



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD  
"DR. VICTORIO DE LA FUENTE NARVÁEZ" DISTRITO FEDERAL.  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN NORTE

**"ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE  
EL ENTRENAMIENTO PREPROTÉSICO EN PACIENTES  
CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR  
Y DIABETES MELLITUS EN LA  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN NORTE"**

**TESIS DE POSGRADO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**MÉDICO ESPECIALISTA**

**EN**

**MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

**P R E S E N T A**

**DRA. CLAUDIA GUZMÁN MEZA**



**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.

**“ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO  
PREPROTÉSICO EN PACIENTES CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO  
INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y  
REHABILITACIÓN NORTE”.**

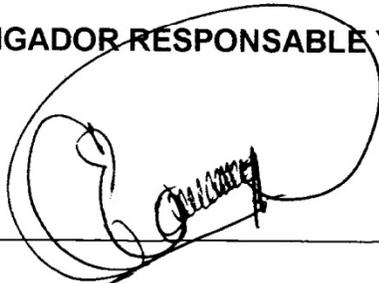
COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD 34011  
NÚMERO DE REGISTRO R- 2010-34011-6

**PRESENTA**

**DRA. CLAUDIA GUZMÁN MEZA**

Médico Residente de la Especialidad de Medicina de Rehabilitación  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte  
UMAE “Dr. Victorio de la Fuente Narváez”, Distrito Federal. IMSS

**INVESTIGADOR RESPONSABLE Y TUTOR**



**DRA. EVANGELINA PÉREZ CHÁVEZ**

Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte  
UMAE “Dr. Victorio de la Fuente Narváez”, Distrito Federal. IMSS

**ASESOR**



**DRA. LETICIA DÍAZ MARCHAN**

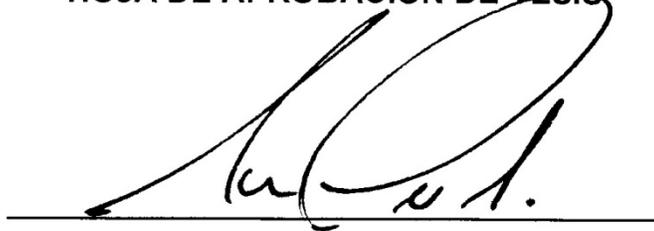
Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte  
UMAE “Dr. Victorio de la Fuente Narváez”, Distrito Federal. IMSS

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD  
“DR. VICTORIO DE LA FUENTE NARVÁEZ” DISTRITO FEDERAL  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN NORTE.**

**“ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO  
PREPROTÉSICO EN PACIENTES CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO  
INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y  
REHABILITACIÓN NORTE”**

COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD 34011  
NÚMERO DE REGISTRO R-2010-34011-6

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**



**DR. IGNACIO DEVESA GUTIERREZ**

Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación.  
Director Médico de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte  
Profesor Titular del Curso de Especialización en Medicina de Rehabilitación.  
IMSS – UNAM



**DRA. MARÍA ELENA MAZADIEGO GONZÁLEZ**

Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación  
Coordinador Clínico de Educación e Investigación en Salud  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte.  
Profesor Adjunto del Curso de Especialización en Medicina de Rehabilitación.

## DEDICATORIAS

A Dios por darme la fuerza, ser mi guía e iluminarme en todas mis decisiones.

A mis padres por toda la confianza que me han dado, su apoyo incondicional, su amor y cariño.

A mis hermanos por alentarme y apoyarme.

A mi pequeña princesa quien también ha padecido mis desvelos y mis momentos de estrés, porque es mi fuerza y quien me recuerda que debo seguir adelante.

A mis compañeros, porque sin duda han sido parte fundamental en esta etapa. Definitivamente el 13 es un número de suerte.

*“A veces sentimos que lo que hacemos es tan solo una gota en el mar, pero el mar sería menos si le faltara una gota”*

*“Para hacer que una lámpara esté siempre encendida, no debemos de dejar de ponerle aceite”*

*Madre Teresa de Calcuta*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios porque es quien me permite estar viva y poder disfrutar esta hermosa experiencia de terminar una más de mis metas; por iluminarme en mis decisiones y acompañarme en este camino, del que todavía falta un gran trayecto.

Gracias a mis padres por ayudarme a seguir con mis sueños , por levantarme e impulsarme a continuar cuando mis ánimos decaían, sin ustedes no hubiera podido llegar a este punto. Gracias por su confianza y amor.

Gracias a mis hermanos por el ánimo que me dan y por recordarme cual es mi objetivo, los quiero.

Gracias hija por iluminar mis días y entenderme aun a pesar de tu corta edad, eres mi ángel.

Gracias a todos mis compañeros: Abigail, Merced, Ixtelt, Ruh, Anel, Alejandro, Miguel, Beatriz, Blanca, Rosaura, Sarahi y Germán, por no dejarme caer cuando el camino se veía tortuoso, y ayudarme a seguir adelante, por su amistad y todos los buenos momentos en estos 3 años, sin ustedes no hubiera sido igual.

Gracias a la Dra. Mazadiego y Dr. Devesa por sus enseñanzas y consejos.

Gracias a la Dra. Pérez, Dra. Díaz, al Dr. Rojano y al Dr. Jiménez, por su apoyo, su tiempo y dedicación para este trabajo.

Gracias a la enfermera Susana Corona por su apoyo y colaboración para la realización de este mismo.

Gracias a médicos de base, enfermeras y terapeutas que apoyaron en mi formación.

A todos los pacientes, los personajes más importantes en la enseñanza.

## **TÍTULO**

**“ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO  
PREPROTÉSICO EN PACIENTES CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO  
INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y  
REHABILITACIÓN NORTE”**

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Marco teórico.....	3
Justificación.....	9
Planteamiento del problema .....	11
Pregunta de investigación.....	13
Objetivos.....	13
Hipótesis.....	14
Material y métodos.....	15
Resultados.....	20
Discusión.....	26
Conclusiones.....	31
Bibliografía.....	32
Anexos.....	37

## RESUMEN

Guzmán- Meza C; Pérez- Chávez E; Díaz- Marchan L.

**TÍTULO:** Estimación del trabajo cardiaco durante el Entrenamiento preprotésico en pacientes con Amputación de miembro inferior y Diabetes Mellitus en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte. **ANTECEDENTES:** El consumo de oxígeno es uno de los parámetros más importantes para determinar la intensidad del ejercicio y el cual puede ser determinado indirectamente a través del doble producto. **OBJETIVO:** Estimar el trabajo cardiaco que realiza el paciente con Diabetes Mellitus y amputación de miembro inferior, durante el entrenamiento físico en la etapa pre protésica, mediante la obtención del doble producto. **MATERIAL Y MÉTODOS:** Estudio descriptivo observacional longitudinal prospectivo; realizado en el Área de mecanoterapia de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte “Dr. Victorio de la Fuente Narváez”. Muestreo no probabilístico de casos consecutivos de pacientes con Diabetes Mellitus y amputación de miembro inferior a cualquier nivel, que firmaron la hoja de consentimiento informado. Se midió la frecuencia cardiaca (FC) y la presión arterial sistólica (PAS) al inicio y al final de las sesiones de terapia, para obtener el doble producto cardiaco (DP), mediante la multiplicación de los parámetros mencionados; se considero normal valores inferiores a 25 000 mmHg x latidos por minuto. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS versión 18 en Español, y la prueba de T student para muestras relacionadas. Se describen medidas de tendencia central y dispersión. **RESULTADOS:** Muestra de 25 pacientes, 16 hombres y 9 mujeres, edad entre 40 y 71 años con promedio de 59.8. El nivel de amputación en el 100% de los pacientes fue transfemoral. Se obtuvo un promedio de FC inicial de 80 y final de 95; promedio de PAS inicial de 115 y final de 134; promedio de DP inicial de 9295 y final de 12837. Al aplicar la Prueba T student se reportaron diferencias estadísticas significativas (valores iniciales y finales) con un valor de  $p < 0.05$  para la FC, PAS y DP. **CONCLUSIÓN:** El trabajo cardiaco medido por el doble producto no excede lo recomendado para pacientes con riesgo cardiovascular en el entrenamiento físico de la terapia pre protésica. El doble producto es una medida útil y fácil de aplicar para conocer la respuesta cardiovascular durante las terapias.

