et al; en su estudio los parámetros evaluados fueron la oximetría de pulso, la ventilación minuto, frecuencia cardíaca, producción de dióxido de carbono ¹⁹.

Sawamura et al evaluaron la capacidad física de adultos mayores de 60 años amputados transfemorales o desarticulados de cadera. El consumo máximo de oxígeno (mL/Kg/min) durante el ejercicio aeróbico fue indicativo de una adecuada salud física en pacientes amputados ¹⁸.

◆Tolerancia al ejercicio.

Dados los resultados de la literatura, en los pacientes amputados es importante realizar una determinación del consumo máximo de oxígeno, por definición es la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo, el factor limitante es la capacidad de utilizar el oxígeno, ya que la cantidad de oxígeno que se transporta siempre es superior a la cantidad de oxígeno que se utiliza y la sangre venosa siempre contiene oxígeno; durante el entrenamiento se espera exista un mejor aprovechamiento del oxígeno circulante como efecto del entrenamiento, traduciendo una mejoría de la capacidad aeróbica y tolerancia al ejercicio ^{20, 21}.

Existen protocolos para evaluar la capacidad funcional aeróbica, los más conocidos son aquellos que emplean una prueba de esfuerzo en tapiz rodante o cicloergómetros así como un espirómetro que arroja los resultados del consumo de gases y finalmente el consumo máximo de oxígeno, durante la prueba se monitorea

la frecuencia cardiaca máxima alcanzada, parámetro que tiende a cambiar durante la pruebas consecutivas por efectos de un entrenamiento ²¹; así mismo puede determinarse el resultado del doble producto el cual es una medida indirecta del consumo miocárdico de oxígeno y aumenta de forma progresiva durante el ejercicio ²⁶.

En aquellos laboratorios y unidades de entrenamiento donde no se dispone de un espirómetro para realizar las pruebas de funcionalidad aeróbica existen alternativas teóricas para el cálculo de este factor y a su vez evaluar la tolerancia al ejercicio basadas en formulas matemáticas y nomogramas ^{20, 21}.

Las formulas matemáticas para el cálculo del consumo máximo de oxígeno comprenden constantes y variables, dentro de las más utilizadas se encuentran aquellas que utilizan la distancia y otras que utilizan la velocidad como variable para el cálculo ²⁰.

Dentro de las formulas que utilizan como variable la distancia son ²⁰:

Cooper-B Gerchell VO_2 (mL/Kg/min) = 22.351 x distancia (Km) – 11.288

Howald VO_2 (mL/Kg/min) = distancia x 0.02 – 5.4

Test de 9 minutos VO_2 (mL/Kg/min) = distancia (m) x 0.0175

Las formulas importantes para el cálculo que dependen de la velocidad son ²⁰:

Colegio Americano de Medicina Deportiva VO_2 (mL/Kg/min) = (0.2 x V) + 3.5

Lue Léger VO_2 (mL/Kg/min) = 5.857 x velocidad (Km/h) – 19458

Además de las formulas anteriores existen protocolos que arrojan valores de la tolerancia al ejercicio como los de Bruce, Naughton, Balke, Astrand-Rhyming, etc. Este último es un protocolo de carga constante, submaximo de una sola etapa, el cual estima el consumo máximo de oxígeno desde la frecuencia cardíaca obtenida en un ejercicio en cicloergometro de seis minutos a intensidad constante. Se debe alcanzar una frecuencia cardíaca entre 120-170 latidos por minuto después de los 6 minutos de ejercicio, los pacientes sedentarios o adultos mayores deberán ubicarse en el límite inferior a este rango ^{23,27}. Una vez realizada la prueba y obtenida la frecuencia cardiaca de los últimos 15 segundos, se localiza el correspondiente consumo máximo de oxígeno en el nomograma y se realiza un ajuste según el peso del paciente (Ver anexos) ^{21, 26, 27, 28, 29}.

En pacientes amputados protésicos un método para determinar la tolerancia al ejercicio es mediante la prueba de caminata de 6 minutos la cual ha mostrado una adecuada significancia estadística, requiriendo del paciente equilibrio, balance y control postural para caminar ²³.

◆Valoración de la fuerza muscular.

La fuerza generada a través de grandes grupos musculares puede valorarse objetivamente mediante pruebas dinamométricas o mediante métodos subjetivos en la evaluación clínica. Existen diversas escalas para realizar un examen manual muscular; la escala más empleada a nivel mundiales la de Daniels modificada, la cual evalúa por métodos clínicos la fuerza de un grupo muscular en conjunto, brinda un dato duro sobre la fuerza muscular de los pacientes ^{21, 25}:

- 0 Ausente: parálisis total.
- 1 Mínima: contracción muscular visible sin movimiento
- 2 Escasa: movimiento eliminada la gravedad.
- 3 Regular: movimiento parcial sólo contra gravedad.
- 3+ Regular +: movimiento completo sólo contra gravedad.
- 4- Buena -: movimiento completo contra gravedad y resistencia mínima.
Buena: movimiento completo contra gravedad y resistencia moderada.
- 4+ Buena +: movimiento completo contra gravedad y fuerte resistencia.
- 5 Normal: movimiento completo contra resistencia total.

La escala MRC (Medical Research Council) para Fuerza Muscular se gradúa del 0-5 ²².

- Grado 5: fuerza muscular normal contra resistencia completa.
- Grado 4: la fuerza muscular está reducida pero la contracción muscular puede realizar un movimiento articular contra resistencia.
- Grado 3: la fuerza muscular está reducida tanto que el movimiento articular solo puede realizarse contra la gravedad, sin la resistencia del examinador. Por ejemplo, la articulación del codo puede moverse desde extensión

completa hasta flexión completa, comenzando con el brazo suspendido al lado del cuerpo.

- Grado 2: movimiento activo que no puede vencer la fuerza de gravedad. Por ejemplo, el codo puede flexionarse completamente solo cuando el brazo es mantenido en un plano horizontal.
- Grado 1: esbozo de contracción muscular.
- Grado 0: ausencia de contracción muscular.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto de un programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético, en pacientes amputados de miembro pélvico durante su fase de entrenamiento preprotésico?

¿En la modificación a la tolerancia al ejercicio en el paciente amputado existen cambios en el consumo máximo de O_2 , en la frecuencia cardiaca máxima y en el doble producto?

JUSTIFICACIÓN

En la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social se atendió en el año 2009 a un total de 71606 pacientes, de los cuales 656 fueron amputados entre cadera y rodilla y 335 entre rodilla y tobillo, lo cual representa al 1.25% y al 0.03% respectivamente del total de la población atendida durante el 2009.

El promedio de tiempo transcurrido entre la consulta de primera vez y la adaptación de una prótesis para el paciente amputado es de 6 meses, este tiempo se puede prolongar cuando el paciente no tiene las condiciones cardiovasculares para el manejo de la misma. Un programa de tratamiento rehabilitatorio pre protésico que comprenda un periodo de condicionamiento físico y un periodo de fortalecimiento en pacientes amputados de miembro pélvico beneficiaría significativamente el estado cardiovascular y la fuerza muscular de estos pacientes, acortando el tiempo para la adaptación protésica.

Se tienen datos reveladores acerca del incremento del consumo energético que presentan los pacientes amputados de miembro inferior, sin embargo no se tienen datos en pacientes mexicanos sobre el consumo máximo de oxígeno durante su tratamiento rehabilitatorio. Considerando que la condición física de pacientes amputados es inadecuada, es importante iniciar un acondicionamiento físico además del fortalecimiento muscular preprotésico.

El realizar un cálculo del consumo máximo de oxígeno brinda información importante del estado cardiovascular del paciente. Existe una alternativa teórica para aquellos sitios donde no se puede realizar una medición directa del consumo de oxígeno

durante el ejercicio a través de protocolos y nomogramas, evidenciando la tolerancia al ejercicio del paciente en tratamiento.

Fue motivo de este trabajo realizar una evaluación de la tolerancia al ejercicio en pacientes amputados de miembro pélvico mediante el cálculo del consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardiaca máxima y el resultado del doble producto como alternativa clínica al no contar con los aditamentos necesarios para medir directamente el consumo máximo de oxígeno y así tener conocimiento de la tolerancia al ejercicio en ellos. Así como aplicar un periodo de fortalecimiento para la extremidad remanente y mediante ello acortar el periodo transcurrido entre la amputación y la adaptación de una prótesis en el paciente amputado de miembro inferior.

OBJETIVOS

General:

Determinar el efecto de un programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético, en pacientes amputados de miembro pélvico durante su fase de entrenamiento preprotésico.

Específicos:

- Identificar el nivel de tolerancia al ejercicio en pacientes amputados de miembro pélvico sometidos a un programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético durante su fase de entrenamiento preprotésico.
- Determinar el consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardiaca máxima y el doble producto al inicio y al final del programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético en pacientes amputados de miembro pélvico durante su fase de entrenamiento preprotésico pretratamiento y postratamiento.

HIPOTESIS

Hipótesis alterna.

La aplicación de un programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético, mejorará la condición física y la fuerza muscular en pacientes amputados de miembro pélvico durante su fase de entrenamiento preprotésico.

La tolerancia al ejercicio se modificara de acuerdo a los cambios en el consumo máximo de O₂, en la frecuencia cardíaca máxima y en el doble producto, en pacientes amputados de miembro pélvico sometidos a un programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético durante su fase de entrenamiento preprotésico.

Hipótesis nula.

La aplicación de un programa de ejercicio isocinético que incluya acondicionamiento cardiovascular y fortalecimiento no es eficaz en pacientes amputados de miembro pélvico en la etapa de entrenamiento preprotésico.

MATERIAL Y METODOS

Se trata de un estudio cuasiexperimental con diseño prospectivo, longitudinal, comparativo.

Fue llevado a cabo en el área de isocinecia de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social. Unidad de tercer nivel de atención en el periodo comprendido de agosto a noviembre del 2010.

La población de estudio fueron pacientes derechohabientes del IMSS, con diagnóstico de amputación de miembros inferiores transfemorales o transtibiales admitidos a la Unidad de Agosto a Octubre del año 2010.

El tipo de Muestreo: No probabilístico de casos consecutivos, de conveniencia. El tamaño de la muestra se determino mediante la fórmula de proporciones para la estimación del tamaño de muestra.

$$n = \frac{z^2 (p \cdot q)}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 (.0138 \times .986)}{.05^2}$$

$$n = \frac{3.84 (.0136068)}{.0025}$$

$$n = \underline{0.052250112}$$

.0025

n = 20.9

Total de muestra: 21 pacientes.

Los criterios de inclusión fueron pacientes derechohabientes del IMSS con diagnóstico de amputación de miembro inferior a nivel transtibial o transfemoral unilateral, edades de 40 a 70 años, ambos sexos, que acepten participar voluntariamente en el estudio mediante la firma de la carta de consentimiento informado.