**Palabras clave:** frecuencia cardiaca (FC), presión arterial sistólica (PAS), Doble producto (DP)

## INTRODUCCIÓN

En México existe amplia evidencia epidemiológica sobre el incremento en la incidencia y prevalencia de la Diabetes Mellitus, la cual genera diversas alteraciones y tiene un elevado impacto social y económico. En nuestra unidad el número de consultas a pacientes amputados ocupa el octavo lugar, siendo una de las principales causas complicaciones por Diabetes Mellitus.

El paciente con Diabetes Mellitus se considera con riesgo cardiovascular, por lo que su inclusión a cualquier tratamiento o ejercicio debe ser con una adecuada prescripción. Antes de comenzar un programa de ejercicios, se requiere una detallada evaluación médica y estudios de laboratorio completos, dirigida a detectar la presencia de complicaciones macro y microvasculares, las cuales pueden interferir con el programa terapéutico.

La prescripción adecuada de un programa de ejercicio, son aspectos que en la práctica clínica diaria resultan difíciles de precisar provocando modificaciones inesperadas y en ocasiones peligrosas de los parámetros hemodinámicos. La intensidad del ejercicio se determina por el consumo máximo de oxígeno, sin embargo no siempre se cuentan con los medios ni las condiciones para realizar su medición directa, y se acepta utilizar de manera práctica la frecuencia cardiaca y la presión arterial que se conoce como doble producto. El doble producto es una medida indirecta para conocer el trabajo cardiaco que se realiza durante alguna actividad física, y de esta forma identificar cambios relevantes para prevenir complicaciones o riesgos.

## MARCO TEÓRICO.

Actividad física, se define, como cualquier movimiento corporal que produce un gasto energético por encima de la tasa basal, produciendo cambios funcionales que vuelven a sus valores normales al regresar al estado de reposo. Ejercicio, es una actividad física planificada, estructurada, periódica y dirigida hacia un fin para mejorar o mantener algún componente de la aptitud física y lo cual produce un mejor funcionamiento del organismo<sup>1</sup>. Cuando tiene como finalidad corregir un deterioro, mejorar alguna función, restablecer o mantener la fuerza, se denomina, ejercicio terapéutico. El entrenamiento físico, consiste en la realización de series planeadas de ejercicios para desarrollar habilidades específicas con la intención de obtener el máximo potencial.

La respuesta del organismo al ejercicio dinámico consiste en una serie compleja de adaptaciones cardiovasculares para proporcionar a los músculos el aporte sanguíneo adecuado para sus necesidades metabólicas, disipar el calor generado y mantener la irrigación normal al cerebro y corazón. El aumento en el gasto cardíaco durante el ejercicio, es directamente proporcional a la resistencia periférica en los órganos y tejidos no funcionales, e inversamente proporcional en los músculos activos<sup>2</sup>. Dependiendo del tipo de ejercicio realizado, los cambios a nivel cardiovascular pueden variar; durante un trabajo isotónico se produce contracción y relajación sucesiva de grandes grupos musculares, lo que origina importantes demandas energéticas; aumento del volumen sistólico y frecuencia cardíaca por reducción de las resistencias vasculares periféricas. El gasto

cardiaco se incrementa con modificaciones relativamente pequeñas en la presión arterial media. En el trabajo isométrico la presión arterial sistólica, diastólica y media son más altas, con pequeñas variaciones de la frecuencia cardiaca y volumen sistólico; el gasto cardiaco y las resistencias periféricas se elevan relativamente poco<sup>3</sup>.

Durante el ejercicio, el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) de todo el cuerpo aumenta hasta 20 veces y es aún mayor en los músculos que se ejercitan<sup>4</sup>. El VO<sub>2</sub> es un parámetro que expresa el volumen de O<sub>2</sub> que consume o utiliza el organismo, su medición directa nos permite cuantificar el metabolismo energético; el oxígeno que se utiliza en las combustiones a nivel celular, permite la transformación de la energía química (que radica en los principios inmediatos) en energía mecánica (la contracción muscular)<sup>5</sup>. Con el ejercicio se incrementa paulatinamente el consumo de oxígeno hasta un límite en el que, por mayor que sea la carga de trabajo, el consumo de oxígeno no se modifica. Este límite se define como consumo máximo de oxígeno y es el índice que con mayor exactitud mide la capacidad funcional de cada individuo<sup>10</sup>.

La frecuencia cardiaca (FC) y el VO<sub>2</sub> están relacionados de forma lineal durante el ejercicio aeróbico, hecho que se ha utilizado para estimar el VO<sub>2</sub> máximo de un sujeto a partir de cargas submáximas. El VO<sub>2</sub> se puede medir de forma absoluta (L x min.<sup>-1</sup>) para calcular el gasto energético o de forma relativa (ml x Kg. x min.<sup>-1</sup>) para ver la capacidad funcional del sujeto<sup>5</sup>.

La determinación de la intensidad del ejercicio considera el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max), la frecuencia cardiaca máxima, la respuesta presora<sup>2</sup>, y guarda relación con varios factores: edad, tipo de ejercicio, sexo, grado de condicionamiento físico, la región geográfica y la altura sobre el nivel del mar, que influyen de manera significativa sobre la respuesta en el incremento de la FC durante el ejercicio en sujetos normales<sup>4</sup>. En personas sanas, la intensidad, se encuentra entre el 70 al 85% de FCmax, y en adultos sedentarios es del 60% de FCmax<sup>1</sup> (FC max = 220 – edad). En pacientes discapacitados, la FC max es de 10 a 20 latidos por minutos menos que la población normal (FC max – 20 latidos)<sup>6</sup>.

La presión arterial sistólica se eleva progresivamente al aumentar la carga de trabajo, alcanzando un valor máximo de 160 a 200 mmHg, aunque los límites superiores son más altos en los ancianos, por su sistema vascular menos distensible. En el individuo sano la presión diastólica no sufre mayores cambios, varia solo  $\pm 10$  mmHg respecto de la cifra de reposo. Durante la fase consecutiva al esfuerzo, la presión arterial tanto sistólica como diastólica disminuye en forma progresiva<sup>8</sup>. Si la presión sistólica no se eleva hasta 120 mmHg o más, si no hay una reducción sostenida de 10 mmHg o mas, o si la presión sistólica se reduce por debajo de la cifra de reposo, todas esas circunstancias se consideran anormales y reflejan una reducción inapropiada del gasto cardiaco por disfunción de la bomba cardiaca<sup>3</sup>. La frecuencia cardiaca también sufre un incremento y esta mediada tanto por la inervación simpática y parasimpática del nodo sinoauricular, así como las catecolaminas circulantes<sup>2</sup>. Sin embargo también

existen respuestas anormales de la frecuencia cardiaca un incremento subnormal durante el ejercicio o un incremento insuficiente<sup>7</sup>.