Los criterios de exclusión fueron pacientes con amputación bilateral, pacientes con historia previa de enfermedad isquémica coronaria descontrolada, con infarto miocárdico reciente y revascularizados coronarios, pacientes con enfermedades metabólicas descontroladas (cifras de glucosa superiores a 250 mg/DI²⁴), pacientes con cifras de tensión arterial superiores a 150 mm Hg de tensión arterial sistólica y de 110 mm Hg de tensión arterial diastólica, pacientes con procesos infecciosos o músculo esqueléticos del muñón.

Los criterios de eliminación fueron pacientes que presenten complicaciones metabólicas, músculo esqueléticas y cardiovasculares durante el estudio, pacientes que no cumplan con el 80% del número total de sesiones.

En cuanto a los aspectos éticos por ser un protocolo con riesgo mayor al mínimo se solicitará consentimiento informado escrito de los pacientes (Ver anexo 1) y aprobación del proyecto por el comité de investigación y ética de la institución.

◆Procedimiento del estudio.

Se elaboró un protocolo enfocado a pacientes amputados de miembro pélvico en base a las estadísticas de la unidad donde se llevo a cabo la investigación. Se diseño un programa que incluyera condicionamiento cardiovascular y fortalecimiento.

El programa de entrenamiento se realizo mediante ejercicio isocinético en pacientes amputados de miembro pélvico de la siguiente forma:

1. Los pacientes fueron captados de la Consulta Externa de UMFRSXXI, con diagnóstico de amputación de miembro pélvico transtibial o transfemoral que

cumplieron con los criterios de inclusión y que se encontraban fuera de los criterios de exclusión.

2. A todos los pacientes se les evaluó clínicamente con una anamnesis dirigida a determinar antecedentes de riesgo cardiovascular y se les elaboró una hoja de de captación de datos (Ver anexo 2). Se les realizó valoración clínica con el objetivo de establecer la condición del paciente y determinar la fuerza muscular por grupos de cadera, rodilla y tobillo en la extremidad remanente. Se otorgó hoja de consentimiento Informado, para autorizar ingresar al programa.
3. Se les calculo la frecuencia cardiaca máxima mediante el método de Karvonen modificado (establecido por la Sociedad Americana de Medicina del Deporte); estableciéndose en base a ella el riesgo seguridad-beneficio (65% a 85% de la frecuencia cardiaca máxima calculada).

Frecuencia cardiaca máxima en Hombres = $220 - \text{edad en años}$

Frecuencia cardiaca máxima en Mujeres = $210 - \text{edad en años}$

4. La tolerancia al ejercicio se evaluó mediante la aplicación del protocolo de Astrand-Rhyning (Ver anexo 3) determinando el consumo máximo de oxígeno, el promedio de frecuencia cardiaca durante el entrenamiento y el doble producto previo al programa de condicionamiento cardiovascular y fortalecimiento muscular y al finalizar el mismo se realizaron las mismas mediciones. Evaluándose así mismo el examen manual muscular al inicio y al final del tratamiento empleando la escala de Daniels.
5. Los programas de ejercicio cardiovascular y de fortalecimiento constaron de tres etapas:
 - Etapa 1 o Calentamiento: Tres minutos en cicloergometro de brazos CYBEX UBE a 120 revoluciones por minuto (RPM) y a 90 cm/seg en CYBEX KINETRON II, sin carga y manteniendo la frecuencia cardiaca entre 30 % y 40 % de su frecuencia cardiaca máxima.
 - Etapa 2 o Entrenamiento: En la cual se utilizaron programa de intervalos en cicloergometro de brazos y el programa de espectro de velocidades en CYUBEX KINETRON II. El programa fue establecido en forma personalizada para cada paciente de acuerdo a su capacidad de carga.
 - Etapa 3 o Recuperación: En la cual se trabajo en las mismas condiciones que el calentamiento.

Previo y posterior a cada sesión de tratamiento se monitorearon la frecuencia cardiaca, la tensión arterial y la oximetría de pulso en forma constante; así como presencia de datos de intolerancia al ejercicio.

Cada etapa estuvo apegada a los principios de entrenamiento: Intensidad mediante el monitoreo de la frecuencia cardiaca máxima, duración establecida en proporción inversa a la intensidad y frecuencia dos a tres veces por semana con un total de 20 sesiones, divididas en 10 sesiones por cada aparato isocinético.







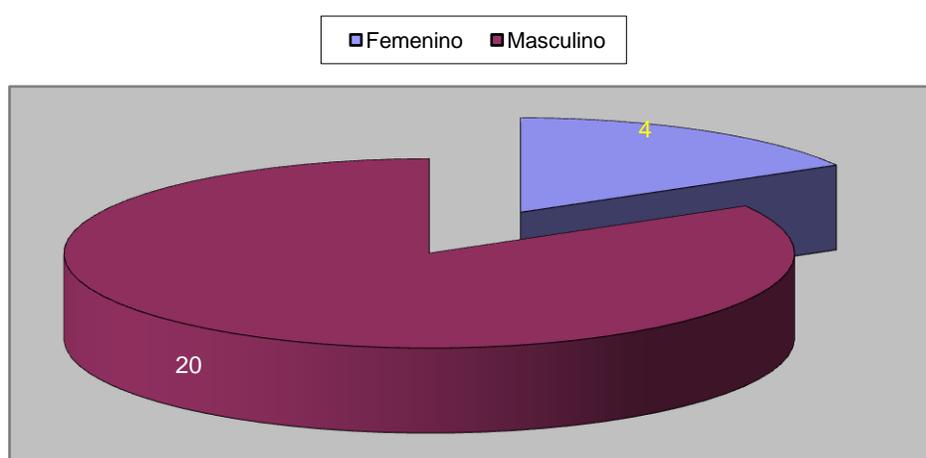
◆Análisis estadístico.

Se utilizo estadística descriptiva estimándose medidas de tendencia central como media, mediana y moda, y medidas de dispersión como la desviación estándar para las variables cuantitativas, y promedios, frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas. Asimismo se utilizó estadística inferencial para contrastar la hipótesis de trabajo estimándose la prueba t de student`s y la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación se evaluaron a 24 pacientes con diferentes niveles de amputación en miembros pélvicos. La muestra estuvo constituida por 4 (16.7%) pacientes de sexo femenino y 20 (83.3%) del sexo masculino. Gráfica 1.

Gráfica 1. Distribución por sexo. n = 24.

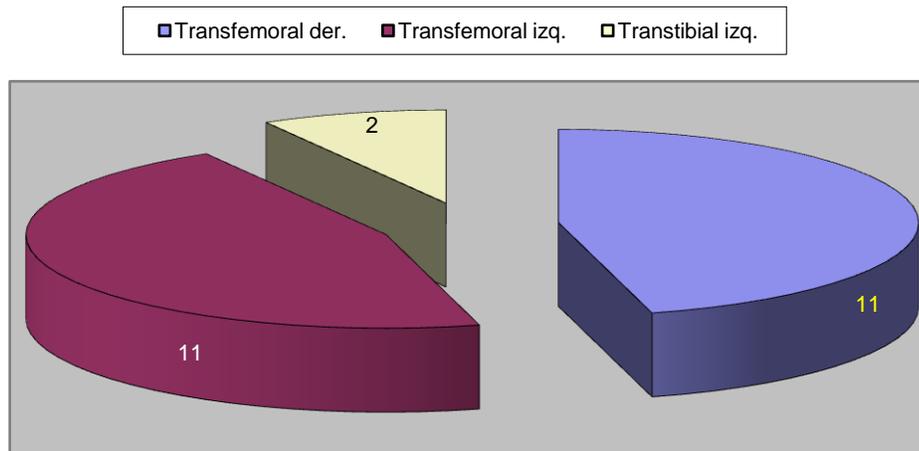


FUENTE: HCD-EATC/10*

*Hoja de captación de datos, Erika Antonia Torres Crranza /2010.

El promedio de edad fue de 56.7 ± 12 años, (rango 39 – 70 años). Se identificó el nivel de amputación entre los participantes correspondiendo la mayor frecuencia tanto a la amputación transfemoral derecha como a la transfemoral izquierda con 11 (45.8%) respectivamente. Gráfica 2

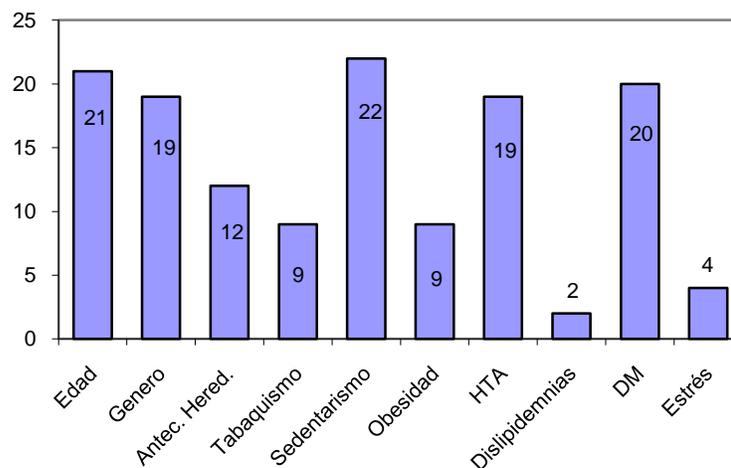
Gráfica 2. Distribución del nivel de amputación. n = 24.



FUENTE: HCD-EATC/10

Se identificaron diferentes variables consideradas como factor de riesgo cardiovascular entre ellas la edad, el género, antecedentes hereditarios, tabaquismo, sedentarismo, obesidad, hipertensión arterial, dislipidemias, diabetes mellitus, estrés. Su frecuencia de positividad se muestra en la Gráfica 3.

Gráfica 3. Distribución de los factores de riesgo. n = 24



FUENTE: HCD-EATC/10

Como parte del programa de acondicionamiento físico y fortalecimiento en los pacientes amputados se llevó a cabo la valoración de la fuerza muscular en la extremidad pélvica remanente, considerando para ello los grupos musculares de cadera, rodilla y tobillo, los cuales fueron valorados previo al inicio del programa de ejercicio isocinético y posteriormente al término del mismo. Los resultados obtenidos nos indican que se registró un incremento de la fuerza muscular estadísticamente significativo ($p < 0.05$), se utilizó el estadístico Prueba de rangos de Wilcoxon. Los datos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Se muestra la distribución de frecuencias en el examen manual muscular

SEGMENTO	Calificación	CALIFICACION INICIAL						CALIFICACION FINAL						Valor p
		3	3+	4-	4	4+	5	3	3+	4-	4	4+	5	
CADERA														
	Extensores	1	8	9	3	2	1	0	1	7	6	7	3	<0.05
	Flexores	1	9	8	3	2	1	0	2	2	10	8	2	<0.05
	Abductores	0	8	9	2	4	1	0	1	8	6	5	4	0.001
	Aductores	1	6	10	2	4	1	0	1	8	6	5	4	0.001
RODILLA														
	Extensores	0	6	12	2	3	1	0	0	4	9	8	3	<0.05
	Flexores	0	9	7	5	2	1	0	1	4	9	8	2	<0.05
TOBILLO														
	Dorsiflexores	0	2	11	5	3	3	0	0	3	10	8	3	0.003
	Plantiflexores	0	1	12	5	3	3	0	0	3	10	8	3	0.003