El doble producto es un parámetro hemodinámico que sirve como medida indirecta del consumo miocárdico de oxígeno y que mantiene relación con el aumento del ejercicio, se utiliza para valorar el trabajo cardiaco. La ecuación es el resultado de la multiplicación de la Presión Arterial Sistólica (PAS) y la frecuencia cardiaca. La mayoría de los individuos sanos desarrolla un doble producto máximo de 20 a 35 mmHg x latidos por minuto x  $10^{-3}$ , o bien de 20000 a 35 000 mmHg x lpm<sup>5</sup>. De acuerdo a algunos estudios se recomienda como parámetro permitido durante el ejercicio dinámico cifras inferiores a 25000, en pacientes cardiopatas<sup>8</sup>; y otros autores recomiendan 36000 como el parámetro máximo<sup>8,9</sup>. Sin embargo un gran porcentaje de pacientes con isquemia significativa su valor no alcanza los 25 000<sup>10</sup>.

En México, la Diabetes Mellitus (DM) es una de las principales causas de la morbilidad y defunción, y sobre todo con gran número de complicaciones que generan algún tipo de discapacidad. Es la principal causa de amputación de miembros inferiores con una incidencia del 83% en la población mexicanoamericana<sup>11</sup>.

En la UMFRN el paciente amputado ocupó el 8º lugar en la consulta otorgada en el 2009. Atendiéndose un total de 662 pacientes amputados de primeva vez siendo 269 amputaciones de miembro inferior. La amputación de extremidades inferiores genera un gasto energético mayor al basal, que guarda relación con el

nivel de amputación, de tal forma que conforme asciende el nivel de amputación el consumo de oxígeno aumenta . La debilidad y atrofia de los músculos abductores de cadera, en amputados arriba de rodilla, producen inestabilidad de pelvis ocasionando una marcha asimétrica, aumentando el consumo de energía. En el amputado unilateral transtibial aumenta de 25 a 40 %, amputación bilateral 40% y amputación unilateral transfemoral 65 a 100% más de energía sobre la media normal<sup>12,13,14</sup> .

La rehabilitación del paciente amputado está dividida en 4 etapas en procedimientos programados: prequirúrgica, posquirúrgica, preprotésica y protesica<sup>12</sup>. Dentro el entrenamiento en el periodo pre protésico el objetivo es restablecer la fuerza a los músculos con déficit (miembros superiores, miembro pélvico remanente y muñón), mejorar la movilidad articular, la flexibilidad y el equilibrio, para favorecer la reincorporación a sus actividades. Los ejercicios prescritos pueden ser isométricos, ejercicios isotónicos o de resistencia progresiva<sup>14</sup>.

El paciente con amputación de miembro inferior por complicaciones de Diabetes Mellitus, presenta alteraciones en ambas extremidades, esto requiere de cuidado constante y tratamiento supervisado, para prevenir la amputación de la extremidad remanente , que en base a la literatura puede presentarse, en un periodo de aproximadamente 5 años<sup>15</sup>.

Al inicio de un programa de ejercicios, el individuo con Diabetes Mellitus debe someterse a una detallada evaluación médica con estudios de laboratorio apropiados y detectar oportunamente la presencia de complicaciones macro y microvasculares<sup>4,16</sup>. El ejercicio representa por si solo riesgo para las personas con diabetes debido a su alta prevalencia de las enfermedades cardiovasculares, incluyendo isquemia silente, y otras condiciones de comorbilidad<sup>17</sup>. En sujetos no diabéticos, el consumo de oxígeno es bajo con carga de trabajo submáximo o máximo; en pacientes diabéticos el consumo de oxígeno es mayor generando menor capacidad funcional<sup>4</sup>.

Otra complicación en estos pacientes es la presencia de neuropatía autonómica cardiovascular la cual es silente y ocasiona riesgo de muerte súbita, cuando existan condiciones que generen una respuesta adaptativa del sistema nervioso autónomo sobre el control cardiovascular, como sucede durante el ejercicio, presentando disfunción autonómica expresada a través de su órgano efector. Puede dividirse en: 1) subclínica, detectada solo por pruebas de función autonómica, y 2) clínica, con presencia de signos y síntomas (alteraciones sudomotoras, falta de variabilidad de frecuencia cardiaca, hipotensión postural, intolerancia al ejercicio, hipoglucemia)<sup>10</sup>.

## JUSTIFICACIÓN

La mortalidad por Diabetes Mellitus en México se elevó de 1985 al año 2000, en un rango de 39 a 49 muertes por cada 100 000 habitantes. En la actualidad ocupa los primeros lugares como causa de muerte tanto en hombres como mujeres, provocando una disminución en años de vida saludables <sup>20</sup>.

En el Instituto Mexicano del Seguro Social, la diabetes fue responsable de 5 % de las consultas de medicina familiar durante el 2002; generó 62 745 egresos hospitalarios, lo que representa 3 % del total de los egresos y provocó 17 042 defunciones, equivalente a 18 % del total en la institución. Se estima que el costo anual de la atención de pacientes diabéticos en los servicios de salud pública, es de 320 millones de dólares anuales <sup>18,19</sup>.

En promedio por cada cien personas diabéticas: catorce presentan nefropatía, diez neuropatía, cinco retinopatía y diez problemas de pie diabético, de éstos últimos, tres terminan amputados, <sup>20,21</sup>.

En México, 7 de cada 10 amputaciones de pierna se realizan a personas con diabetes. El 85% de las amputaciones de extremidades inferiores van precedidas de una úlcera en el pie. Se calcula que el costo directo de una amputación asociada al pie diabético está entre los 30,000 y los 60,000 USD <sup>22,23</sup>.

El paciente con Diabetes Mellitus se considera con alto riesgo cardiovascular y cuando se tiene complicaciones macrovasculares o microvasculares el riesgo es aún mayor<sup>24,25</sup>.

La actividad física habitual puede de forma aguda y transitoria aumentar el riesgo de muerte súbita e infarto agudo de miocardio en personas susceptibles, siendo la enfermedad aterosclerótica la principal responsable de los eventos cardiacos asociados a ejercicios en adultos <sup>26</sup>. El riesgo coronario tras una amputación puede incrementarse tanto por factores psicológicos como fisiológicos, debido a una serie de cambios hemodinámicos, con una tasa alta de muerte súbita en pacientes amputados diabéticos en comparación con pacientes no diabéticos. Los factores que influyen de manera predominante son el nivel de amputación, la causa y las enfermedades concomitantes <sup>27,28,29,30</sup>.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con base en los antecedentes se conoce que durante alguna actividad física se llevan a cabo modificaciones en los aparatos y sistemas corporales, en pacientes discapacitados y con factores de riesgo cardiovascular, estos cambios pueden ser mayores e imprevistos, por lo tanto la prescripción de un programa de ejercicio tendría que ser más cuidadosa, conociendo cual es el trabajo y esfuerzo al que se están exponiendo.