Los valores mostrados expresan la frecuencia de las calificaciones obtenidas

FUENTE: HCD-EATC/10

Asimismo se llevó a cabo la medición de la frecuencia cardiaca máxima, el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima teórica, el consumo máximo de O₂, los METs y el doble producto, se efectuaron dos mediciones, una inicial y otra final. El análisis se llevo a cabo con la prueba t de Student's para muestras relacionadas mostró un cambio estadísticamente significativo entre ambas mediciones con una p<0.05, los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.- Se muestran los datos obtenidos en la valoración de variables clínicas

VARIABLES	VALORACION INICIAL	VALORACION FINAL	Valor p
FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA	128.08 ± 11.9	135.79 ± 7.9	<0.05
% FREC. CARD. MAXIMA TEORICA	79.2 ± 4.9	84.1 ± 4.0	0.001
CONSUMO MAXIMO DE O ₂	25.7 ± 5.8	30.1 ± 7.0	0.016
METS	7.35 ± 1.6	8.62 ± 2.0	0.016
DOBLE PRODUCTO	16951 ± 2367	19270 ± 2226	<0.05

Los valores mostrados expresan la media y desviación estándar

FUENTE: HCD-EATC/10

DISCUSIÓN

La prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en la población de pacientes amputados tanto de origen vascular como no vascular es importante dada su ocurrencia en esta población. En el presente estudio los principales factores de riesgo cardiovascular encontrados fueron el sedentarismo, la diabetes mellitus, la edad y la hipertensión arterial; resultados que concuerdan con lo reportado por Frugoli et al (2001)³⁰ quienes realizaron un estudio de factores de riesgo cardiovascular en pacientes amputados identificando la hipertensión arterial, la diabetes mellitus y el sedentarismo como los más frecuentes en la población amputada; la principal diferencia se encontró en las dislipidemias donde solo 2 pacientes del presente estudio refirieron ser portadores de un trastorno metabólico de grasas, comparado con lo reportado por Frugoli et al., donde la mayoría de su población presentó este trastorno; esta diferencia se explica debido a que la valoración de los factores de riesgo fue a través de un interrogatorio dirigido y no a través de un perfil lipídico sérico y probablemente la mayoría de los pacientes no tengan conocimiento de este tipo de resultados.

La fuerza muscular en los pacientes amputados se ve disminuida en forma significativa; considerando que la mayor parte de los pacientes amputados tienen un periodo de inactividad prolongado, tanto previo a la amputación como después de esta, asimismo la pérdida de fuerza muscular se asocia con el desuso de los miembros pélvicos y los periodos prolongados en sedestación o en decubito. La fuerza muscular puede recuperarse e incrementarse mediante un programa de entrenamiento de grandes grupos musculares, en los cuales se incluya tanto a los miembros torácicos como a los pélvicos. Al realizar un programa de fortalecimiento en KINETRON CYBEX II se realiza un ejercicio multiarticular de carga total y con un periodo de adaptación muscular normal ante cargas progresivas, se asegura el fortalecimiento de toda la extremidad remanente en los pacientes amputados.

En nuestro estudio la fuerza muscular se incrementó de manera significativa posterior a la aplicación del programa de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético para la extremidad residual, dicho cambio fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en todos los grupos musculares evaluados; Pacheco et al (2004)¹⁰, encontraron que mediante un programa de fortalecimiento basado en ejercicio isocinético en amputados transfemorales la fuerza para grupos musculares de cadera mejoró en un 70% comparado con la extremidad contralateral; resultados similares fueron mostrados por Moirenfeld et al (2000)¹¹, al evaluar grupos musculares de rodilla en pacientes amputados transtibiales.

Generalmente la tolerancia al ejercicio en los pacientes amputados sufre una disminución significativa tanto por su estado general como por el nivel de sedentarismo que regularmente se observa en este tipo de población, lo que repercute no solo en la resistencia ante la actividad física, sino que afecta la calidad de vida de los pacientes.

Con respecto al análisis de las diferentes variables comprendidas en lo relacionado a la tolerancia al ejercicio, en nuestro estudio realizamos las siguientes observaciones: La frecuencia cardiaca media (referida como el porcentaje de la frecuencia cardiaca maxima teorica) monitorizada durante las sesiones de entrenamiento se mantuvo por arriba del 65%, con lo cual se aseguro que los pacientes realizaran un programa de ejercicio aerobico de alta intensidad, pero dentro del rango seguridad-beneficio de los principios del entrenamiento fisico, con lo cual se asegura un beneficio cardiovascular al paciente amputado. Distintos autores han comprobado que el entrenamiento de alta intensidad comparado con el entrenamiento tradicional brinda un mayor beneficio cardiovascular a los pacientes, como lo demostraron Nybo et al (2010)³¹ al comparar grupos de entrenamiento con alta intensidad y entrenamiento tradicional reportaron que tras 12 semanas de tratamiento la respuesta cardiovascular en el primero mejoro en forma estadisticamente significativa.

Durante el ejercicio el consumo de oxígeno se incrementa en forma significativa debido a las demandas metabolicas de los musculos en actividad constante, la determinación del primero es fundamental para determinar la capacidad del paciente para distribuir y utilizar el oxígeno a nivel periferico durante el entrenamiento físico. Asimismo se espera que el consumo de oxígeno mejore tras el entrenamiento cardiopulmonar en los pacientes.

La medición del consumo maximo de oxigeno en nuestro estudio se realizo en forma indirecta tanto al inicio como al final del programa de entrenamiento obteniendo resultados estadisticamente significativos ($p < 0.05$), observamos un aumento promedio de 4.4 mL/Kg/min al comparar las determinaciones inicial y final; esto significa que los pacientes amputados sometidos a un programa de fortalecimiento isocinético tienen una mayor disponibilidad de oxigeno y un mayor aprovechamiento de este a nivel de musculos esqueléticos, lo que se traduce en un mayor rendimiento y tolerancia al ejercicio. Murias et al (2010)³² llevaron a cabo un estudio en el cual evaluaron los mecanismos para incrementar el VO_2 max mediante entrenamiento de alta intensidad en mujeres de edad avanzada y mujeres jóvenes, en su análisis concluyeron que las adaptaciones en el VO_2 max se presentan en diferentes periodos de tiempo en la población joven comparada con la población de edad avanzada; sin embargo en ambos grupos mejoro el VO_2 max y conjuntamente con ello la tolerancia al ejercicio en ambos grupos.

Asimismo Larose et al (2010)³³ estudiaron el efecto del entrenamiento de alta intensidad en pacientes portadores de Diabetes Mellitus tipo II combinando ejercicio aerobico y de resistencia, se les midio el VO₂ max o pico y aunque no encontraron diferencia al comparar el entrenamiento combinado versus el entrenamiento aerobico puro, encontraron un incremento en el VO₂ max tras seis meses de entrenamiento.

Conjuntamente con el consumo maximo de oxigeno, la cantidad de METS tolerados al realizar el programa de entrenamiento isocinetico mejoro en nuestros pacientes, registrando una puntuación promedio en la valoración inicial de 7.35 ± 1.6 versus una puntuación en la valoración final de 8.62 ± 2.0, el cambio observado fue estadísticamente significativo (p<0.05) y nos indica una mejoría en la tolerancia al ejercicio sin riesgo de llevar la capacidad cardiovascular del paciente amputado a un límite considerado como peligroso. Pozuelo et al (2010)³⁴ evaluaron la tolerancia al ejercicio en pacientes con factores de riesgo cardiovascular y enfermedad pulmonar obstructiva cronica, realizaron un programa de entrenamiento en cicloergometro de brazos en intervalos, obteniendo resultados similares a los del presente estudio, concluyendo que el entrenamiento de alta intensidad mejoro la condición fisica y tolerancia al ejercicio.

Los resultados significativos que obtuvimos para el consumo máximo de oxigeno y el numero de METS cobran mayor relevancia si consideramos la frecuencia cardiaca máxima alcanzada con el entrenamiento, aunque existió un resultado también significativo fue menor que para las variables VO₂ max y METS, indicándonos que los pacientes mejoraron su tolerancia al ejercicio en forma significativa sin someter su sistema cardiovascular a un esfuerzo excesivo, manteniendo la frecuencia cardiaca dentro de su rango seguridad-beneficio, lo que traduce la efectividad y beneficio del programa de tratamiento con ejercicio isocinético en pacientes amputados.

En la evaluación del doble producto encontramos una diferencia entre la valoración inicial y la final, la cual fue estadísticamente significativa con una p<0.05; este último resultado no fue congruente con lo reportado en la literatura en la cual no se reportan resultados que indique un cambio significativo, así tenemos el estudio de Ledden et al (2010)³⁵ en el cual estudiaron los cambios del doble producto y el VO₂ max tras el entrenamiento en cicloergometro por 8 semanas, no encontraron diferencias significativas, concluyendo que el doble producto no se incrementa a la par del VO₂ max, y sugieren que la determinación del doble producto tiene utilidad para predecir eventos adversos cardiovasculares, pero no determina una mejor tolerancia al ejercicio. Nuestros resultados fueron distintos al reporte mencionado debido a que a diferencia de los pacientes estudiados por Ledden et al, nuestros pacientes si mejoraron su frecuencia cardiaca máxima, además de existir diferencias en cuanto al

tamaño de la muestra y el número total de sesiones de tratamiento, siendo ambas mayores en nuestro estudio; la determinación del doble producto depende de la frecuencia cardíaca máxima y de la tensión arterial sistólica máxima alcanzadas durante el entrenamiento, se espera que si hubo un incremento en la primera existiera un incremento en el resultado del doble producto; aunado a los cambios vasculares por el entrenamiento donde existe una vasodilatación general y con ello una disminución de la tensión arterial sistémica, esperando con ello que no existan cambios significativos en la determinación del doble producto.

Finalmente debemos realizar algunas consideraciones sobre el presente estudio que podría haberlo mejorado sustancialmente. Un ensayo clínico controlado representa una mejor opción dado el objetivo de nuestro trabajo y nos hubiera permitido un mejor control de las variables de estudio. Otro aspecto a señalar es el tamaño de muestra ya que con un número inferior a 30 los datos obtenidos se comportan con una distribución libre.