Los pacientes diabéticos amputados se someten a programas de ejercicio sin una valoración previa, además de que la mayoría son de edad avanzada, sedentarios, y con un periodo de reposo prolongado posterior al proceso de amputación; al ingresar a un entrenamiento físico se están sometiendo a una modificación en las constantes vitales y sobre todo en los sistemas cardiorrespiratorio, por lo que se incrementa el trabajo cardiaco y el riesgo de presentar algún evento coronario agudo o muerte súbita.

Existen tablas de consumo energético (expresadas en equivalentes metabólicos METS), en base a diferentes actividades cotidianas para individuos sanos, pero no existen tablas que nos hablen del consumo realizado durante la terapia física y mucho menos que efecto se tienen en los pacientes con riesgo cardiovascular.

Es necesario contar con una forma fácil y sencilla de identificar cual es el trabajo cardiaco, o bien el consumo de oxígeno miocárdico, para no someter a los

pacientes con riesgo a ejercicios que puedan rebasar los límites de seguridad establecidos y que puedan poner en peligro su vida.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es el trabajo cardiaco durante el entrenamiento preprotésico en el paciente con amputación de miembro inferior y Diabetes Mellitus en la UMFRN?

## **OBJETIVOS**

### OBJETIVO GENERAL

- Estimar el trabajo cardiaco que realiza el paciente con Diabetes Mellitus y amputación de miembro inferior, durante el entrenamiento físico en la etapa pre protésica mediante la obtención del doble producto.

### OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Conocer los cambios que tiene la frecuencia cardiaca y la tensión arterial del paciente amputado relacionado a Diabetes Mellitus durante el entrenamiento físico en la etapa pre protésica.
- Detectar si existe aumento del trabajo cardiaco durante el entrenamiento físico.
- Determinar la variabilidad en el trabajo cardiaco en relación al nivel de amputación, transtibial o transfemoral.

## **HIPÓTESIS GENERAL**

Durante el entrenamiento físico en el periodo preprotésico del paciente con amputación de miembro inferior relacionada a Diabetes Mellitus, el 50% de los pacientes aumentara el trabajo cardiaco por encima de los límites de seguridad cardiovascular.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio descriptivo observacional longitudinal prospectivo. Se llevó a cabo en el Área de mecanoterapia de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte “Dr. Victorio de la Fuente Narváez” Distrito Federal. Se calculó el tamaño de muestra con la fórmula de diferencia de medias para muestra independiente con un resultado de 25 pacientes. Se utilizó técnica de muestreo no probabilístico de casos consecutivos, con la captación de aquellos que fueran candidatos a ingresar a la unidad y que cumplieran los criterios de selección:

**CRITERIOS DE INCLUSIÓN:** Pacientes que por Diabetes Mellitus presenten amputación de miembro inferior. Pacientes que ingresen a terapia preprotésica en la UMFRN. Pacientes que acepten y firmen el consentimiento bajo información (anexo 1).

**CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN:** Pacientes con amputación no secundaria a Diabetes Mellitus. Pacientes con alguna complicación que contraindiquen la realización de ejercicio. Pacientes con Diabetes Mellitus descontrolada (cifras de glucosa superiores a 240 mg/dl en pacientes con afección renal y mayor a 300 mg/dl en aquellos sin afección renal).

**CRITERIOS DE ELIMINACIÓN:** Pacientes que no concluyeron el entrenamiento preprotésico.

Se incluyeron en el estudio 25 pacientes que aceptaron su participación mediante la firma del consentimiento informado. Se registraron los datos generales de los

pacientes (nombre, número de seguridad social, edad, sexo, nivel de amputación y extremidad amputada) y se explicó en que consistía el estudio. Se presentaron al área de mecanoterapia, donde se reforzaron y enseñaron las medidas preventivas por medio de información verbal para la detección de síntomas o datos sugestivos de descontrol metabólico (diaforesis, taquicardia, palidez de tegumentos, sensación de desvanecimiento) y se dieron las siguientes recomendaciones: acudir a terapias desayunados; no interrumpir la administración de medicamentos de base; en caso de presentar hipoglucemia se sugirió la ingesta de jugo natural, fruta o alimentos ricos en carbohidratos .

Se tomaron al inicio y final de cada terapia , la frecuencia cardiaca y la presión arterial sistólica , siendo en promedio entre 8 y 10 sesiones, para la obtención del doble producto cardiaco, tomando como parámetro de normalidad valores inferiores a  $25\ 000\ \text{mmHg} \times \text{lpm}$ . Se determinó con base a la edad, la frecuencia cardiaca máxima para discapacitados y su relación con la intensidad del ejercicio realizada.

Durante la recolección de los datos se suspendió la terapia a aquellos pacientes que presentaran cifras de tensión arterial menor a 90/60 o mayor a 140/90, o con sintomatología sugerente de hipoglucemia.

Para el análisis estadístico se elaboro una base de datos en el programa Excel. Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 18 en Español con la prueba de T student para muestras relacionadas.

Se obtuvieron promedios de las variables para cada paciente al inicio y final de las terapias. Se calculó la FC<sub>máxima</sub> en base al promedio de edad para determinar la intensidad del ejercicio recomendada.

Se describen diferencias medias, desviación estándar y valor de p en base a la aplicación de la prueba T student.

### **Consideraciones éticas.**

El presente estudio cumple con lo estipulado por la Ley General de Salud y la declaración de Helsinki. Cumple con los principios de beneficencia, no-maleficencia, autonomía y justicia. El estudio es seguro, no se atenta contra la salud del paciente, no se somete a alguna práctica de riesgo. Los datos obtenidos son confidenciales y únicamente para uso en investigación.

## **DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### DEMOGRAFICAS

Pacientes Derechohabientes de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte.

### INDEPENDIENTE

Amputación de miembro inferior relacionada a Diabetes Mellitus.

Tipo de variable: cualitativa dicotómica.

### DEPENDIENTE

Doble producto

Frecuencia cardiaca y presión arterial sistólica

Tipo de variable: cuantitativa continua.

Nivel de medición: promedio o media-----desviación estándar

### CONFUSORA

Pacientes con diabetes en etapa de autocontrol.

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Amputación Relacionada a Diabetes Mellitus	Cualitativa dicotómica	Amputación es la ausencia o pérdida de una o más extremidades, de manera parcial o total. La amputación por Diabetes está asociada a destrucción de tejidos profundos debido a trastornos neurológicos y vasculares.	Se consideraran los casos referidos con el diagnostico de amputación, que tengan relación con la diabetes, teniendo dos únicas posibilidades: a) si b) no  Se tomaran como pacientes con amputación relacionada a diabetes, cuando sean referidos con los siguientes términos: - Necrobiosis diabética - Pie diabético - Úlcera de pie diabético - Angiopatía diabética - Complicaciones de diabetes

Doble Producto	Cuantitativa Numérica Continua	Parámetro hemodinámico que sirve como medida indirecta del consumo miocárdico de oxígeno y que mantiene relación con el aumento del ejercicio en forma progresiva. Se utiliza para valorar el trabajo cardiaco.	Es el resultado de la multiplicación de la Presión Arterial Sistólica por la Frecuencia Cardiaca. (PAS x FC). Se tomara como valores normales, valores inferiores a 25 000 mmHg x lpm.
-------------------	--------------------------------------	--	---

## RESULTADOS

Se capturaron 26 pacientes con diagnóstico de amputación de miembro inferior relacionada a complicaciones por Diabetes Mellitus que cumplieron los criterios de inclusión; se eliminó a un paciente quien presentó alteraciones en cifras tensionales previo a la terapia.

De los 25 pacientes, 16 fueron hombres (64%) y 9 mujeres (36%) (Grafica 1), con un rango de edad entre 40 y 71 años, con un promedio de 59.8.

De acuerdo al nivel de amputación el 100 % fue transfemoral, 18 del lado derecho (72%) y 7 del izquierdo (28%). Por lo anterior no se realizó la comparación de variabilidad del trabajo cardiaco en cuanto al nivel de amputación.

Descripción de los parámetros estudiados con los resultados obtenidos.

- 1) FRECUENCIA CARDIACA; se obtuvo una frecuencia cardiaca inicial promedio de 80 lpm en un rango de 74 a 87 lpm; frecuencia cardiaca final promedio de 95 lpm en un rango de 84 a 135 lpm (Tabla 1). Se utilizó Prueba T student para muestras relacionadas para establecer las diferencias entre valores iniciales y finales, encontrando una diferencia media de -15.13, desviación estándar de 13.35, intervalo de confianza del 95% de -9.62 a -20.64 y un valor  $p=0.0001$ . (Gráfica 2)

Se estableció en base al promedio de edad la frecuencia cardiaca máxima (FC<sub>máx</sub>) siendo esta de 160 lpm, menos 20 latidos (por ser pacientes

discapacitados), FC max= 140 lpm; con base a lo anterior la intensidad del ejercicio (70 a 85% FCmax), sería entre 98 y 119 lpm; considerando que son adultos sedentarios o con un periodo de desacondicionamiento (60%FCmax) sería de 84 lpm.(Tabla 2)

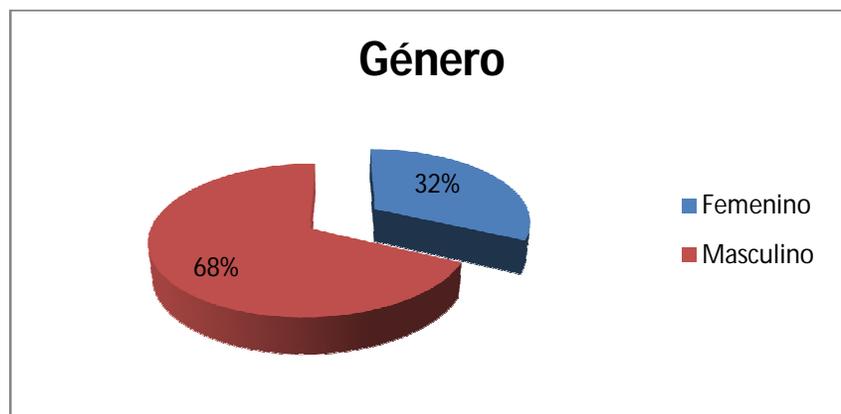
2) PRESIÓN ARTERIAL: Se encontró la presión arterial sistólica inicial promedio de 115 mmHg con un rango de 97 a 135 mmHg; presión arterial sistólica final promedio de 134 mmHg en un rango de 116 a 170 mmHg (Tabla 1). La Prueba T student mostró una diferencia media de -18.87, desviación estándar de 6.28, intervalo de confianza del 95% de -16.27 a -21.46 y un valor de  $p= 0.0001$ . (Gráfica 3)

3) DOBLE PRODUCTO: Los pacientes manejaron un doble producto inicial promedio de 9295 mmHg x lpm en un rango de 7633 a 10591 mmHg x lpm; doble producto final promedio de 12837 en un rango de 9826 a 23072 mmHg x lpm (Tabla 1). Relación doble producto final/ doble producto inicial de 1.38. De acuerdo a Prueba T Student se manejo una diferencia media de -3542, desviación estándar de 2706.14, intervalo de confianza de 95% de -2425.48 a -9659 y un valor de  $p= 0.0001$ . (Gráfica 4)

# “ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO PREPROTÉSICO EN PACIENTES CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN NORTE”

## GRÁFICA 1

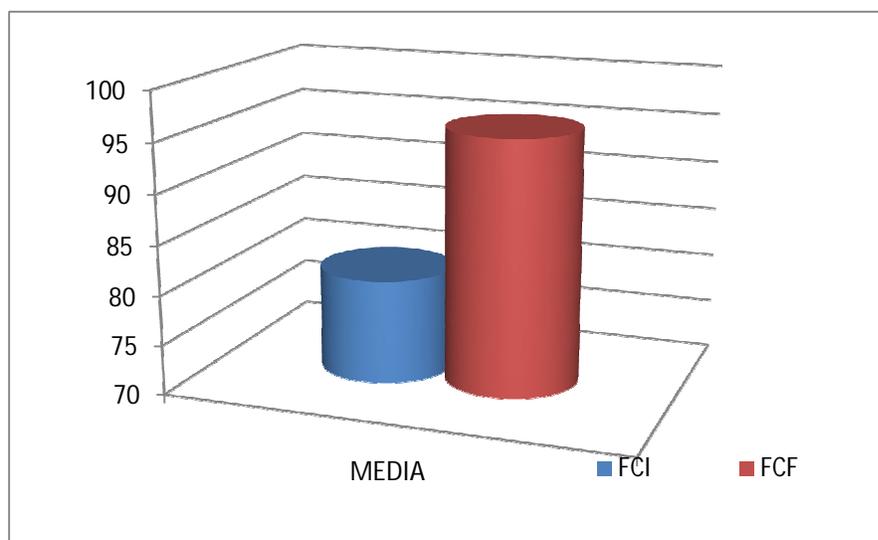
Diferencia de género.



Fuente: HCDCGM

## GRÁFICA 2

Diferencia de media en relación a FCI y FCF

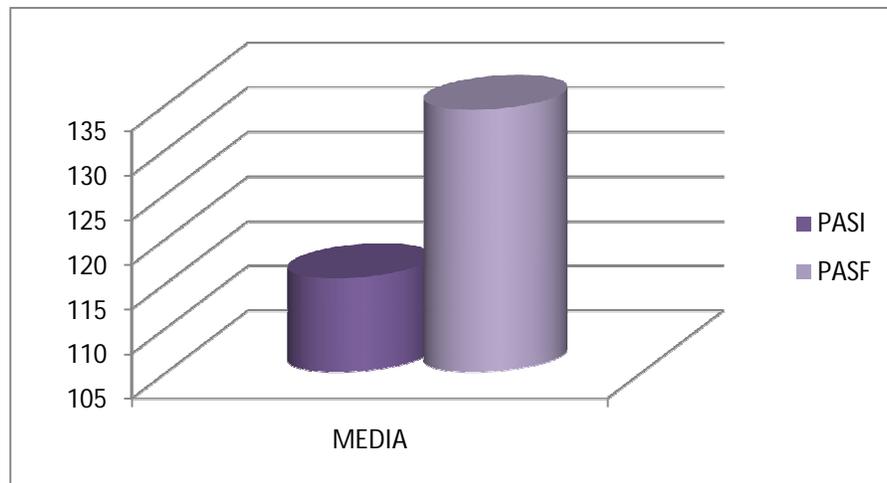


Fuente: HCDCGM

**“ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO PREPROTÉSICO EN PACIENTES CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN NORTE”**