CONCLUSIONES

1. La edad, el sedentarismo y comorbilidades como la diabetes mellitus y la hipertensión arterial son los factores de riesgo más frecuentemente observados en la población que sufre amputación de extremidades pélvicas de origen no traumático.
2. La implementación de un programa de fortalecimiento en extremidades pélvicas, mediante ejercicio isocinético, mostro ser efectivo en el incremento de la fuerza muscular en la extremidad remanente de pacientes amputados de extremidades pélvicas.
3. La tolerancia al ejercicio se incremento en los pacientes con amputación de extremidades pélvicas asegurando un beneficio cardiovascular al lograr mantener la frecuencia cardiaca máxima teórica arriba del 65%, esto es, dentro del rango seguridad-beneficio correspondiente.
4. El consumo máximo de oxígeno y el número de METS se incrementaron en respuesta al entrenamiento cardiovascular mediante ejercicio isocinético, traduciendo la efectividad de este tipo de entrenamiento para mejorar la tolerancia al ejercicio en el paciente amputado, sin someterlo a riesgo.
5. El resultado del doble producto determina el riesgo de presentar eventos cardiovasculares pero no una mejor tolerancia al ejercicio.
6. Dados los resultados del presente estudio se sugiere considerar al fortalecimiento mediante ejercicios isocinético como una opción para mejorar la fuerza muscular y la tolerancia al ejercicio en pacientes amputados de extremidades pélvicas.

REFERENCIAS

1. Nielsen C. Etiology of amputation. En: Lusardi M. Orthotics and prosthetics in rehabilitation. 2nd ed. Canada: Saunders Elsevier; 2007. 519-533.
2. Oh-Park M, McGinn A, Lipsitz E, Thomas M, Zonszein J. Racial disparity in Amputation-Free Survival After Infrainguinal Bypass Procedure, Contribution of Socioeconomic Status. *Am. J. Phys. Med. Rehabil* 2009; 88 (12): 986-994.
3. Casale R, Damiani C, Rosati V: Mirror therapy in the rehabilitation of lower-limb amputation: Are there any contraindications? *Am J Phys Med Rehabil* 2009;88: 837–842.
4. Sadeghi H, Allard P, Duhaime M: Muscle power compensatory mechanisms in below-knee amputee gait. *Am J Phys Med Rehabil* 2001;80:25–32.
5. Knapik J, Wright J, Mawdsley R, Braun J. Isometric, Isotonic, and Isokinetic Torque Variations in four muscle groups through a range of motion. *Physical Therapy* 1983; 63(6): 938-947.
6. Urrialde JAM. Los isocinéticos y sus conceptos principales. *Fisioterapia* 1998; 20: 2-7.
7. Mora J. Ejercicios isocinéticos, Evaluación y potenciación. *Fisioterapia* 1998; 20: 8-16.
8. Davies J. Aplicación de los ejercicios isocinéticos en rehabilitación. En: Davis J. *Acompendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques*. 4a ed. Estados Unidos de America: S&S Publishers; 1992. 56-102.
9. Pacheco MR, Flores O, Guadarrama H, Chavéz D, Díez ML, García G. Fortalecimiento muscular con ejercicios isocinéticos en pacientes amputados por arriba de rodilla en periodo preprotésico estudio de 10 casos. *Revista mexicana de medicina física y rehabilitación* 2004; 16: 104-109.
10. Moirenfeld I, Ayalon M, Ben-Sira D, Isakov E. Isokinetic strength and endurance of the knee extensors and flexors in transtibial amputees. *Prosthetics and Orthotics International* 2000; 24: 221-225.
11. Pedrinelli A, Saito M, Coelho R, Fontes RB, Guarniero R. Comparative study of the strength of the flexor and extensor muscles of the knee through isokinetic evaluation in normal subjects and patients subjected to trans-tibial amputation. *Prosthetics and orthotics International* 2002; 26: 195-205.

12. Manual CYBEX 6000. Testing & Rehabilitation Systems. 1993.
13. Manual UBE Cycle-Ergometer. Equipos interferenciales.
14. Manual FITRON. Equipos interferenciales.
15. Manual KINETRON II. Equipos interferenciales.
16. Erjavec T, Presern-Strukelj M, Burger H. The diagnostic importance of exercise testing in developing appropriate rehabilitation programmes for patients following transfemoral amputation. EUR J Phys Rehabil Med 2008; 44: 133-139.
17. 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.
18. Chin T, Oyabu H, Maeda Y, Takase I, Machida K: Energy consumption during prosthetic walking and wheelchair locomotion by elderly hip disarticulation amputees. Am J Phys Med Rehabil 2009;88:399–403.
19. Ceriani RB, Pontes LM, Sousa MSC. Consumo máximo de oxígeno en ergómetro banco: un estudio longitudinal en alumnos del Núcleo Preparatorio de Oficiales de la Reserva. Fit Perf J. 2008; 7(2): 76-80.
20. López J, Fernández A. Fisiología del ejercicio. 3ª ed. España: Medica Panamericana, 2006.
21. Medical Research Council of the UK, Aids to the investigation of Peripheral Nerve Injuries, Memorando No.45. London, Pendragon House 1976;6-7.
22. Lin S-J, Bose NH. Six-minute walk test in persons with transtibial amputation. Arch Phys Med Rehabil 2008; 89:2354-2359.
23. Rufino Y, Rosas JV, Sánchez AO. Efecto del ejercicio aeróbico en la calidad de vida de pacientes con diabetes tipo 2. Revista de especialidades médico-quirúrgicas 2009; 14 (3): 109-116.
24. Kendall F. Músculos, pruebas, funciones, dolor postural. 4ª ed. España: Marban, 2001.
25. Sadrzadeh AH, Dewey FE, Sungar GW, Euan A, David H, Myers J, Froelicher VF. Age and Double product (Systolic Blood Pressure x Heart rate) reserve-Adjusted Modification of the treadmill Score Nomogram in men. Am J Cardiol 2008; 102: 1407-1412.