**GRÁFICA 3.**

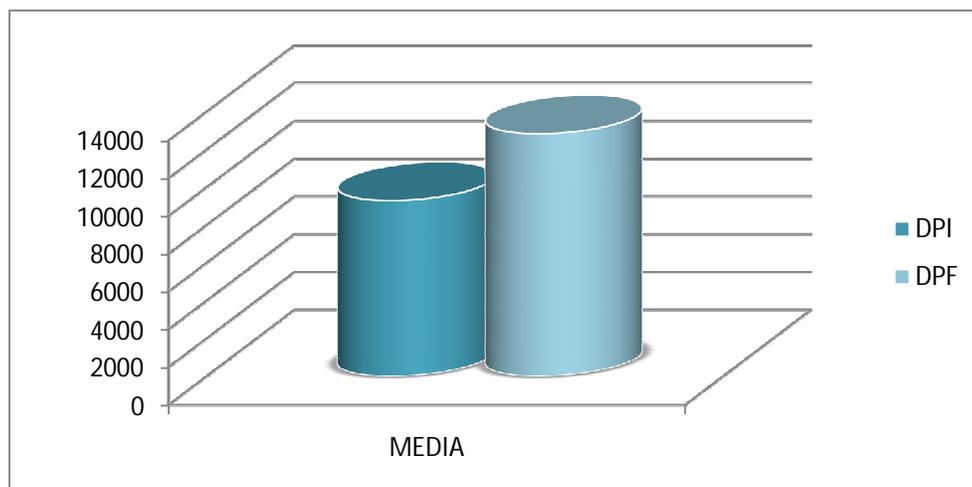
Diferencia de media en relación a PASI y PASF



Fuente: HCDCGM

**GRÁFICA 4.**

Diferencia de media en relación a DPI y DPF.



Fuente: HCD CGM

**“ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO PREPROTÉSICO EN PACIENTES CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN NORTE”**

**TABLA 1**

Tabla de valores obtenidos al inicio y final de la terapia

<b>PACIENTE</b>	<b>FCI</b>	<b>FCF</b>	<b>PASI</b>	<b>PASF</b>	<b>DPI</b>	<b>DPF</b>
1	74.44	84	101	116.66	7633	9826.66
2	74.66	88.85	97.77	118.88	7633.33	10202.85
3	76.5	89	97.77	118.88	7840	10900
4	76.71	90	105	122.5	8054	11042.22
5	77.11	90.28	105.55	122.85	8062.22	11042.22
6	78.11	90.28	106.66	125.71	8221.11	11237.5
7	78.11	90.75	108.88	126.66	8714.28	11420
8	78.11	91.25	108.88	127.5	8761.42	11485
9	78.28	91.75	110	127.77	8780	11720
10	78.6	91.77	111.5	128.88	9184.44	11768
11	79.5	92.4	113.75	129	9300	11795
12	80	92.88	114.28	131.11	9400	11800
13	81.5	92.88	115	131.42	9410	11891.42
14	81.5	92.88	115.55	132	9422	11982
15	81.5	93.25	118.57	132.5	9854.28	12033.33
16	81.55	93.25	118.88	132.5	9940	12315
17	81.75	93.25	120	133.33	10028.88	12346
18	81.75	93.33	123.75	140	10182.5	12960
19	82.75	93.5	125	141.25	10200	13117.5
20	83.25	93.55	125	143.75	10200	13547.5
21	83.42	94.25	125	145	10200	13745
22	84.66	94.75	125	147.5	10222.5	13745
23	85.25	103	125	147.5	10232.5	13777.5
24	85.55	133.42	133.75	165.71	10310	22168.57
25	87.11	135.5	135.55	170	10591.11	23072.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>80.4668</b>	<b>95.6008</b>	<b>115.4836</b>	<b>134.3544</b>	<b>9295.1028</b>	<b>12837.6308</b>

Fuente: HCDCGM

**“ESTIMACIÓN DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO  
PREPROTÉSICO EN PACIENTES CON AMPUTACIÓN DE MIEMBRO  
INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y  
REHABILITACIÓN NORTE”**

**TABLA 2**

Tabla de frecuencia cardiaca máxima e intensidad del ejercicio.

<b>EDAD</b>	<b>FCmáx [ (220-edad)-20]</b>	<b>60% FCMáx</b>
65	155 - 20 = 135	81
56	164 - 20 = 144	86.4
44	176 - 20 = 156	93.6
66	154 - 20 = 134	80.4
58	166 - 20 = 146	87.6
58	166 - 20 = 146	87.6
68	152 - 20 = 132	85.2
57	163 - 20 = 143	85.8
68	152 - 20 = 132	79.2
71	149 - 20 = 129	77.4
60	160 - 20 = 140	84
40	180 - 20 = 160	96
71	149 - 20 = 129	77.4
70	150 - 20 = 130	78
43	177 - 20 = 157	94.2
51	169 - 20 = 149	89.4
69	151 - 20 = 131	78.6
40	180 - 20 = 160	96
66	154 - 20 = 134	80.4
59	161 - 20 = 141	84.6
71	149 - 20 = 129	77.4
53	167 - 20 = 147	88.2
68	152 - 20 = 132	79.2
61	159 - 20 = 139	83.4
62	158 - 20 = 138	82.8
<b>Promedio= 84.55</b>		

Fuente: HCDCGM

## DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación de los pacientes con diagnóstico de amputación secundaria a complicaciones de Diabetes Mellitus durante el periodo preprotésico en el área de mecanoterapia a través del doble producto, encontrando una diferencia estadística significativa de los parámetros estudiados. Todos los pacientes tuvieron aumento tanto de la frecuencia cardiaca y presión arterial, estando acorde con lo reportado en la literatura con respecto a la respuesta fisiológica al ejercicio<sup>2,5,8</sup>.

De acuerdo a la bibliografía el consumo de oxígeno y la carga de trabajo es diferente en relación al nivel de amputación de miembros inferiores y si se trata de amputación unilateral o bilateral<sup>12,13</sup>. En este estudio no se pudo comprobar estos cambios debido a que todos presentaron amputación a nivel transfemoral unilateral.

Ranconi et. al<sup>38</sup> reportan que en pacientes con desentrenamiento físico, la frecuencia cardiaca aumenta por encima de los valores normales, durante un esfuerzo de intensidad máxima; esto coincide con los resultados del estudio que rebasaron la FC<sub>máx</sub> calculada. González-Chávez et. al.<sup>1</sup> recomienda que el comienzo de una actividad física, debe ser gradual durante la transición del sedentarismo o desacondicionamiento (considerada alrededor de 5 semanas) y posteriormente tener incrementos de acuerdo a las adaptaciones observadas.

En relación a los valores del doble producto final, en base a lo documentado por Pleguezuelos , Braunwald y Fardy et . al<sup>5,8,9</sup>, no rebasaron los 25 000 mmHg x lpm, propuesto como parámetro de normalidad para conocer si presentaban un aumento de riesgo cardiovascular en la terapia al incrementarse este valor, lo cual anula la hipótesis planteada .

Existe bibliografía referente a pacientes con isquémica importante, en los que el valor del doble producto no alcanza los niveles normales, es decir de 25 000 a 35 000<sup>10</sup> , que también se considera factor de riesgo durante la terapia. En nuestra muestra de estudio fue un parámetro no considerado, debido a que solo se manejaron pacientes diabéticos sin conocimiento de enfermedades cardiacas, pudiendo ser sesgo en los resultados obtenidos.

Chuen Hui y cols. 2000<sup>35</sup> indican que la baja en el doble producto durante el ejercicio caracteriza a los pacientes que tienen enfermedades del corazón y por lo tanto presentan un aumento en la tasa de mortalidad. Sin embargo, son pocos datos descritos que indican que los valores bajos del doble producto deberían ser considerados como anormales.

Domingos et. al. Correlacionan valores del doble producto elevado como un predictor de ausencia de enfermedad coronaria obstructiva, es decir, niveles altos nos reflejan normalidad y niveles bajos se relacionan con presencia de enfermedad coronaria<sup>34</sup>. Sin embargo, no se encontró bibliografía en referencia al

doble producto en pacientes diabéticos y su variabilidad, que pueda sustentar los resultados de este trabajo.

Existen otros datos en la literatura en relación a la respuesta al ejercicio en pacientes diabéticos los cuales denotan que a pesar de no tener evidencia de enfermedad cardíaca, pero con neuropatía autonómica cardiovascular asintomática vagal, la capacidad de ejercicio, la frecuencia cardíaca, presión arterial, volumen cardíaco y la resistencia vascular se encuentran disminuidas. La severidad de la neuropatía autonómica cardiovascular es inversamente proporcional al incremento de la Frecuencia cardíaca en cualquier momento del ejercicio, contribuyendo a una intolerancia al ejercicio, de tal manera que se recomienda emplear pruebas de función autonómicas cardiovasculares que nos indiquen denervación cardíaca, como taquicardia en reposo, presencia de hipotensión ortostática, hipertensión y otras manifestaciones de alteración autonómica en intestinos, pupilas y piel<sup>16</sup>, antes de incluir a los diabéticos en programas de entrenamiento físico. La neuropatía autonómica diabética es una complicación grave y común en los pacientes diabéticos de larga evolución, que afecta la regulación del sistema nervioso autónomo<sup>36,37</sup>.

De esta forma de acuerdo a los resultados del presente estudio se pueden plantear algunos cuestionamientos:

- el ejercicio que se está realizando durante el entrenamiento preprotésico no implica una elevación del trabajo cardíaco y por lo tanto no somete al paciente a un aumento de riesgo cardiovascular.
- los pacientes están teniendo como concomitante una enfermedad cardíaca del tipo isquémico o enfermedad coronaria obstructiva, no conocida, al no presentar elevación del doble producto.
- Presencia de neuropatía autonómica cardiovascular al no elevarse los valores del doble producto

Dado que los pacientes captados en este estudio son diabéticos que presentan complicaciones como neuropatía o pie diabético, motivo por el cual fueron amputados, no hay que descartar la presencia de otras alteraciones como pudieran ser cardiopatía isquémica, disfunción ventricular, nefropatía o, alteraciones autonómicas, por lo que los datos obtenidos nos podrían estar orientando a una alteración y no a normalidad.

Los pacientes diabéticos son personas que se consideran con alto riesgo cardiovascular, que requieren una adecuada valoración<sup>16</sup>. La directa medición del consumo de oxígeno por el miocardio no es viable para su aplicación general a causa de los riesgos asociados con el cateterismo del seno coronario. El doble producto entonces se convierte en una útil y práctica medida, no invasiva, y de fácil medición para conocer el consumo de oxígeno del miocardio. Braunwald indicó que el doble producto es un

índice confiable de la exigencia de la perfusión miocárdica en personas con condiciones normales, y en pacientes con enfermedad coronaria <sup>8,35</sup>.

En relación a los resultados se comprueba que la implementación del doble producto durante la terapia es una forma útil y confiable cuyos valores nos indican el esfuerzo al cual se están sometiendo los pacientes arrojando datos importantes para una identificación de posibles factores de riesgo.

Se encontraron como sesgos para el presente estudio: no haber tomado en cuenta que el doble producto de acuerdo a la bibliografía puede presentar niveles bajos, por lo que la hipótesis planteada no se cumplió; se debió haber analizado o haber hecho una valoración más completa de los pacientes previo a la terapia, ya que no se pudo concluir si los valores del doble producto fueron por cardiopatía o bien por neuropatía autonómica o la combinación de ambas.

## CONCLUSIONES

- El trabajo cardiaco de acuerdo al doble producto durante el entrenamiento físico en el periodo preprotésico, no excede lo recomendado para pacientes con riesgo cardiovascular.
- Durante la terapia existen cambios estadísticamente significativos en las variables hemodinámicas (frecuencia cardiaca, presión arterial).
- La frecuencia cardiaca como único parámetro y su relación con la intensidad del ejercicio, puede ayudar a conocer un aumento en el riesgo cardiovascular durante el ejercicio en pacientes amputados diabéticos.
- No existe bibliografía que sustente que los valores bajos del doble producto son anormales para pacientes diabéticos.
- Se requieren otros estudios, con control de variables no consideradas en este estudio como lo es; uso de medicamentos y otros factores de riesgo cardiovascular para la medición del doble producto.
- Se sugiere un estudio de comparación de variabilidad del trabajo cardiaco de acuerdo a los niveles de amputación.
- El doble producto es una medida útil y fácil de aplicar para conocer la respuesta cardiovascular o bien el trabajo cardiaco, durante las terapias.
- Es importante que el paciente diabético cuente con una adecuada valoración tanto de rehabilitación como por el servicio de cardiología previo a las terapias, y un apropiado seguimiento durante la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

1. González-Chávez,A., Becerra-Pérez, A R., Carmona-Solís,F K., Cerezo-Goiz,M I., Hernández, H., Lara-Esqueda A. Ejercicio físico para la salud. Rev Mex Cardiol. 2001; 12 (4): 168-180.
2. Serra Grima R. Bagur Calafat. C. Prescripción del ejercicio físico para la salud. Madrid: Paidotribo; 2004.
3. López Chicharro, J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 2ª ed. Madrid, España: Editorial Medica Panamericana; 2001.
4. Neil R, M;. Campaigne, B N; Zinman, B; Devlin, J T; Schneider, Stephen H. Diabetes Mellitus and Exercise. Med Sci Sports Exerc :Dec 1997;29(12): 1-6
5. Fardy P.S et. al. Rehabilitación cardiaca la forma física del adulto y las pruebas de esfuerzo. Barcelona, España: Paidotribo; 2003.
6. Arós, F; Boraita, A; Alegría, E; Alonso, A M; Bardají, A; Lamiel,R;et. al. Guías de práctica clínica en pruebas de esfuerzo. Rev Esp Cardiol. 2000; 53( 8): 1063-1094.
7. Shephard RJ; Balady, Gary Gary J. Balady Exercise as cardiovascular therapy. Circulation. 1999; 99:963-72.
8. Braunwald, E; Libby, P; Bonow R O; Zipes D P; Mann D L. Tratado de Cardiología.5ª ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 1997.
9. Pleguezuelos Cono,E. Prescripción de actividad física en pacientes cardiopatas. Rehabilitación [Madr] 2006; 40(6): 353-363.