26. Astrand PO, Ryhming I. A Nomogram for calculation of aerobic capacity (Physical Fitness) from pulse Rate During Submaximal Work. *Special communications* 1954; 7: 218-221.
27. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8a ed. China: Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
28. Fletcher et al. Exercise Standards for testing and Training a Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation* 2001; 2: 1698.
29. Frugoli B, Guion WK, Joyner BA, McMillan JL. Cardiovascular disease risk factors in an amputee population. *Medicine & Science in sports & Exercise* 2001; 33 (5) Supplement 1: s266.
30. Nybo L, Sundstrup MD, Jakobsen M, Mohr T, Hornstrup L, Simonsen, et al. High-Intensity Training versus Traditional Exercise Interventions for Promoting Health. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2010; 42 (10): 1951-1958.
31. Murias JM, Kowalchuk JM, Paterson DH. Mechanisms for Increases in VO_2 max with Endurance Training in Older and Young Women. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42 (10): 1891-1898.
32. Larose J, Sigal RJ, Boule NG, Wells GA, Prud'Homme D, Fortier MS, et al. Effect of Exercise Training on Physical Fitness in Type II Diabetes Mellitus. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42 (8): 1439-1447.
33. Pozuelo R, Platero D, Serrano A, Platero N. Evolución de la capacidad aeróbica del paciente EPOC tras entrenamiento de la musculatura periférica. *Rehabilitación* 2010; 44 (2): 122-129.
34. Ledden ET, Griffin DC, Hargens TA, Kaminsky L, Leonard A, Whaley M. The influence of Aerobic Exercise on the Double product break point in low to moderate risk adults. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42 (5) Supp1: 780.

ANEXOS

◆Anexo 1. Carta de consentimiento informado.

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACION EN
PROYECTOS DE INVESTIGACION CLINICA.**

México DF a ____ de _____ de 2010

Por medio de la presente acepto participar en el proyecto de investigación titulado."EFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA CON EJERCICIO ISOCINETICO PARA ACONDICIONAMIENTO FISICO Y FORTALECIMIENTO MUSCULAR EN PACIENTES AMPUTADOS DE MIEMBRO PÉLVICO EN LA UMFR SXXI 2010". Registrado ante el comité local de investigación con el número _____. Realizado por el Dr. Carlos Landeros Gallardo y la Dra. Torres Carranza Erika Antonia.

El objetivo de este estudio es determinar el efecto de un programa de acondicionamiento cardiovascular y de fortalecimiento mediante ejercicio isocinético, en pacientes amputados de miembro pélvico durante su fase de entrenamiento preprotésico.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en ser revisado con estudios generales y pruebas específicas de fuerza de extremidades pélvicas y tolerancia al ejercicio las cuales se llevaran al cabo con el equipo isocinético CIBEX UBE Y CYBEX KINETRON II, las cuales serán una inicial y una final, así como un periodo de calentamiento y de recuperación, toma de signos vitales antes y después de cada sesión. Se me ha mencionado que uno de los riesgos de realizar ejercicio, es que podría causar al inicio un poco de dolor que debe desaparecer conforme se avance en el programa, o tener variación en presión arterial y ritmo cardiaco, lo cual será monitoreado constantemente para mi seguridad.

El investigador principal se ha comprometido a darme información y aclarar cualquier duda que tenga acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo. Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento que lo considere conveniente sin que ello afecte la atención médica que recibo del IMSS en el servicio de medicina física y rehabilitación siglo XXI.

El investigador principal me ha dado garantía de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados de mi privacidad serán, manejados en forma confidencial. También se ha comprometido a proporcionarme la información actualizada que se obtenga durante el estudio, aunque esta pueda hacerme cambiar de parecer respecto a mi permanencia en el mismo.

En caso de dudas o aclaraciones respecto al protocolo de investigación, favor de comunicarse al teléfono 044 55 18 52 87 50.

He recibido copia de este impreso y oportunidad de leerlo.

Nombre y firma del paciente

Nombre, matrícula y firma del investigador

Nombre y firma del testigo

Nombre y firma del testigo

◆Anexo 2. Hoja de captación de datos del paciente.

Nombre: _____
 Afiliación: _____ . Sexo: _____ . Edad: _____
 Dirección: _____
 Teléfono: _____ . Ocupación: _____

*Factores de riesgo cardiovascular:

Edad		Obesidad	
Genero		Hipertensión arterial	
Herencia		Hiperglucemia	
Tabaquismo		Dislipidemias	
Sedentarismo		Estrés	
Otros			

*Características del muñón.

Forma	
Longitud	
Circunferencia superior	
Circunferencia media	
Circunferencia inferior	
Estado de la cicatriz	

*Arcos de movimiento de extremidad remanente y muñón.

Extremidad remanente		Extremidad amputada	
Cadera	Flexión	Cadera	Flexión
	Extensión		Extensión
	Abducción		Abducción
	Aducción		Aducción
	Rotación Interna		Rotación Interna
	Rotación externa		Rotación externa
Rodilla	Flexión	Rodilla	Flexión
	Extensión		Extensión
Tobillo	Flexión		
	Extensión		

*Fuerza muscular.

Extremidad remanente		Extremidad amputada:	
Cadera	Flexores	Cadera	Flexores
	Extensores		Extensores
	Abductores		Abductores
	Aductores		Aductores
Rodilla	Flexores	Rodilla	Flexores
	Extensión		Extensión
Tobillo	Flexores		
	Extensores		

*Sensibilidad del muñón y la extremidad remanente.

Superficial	
Profunda	

*Cálculo de la frecuencia cardiaca máxima.

Hombre	Mujer
220 - () =	210 - () =

*Rango seguridad – beneficio en base a la frecuencia cardiaca máxima.

40 %	
65 %	
85%	

◆Anexo 3. Nomograma protocolo Astrand-Rhimyng^{26,27,28.}