10. Castellano C, Pérez de Juan MA, Attie F. Electrocardiografía clínica. España: Elsevier; 2004.
11. Vázquez - Martínez, JL; Gómez - Dantes, H; Fernández - Cantón, S. Diabetes Mellitus en población adulta del IMSS. Resultados de la encuesta nacional de Salud 200. Revista Medica Instituto Mexicano del Seguro Social 2006; 44 (1): 13-26
12. González Mas, R. Rehabilitación Médica. Barcelona, España : Masson; 1997.
13. Ingham SJM, Chamlian TR, de Souza JM, Stefanini E, Azevedo R, Mussi A, Carvalho A. Transitory myocardial ischemia in patients with vascular lower limb amputation: Relationship with long-term atherothrombotic events. Am J Phys Med Rehabil 2009; 88:114–118.
14. Pacheco Gallegos. M. et. al. 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
15. Peters, E; Childs, M R; Wunderlinch, R P; Harkless, L B; Armstrong, D G; Lavery, L A. Functional status of Persons With Diabetes-Related Lower-Extremity Amputations. Diabetes Care 2001; 24(10) : 1799–1804.
16. Villa Caballero. L, Frati-Munari A., Ponce-Monter H., Hernández S., Becerra A. Acerca de la prescripción del ejercicio en el paciente diabético. Gac Méd Méx 2000; 136 (6); 629-637.

17. Jeffrey M. Curtis, J., Horton, E., Bahnson, J., Gregg, E., Jakicic, J., Regensteiner, J., Ribisl, P., Soberman, J., Stewart, K., Espeland, M. Prevalence And Predictors Of Abnormal Cardiovascular Responses To Exercise Testing Among Individuals With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2010; 3( 4); 901-907.
18. SSA, Sistema Nacional de Salud. Boletín de Información Estadística. Daños a la salud. 2003; 23(1).
19. SSA, Estadísticas de mortalidad en México: muertes registradas en el año 2003. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* 2006; 44 (1): 13-26.
20. Deshpande, A D. Epidemiology of Diabetes and Diabetes-Related Complications. *Physical therapy*. Nov 2008; 88(11): 1409-1415.
21. Escobedo-De La Peña, M.C. Incidencia y letalidad de las complicaciones agudas y crónicas de la Diabetes Mellitus en México. *Salud Pública Méx* 1996; 38(4):236-242.
22. Tood W. Diabetes-Related Microvascular and Macrovascular Diseases in the Physical therapy Setting . *Physical Therapy* 2008; 88(11): 1322–1335.
23. Real Collado, J T; Valls, M; Basanta Alario M L; Ampudia Blasco, F J; Ascaso Gimilio, J F; Carmena Rodríguez, R. Estudio de factores asociados con amputación, en pacientes diabéticos con ulceración en pie. *An Med Interna*. 2001; 18(2); 59-62.
24. Martínez Reding, JM. Estratificación de riesgo cardiovascular. *Archivos de cardiología de México*. Abril-Jun 2006; 76( Supl. 2): 176-181.

25. Armen J; Smith, B W. Exercise considerations in coronary artery disease, peripheral vascular disease, and diabetes mellitus. *Clinical in Sport Medicine* 2003; 22 : 123-133.
26. Naschitz JE ; Lenger,R. Why traumatic leg amputees are at increased risk for cardiovascular diseases. *Q J Med* 2008; 101:251–259.
27. Tseng, Chin-Hsiao; Chong, Choon-Khim; Tseng, Ching-Ping ; Cheng, Ju-Chien ; May-Kuen Wong ; Tong-Yuan Tai. Mortality, causes of death and associated risk factors in a cohort of diabetic patients after lower-extremity amputation: A 6.5-year follow-up study in Taiwan. *Atherosclerosis* 2008; 197; 111–117.
28. Modan M, Peles E, Halkin H, Nitzan H, Azaria M, Gitel S. Increased cardiovascular disease mortality rates in traumatic lower limb amputees. *Am J Cardiol* 1998; 82:1242–7.
29. Schofield, C. MB et. Al. Mortality and Hospitalization in Patients After Amputation A comparison between patients with and without diabetes. *Diabetes Care* 2006; 29 :2252–2256.
30. Moulik, Probal K; Mtonga, Robert; Gill, Geoffrey V. Amputation and Mortality in New-Onset Diabetic Foot Ulcers Stratified by Etiology. *Diabetes Care*. Feb 2003; 26 (2); 491-494.
31. Tood W. Diabetes-Related Microvascular and Macrovascular Diseases in the Physical therapy Setting . *Physical Therapy* 2008; 88(11): 1322–1335.
32. Stineman M G; Kwong, Pui L; Kurichi, Jibby; Pruv-Bettger, Janet; Vogel, B; Maislin, Greg; Bates, Barbara; Reker, Dean. The effectiveness of inpatient

- rehabilitation in the acute postoperative phase of care after transtibial or transfemoral amputations. *Arch Phys Med Rehabil.* Oct 2008; 89:1863-1871.
33. Beachle, Thomas R., Earle, Roger. Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. España: Panamericana; 2007.
34. Domingos L., Fernandes M. Duplo producto elevado como predictor de ausencia de coronariopatía Obstrutiva de grau importante em pacientes com teste ergometrico positivo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 2006; 86 (2); 138-144.
35. Hui, S. C., Jackson A. S., Wier L T. Development of normative values for resting and exercise rate pressure product. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000; 32(8); 1520–1527.
36. Vinik A, Maser R, Mitchell B, Freeman R. Diabetic autonomic neuropathy. *Diabetes Care* 2003; 26:1553-79.
37. Bruna, A., Navarro, X. Neuropatía autonómica en la diabetes mellitus. *Rev Neurol* 2005; 40 (2): 102-110.
38. Ronconi M, Alvero-Cruz JR. Cambios fisiológicos debidos al desentrenamiento. *Medicina de l'Esport* 2008; 43:192-8.



## ANEXO 1

UNIDAD DE MEDICINA FISICA Y REHABILITACION NORTE

México D.F.

### Carta de Consentimiento informado

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Numero de afiliación: \_\_\_\_\_ UMF: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Yo \_\_\_\_\_ acepto libremente participar en el proyecto de investigación titulado: ESTIMACION DEL TRABAJO CARDIACO DURANTE EL ENTRENAMIENTO PREPROTESICO EN PACIENTES CON AMPUTACION DE MIEMBRO INFERIOR Y DIABETES MELLITUS EN LA UNIDAD DE MEDICINA FISICA Y REHABILITACION NORTE, registrado en el comité local.

El objetivo es determinar cual es el trabajo cardiaco que están realizando los pacientes en su terapia de rehabilitación en el periodo preprotésico como parte de una mejor evaluación , el cual se llevara a cabo en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Norte del IMSS.

Declaro que se me ha informado sobre los beneficios y los posibles adversos y riesgos que conlleva mi participación en el proyecto de investigación.

El investigador principal se ha comprometido a proporcionarme información oportuna sobre el proyecto así como dar respuesta a las preguntas que surjan durante el estudio. Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento que considere conveniente, lo cual no afecta la atención médica que recibo en el Instituto Mexicano del Seguro Social.

El investigador principal me ha dado la seguridad de que no se me identificara en las publicaciones y presentaciones que deriven de este estudio y que la información proporcionada se manejara confidencialmente

Testigos:

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del paciente

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma