

11222

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI

EFICACIA DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO  
ISOCINETICO EN PACIENTES CON CARDIOPATIA  
ISQUEMICA REVASCULARIZADOS, DURANTE LA  
FASE III DE REHABILITACIÓN CARDIACA

**TESIS DE POSGRADO**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**ESPECIALISTA EN MEDICINA**  
**DE REHABILITACIÓN**  
**P R E S E N T A :**  
**DRA. MARÍA MAGDALENA GIL FUENTES**



MÉXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DELEGACIÓN 4 SURESTE, MÉXICO, D.F.  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI

**TITULO**

**EFICACIA DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO ISOCINETICO EN PACIENTES CON CARDIOPATIA ISQUEMICA REVASCULARIZADOS, DURANTE LA FASE III DE REHABILITACIÓN CARDIACA.**

**INVESTIGADOR:**

DRA. MARIA MAGDALENA GIL FUENTES  
MEDICO RESIDENTE DEL 3er. AÑO DE LA ESPECIALIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN

**ASESORES**

DR. CARLOS LANDEROS GALLARDO.  
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN, JEFE DE CONSULTA EXTERNA DE LA UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI.

DRA. PATRICIA CAMACHO JIMENEZ.  
MEDICO ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA, ADSCRITA AL HOSPITAL DE CARDIOLOGÍA DEL CMN SIGLO XXI.

DR. OSCAR ORIHUELA RODRÍGUEZ.  
MÉDICO ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA, MAESTRO EN INVESTIGACIÓN CLINICA. ADSCRITO AL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL CMN SXXI.

**AUTORIZACIÓN**



---

DRA. MARÍA TERESA ROJAS JIMÉNEZ  
SUBDIRECTORA DE LA U.M.F.R. S. XXI



---

DRA. BEATRIZ GONZALEZ CARMONA  
JEFE DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN MÉDICA  
DE LA U.M.F.R. S. XXI



COMISIÓN DE ESPECIALIZACIÓN  
ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA  
U.M.F.R. S. XXI

Con todo mi amor dedico este trabajo a  
mi pequeño hijo Hans Kenneth, porque eres  
un regalo de Dios, deseo que sea  
motivo de triunfo en tu vida.

Con agradecimiento especial a mi esposo Javier,  
porque eres mi apoyo en todo momento,  
gracias cielo, este trabajo también es tuyo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Beatriz González Carmona por su apoyo en todo momento para que todo fuese bien.

A la Dra. Patricia Camacho por toda su ayuda prestada para la realización de este trabajo.

A mis compañeras Médicos Residentes, porque siempre estuvimos luchando juntas por este difícil camino para seguir adelante.

Al TF René Cámara Escamilla y al personal del servicio de Rehabilitación Cardíaca del Hospital de Cardiología CMN SXXI que colaboraron para la realización de este trabajo.

Al TF Jesús Miranda Moreno y al personal de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación SXXI que colaboraron para la realización de este trabajo.

A los pacientes del servicio de Rehabilitación Cardíaca del HC CMN por su valiosa colaboración.

A todos los médicos que fueron partícipes de mi formación, ahora y siempre gracias.

**A Dios**

Porque siempre he sentido tu apoyo y consuelo para que las cosas fueran mas fáciles y porque siempre nos cuidas y proteges.  
gracias Dios mio.

**A la memoria de mi madre**

Porque en realidad nunca he sentido que te has ido de mi para siempre, porque siempre te siento cerca, queriéndome y amándome.  
gracias mami te quiero mucho.

**A mi padre**

Porque te respeto y admiro esa entereza que siempre tienes para salir adelante y aunque lejos, siempre te recuerdo y le pido a Dios que te cuide y bendiga. gracias.

**A la familia Molina Castrejón**

Porque todo este tiempo me apoyaron y dieron todos sus cuidados a mi pequeño hijo, porque es algo invaluable lo que han hecho por nosotros. Gracias.

**A mi familia**

Simplemente, gracias a todos.

## INDICE

TITULO .....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	3
PROBLEMA.....	14
HIPÓTESIS.....	15
OBJETIVOS.....	16
VARIABLES.....	17
MATERIAL Y METODOS.....	21
RESULTADOS.....	26
DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIONES.....	29
ANEXOS.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	45

## **TITULO**

**EFICACIA DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO ISOCINETICO EN PACIENTES CON  
CARDIOPATIA ISQUEMICA REVASCULARIZADOS, DURANTE LA FASE III DE  
REHABILITACIÓN CARDIACA**

## JUSTIFICACION

En México la Cardiopatía Isquémica (CI), se ha encontrado en los últimos años dentro de los primeros lugares como causa de mortalidad general; en los años 2000 y 2001 ocupó el 2º lugar, con una tasa de 45 x c / 100, 000 habitantes y la Diabetes Mellitus (DM) ocupó el primero. Al hacer referencia a la mortalidad por sexos, en la mujer tiene un patrón de presentación similar al mencionado, no así en el hombre en quien es la primer causa de muerte.

Los Estados de la República Mexicana con mayor índice de mortalidad para ambos sexos son en orden de frecuencia el Distrito Federal, Estado de México y Jalisco, siguiéndoles Veracruz y Estados del Norte como Nuevo León, Chihuahua, Tamaulipas y Sonora.<sup>1</sup> En los Estados Unidos es la causa más frecuente, ocupa el 44 % de todas las causas de muerte.

En el Hospital de Cardiología del CMN SXXI es la primer causa de consulta, con una incidencia del 15.86 % y se presenta más frecuentemente en el sexo masculino, en un 69 %. Las edades de mayor frecuencia son entre los 50 a 59 años y mayores de 70, con un buen porcentaje de presentación en edades productivas, entre los 30 a 49, 16 % del total; de igual forma se ha venido presentando en los últimos años en grupos de edades inusuales como son de los 20 a los 29.<sup>2</sup>

Considerando que debido al mayor índice de presentación de los factores de riesgo cardiovasculares como son las Dislipidemias, Diabetes Mellitus, Hipertensión Arterial Sistémica (HAS) y Tabaquismo, así como edad avanzada, la incidencia de Cardiopatía Isquémica ha ido incrementándose, por lo que la Rehabilitación Cardíaca (RC) teniendo como base el control de estos Factores de Riesgo (FR) y la mejoría en la Condición Física, ha demostrado disminuir la presentación de nuevos eventos vasculares, reintegra al paciente a su ambiente familiar, social y laboral, y así mismo mejora la calidad y la esperanza de vida.

Dada la situación, existe la necesidad cada vez mayor de crear nuevas estrategias de diagnóstico y tratamiento, incluyendo en este último la Rehabilitación Cardíaca como parte importante en el manejo del paciente con CI; cuyos avances en el conocimiento del condicionamiento cardiovascular ha beneficiado a miles de pacientes, a través de los programas de caminata y ejercicio en bicicleta ergométrica. Teniendo en consideración estos aspectos y debido a la escasa información que existe acerca del beneficio cardiovascular del ejercicio isocinético se propone la realización de este estudio para estudiar la eficacia de este tipo de ejercicio en estos pacientes.

## ANTECEDENTES

En el siglo II aC, Asclepiades de Prusa (124-40 a.C.) médico griego que vivía en Roma, fue el primero en desarrollar un programa de ejercicio físico para las enfermedades vasculares, oponiéndose a la idea hipocrática de que debían ser tratadas con reposo, le dio importancia a la dieta, ayuno, recomendaba paseos, carreras y gimnasia.<sup>3,4,5</sup>

Mallory y cols. en 1930 al demostrar que son necesarias al menos 6 semanas para que el tejido necrosado sea una cicatriz firme, parecía confirmar la necesidad de reposo durante largo tiempo posterior a un IAM<sup>3,5</sup>, por lo que en base a esto, durante la primera mitad del siglo pasado estos pacientes permanecían en cama durante largos periodos, sin permitirles subir tramos pequeños de escaleras en por lo menos un año, con excepcional retorno a la vida social y laboral.<sup>5</sup> Brummer (1956) inicia la deambulaci3n a los 14 días y Cain (1961) implementa un programa temprano de actividad progresiva<sup>6</sup>. En los años 60's la OMS aconseja el ejercicio en el tratamiento de pacientes cardíopatas.<sup>3</sup>

En México en 1972 Quintal, establece el 1er. Programa de Rehabilitaci3n Cardíaca en el Hospital "20 de noviembre" y en 1975 se inicia en el Hospital de Enfermedades del T3rax del CMN, IMSS.<sup>6</sup>

En la actualidad continua realizándose Rehabilitaci3n Cardíaca Fases I y II en el Hospital de Cardiología del CMN SXXI.

En 1967 James Perrin3 desarroll3 el concepto de isocinesis, que quiere decir ejercicio con velocidad preseleccionada y resistencia acomodable, al contrario del isot3nico que utiliza una velocidad variable y resistencia constante a lo largo del recorrido (ROM).<sup>7</sup>

En 1970 surgen los primeros lineamientos de la utilidad clínicade los equipos producidos por la marca CIBEX (ejercicio cibernético), el dinam3metro isocinético es el primero que se introdujo a la pr3ctica clínicade y la ciencia del ejercicio, posteriormente por la incorporaci3n de las computadoras al control del hardware se logr3 integrar la fuente de poder y el procesamiento en línea de la seña mecánica<sup>8</sup>; en 1973 se crea el fitr3n.

**CARDIOPATIA ISQUEMICA.** Es un s3ndrome que se caracteriza por desequilibrio entre el aporte y la demanda de sangre oxigenada al coraz3n, debido a estrechamiento u oclusi3n de las arterias coronarias y se puede manifestar como:

Angina estable o inestable. La angina inestable se define como el inicio de angina severa y aceleraci3n de la previamente estable (reflejada por el cambio de severidad, duraci3n, frecuencia o disminuci3n de la respuesta al tratamiento) o prolongada en reposo.<sup>9</sup> El infarto agudo del miocardio (IAM) se definía como una combinaci3n de s3ntomas t3picos, enzimas altas y ondas Q en el electrocardiograma. Actualmente el t3rmino se ha ampliado en base a la clínicade, estudios epidemiol3gicos, clínicade, biomarcadores serol3gicos específicade y mejores t3cnicade de imagen.<sup>10</sup> Infarto del Miocardio (IM) significa disminuci3n de los miocitos cardíacos (necrosis) por isquemia prolongada, debido a desequilibrio entre la perfusi3n y la demanda. El t3rmino debe ser precedido por la palabra agudo. Un infarto agudo se caracteriza por la presencia de polimorfonucleares (PMN), los mononucleares y fibroblastos caracterizan al periodo de cicatrizaci3n. Se clasifican de acuerdo a su localizaci3n: anterior, lateral, inferior, posterior, septal o una combinaci3n de estos.

Los s3ntomas de isquemia incluyen malestar torácico, epigástrico, en espalda, hombro, brazo, muñeca o mandíbula durante el reposo o el esfuerzo, de 20 minutos o menos de duraci3n; puede desarrollarse en el t3rax central o izquierdo e irradiarse; asociarse con disnea, diaforesis, nauseas o v3mito; no se afecta por el movimiento muscular ni empeora con la inspiraci3n profunda, no es de naturaleza posicional. Despu3s que inicia, la muerte celular ocurre en 15 minutos en modelos animales, la necrosis completa requiere de al menos 4 a 6 hrs ó m3s, dependiendo del flujo colateral, oclusi3n persistente o intermitente de la arteria coronaria y sensibilidad de los miocitos.

Marcadores bioquímicos de necrosis miocárdica. 1.- Troponina cardiaca (I o T), su valor puede permanecer elevado de 7 a 10 días o más después de la necrosis, con especificidad y sensibilidad casi absoluta. 2.- CK-MB, sus valores deben ascender y caer, si permanecen elevados, no son debidos a IM, menos específicos que la troponina. 3.- En ausencia de las anteriores, la CK o su fracción B puede emplearse, pero no son recomendables debido a que están ampliamente distribuidos por los tejidos. La transaminasa glutámica oxalacética (TGO), transaminasa glutámica pirúvica (TGP) y la deshidrogenasa láctica (DHL) no deben ser utilizadas para el Dx de daño miocárdico.

Los cambios electrocardiográficos (ECG) indicativos de isquemia que pueden progresar a IAM son: elevación del segmento ST en el punto J en 2 ó más derivaciones continuas de  $\geq 0.2$  mV en V1, V2 ó V3 y  $\geq 0.1$  mV en otras derivaciones. Depresión del segmento ST, anormalidades en la onda T o ambos en dos mas derivaciones continuas. Nueva inversión simétrica de ondas T  $\geq 1$  mm en al menos 2 derivaciones continuas. Estos criterios reflejan isquemia, pero no son suficientes para definir IAM, el Dx final es en base a la detección de niveles elevados de biomarcadores cardiacos en sangre.

**ATEROSCLEROSIS.** Es el resultado de un proceso patológico complejo que afecta diferentes arterias, los cambios tempranos involucran la íntima con acumulo focal de lípidos (colesterol y ésteres), proteínas, carbohidratos, componentes celulares de músculo liso, macrófagos y linfocitos; finalmente ocurre necrosis, mineralización y trombosis, al ser más severa la enfermedad también se afecta la capa media.<sup>9</sup>

Las etapas en el desarrollo de la aterosclerosis son: 1.- Estría grasa, se encuentra en los primeros años de la vida, el término deriva del aspecto de áreas amarillas, ligeramente elevadas que parecen puntos o estrías en la inspección macroscópica del endotelio de las arterias grandes, microscópicamente están formadas por células de grasa llamadas espumosas derivadas la mayoría de macrófagos y en menor grado de células de músculo liso. 2.- Ateroma o placa grasa, aumenta después de la primera década de la vida, se caracteriza por áreas grandes de lípidos extracelulares y restos celulares, las células espumosas de macrófagos y de músculo liso rodean el núcleo lipídico necrótico acelular, también se observan células de músculo liso ricas en reticulo endoplásmico rodeadas de proteoglicanos. 3.- Fibroateroma o placa fibrosa, aparece en la 4ª década de la vida, se distingue de la anterior por un capuchón fibromuscular prominente compuesto de reticulo endoplásmico rugoso rico en células de músculo liso y componentes de tejido conjuntivo, tiene áreas de necrosis, tejido conjuntivo y a menudo depósitos de fibrina, microhemorragias y mineralización.

## TÉCNICAS DE REVASCULARIZACIÓN

LA ANGIOPLASTÍA CORONARIA TRANSLUMINAL PERCUTANEA (ACTP) es un método alternativo a la terapia trombolítica en pacientes con IAM, elevación del segmento ST y bloqueo de rama izquierda (BRI), con shock cardiogénico dentro de las 12 a 18 hrs. del inicio de los síntomas, en pacientes < 75 años y en IAM sin elevación del ST pero con flujo reducido en la arteria relacionada. El método estándar consiste en insuflación del balón durante los 90 ( $\pm$  30) minutos de la admisión.<sup>11</sup> Mejoría tecnológica en la angioplastia es la introducción del stent intracoronario que ha reducido la reestenosis y la frecuencia de la cirugía de emergencia de bypass después de ACTP, se ha utilizado para tratar estenosis de injerto de vena safena, sin embargo, los pacientes con stent aún tienen un 25% de frecuencia combinada de fallecimiento, IAM o necesidad de repetir el by pass. En algunos pacientes puede ser necesaria la utilización de ambos.<sup>12</sup>

EL STENT es una malla expansible que se instala dentro de la arteria coronaria lesionada, existen múltiples aparatos con gran variabilidad; aproximadamente 500 en relación al sistema, metales, arquitectura, longitud y designación; algunos liberan drogas radiación y otros agentes biológicos que ayudan a reducir la trombosis y posiblemente la reestenosis.<sup>13</sup> Sus indicaciones son: IAM, estudios observacionales lo refieren como un procedimiento primario o después de una PTCA no exitosa; en un estudio multicéntrico prospectivo, 332 pacientes fueron tratados primariamente con PTCA sin éxito y el

Stent fue probado en 224 con 98 % de éxito con restauración del flujo del 96% y mejoría en el diámetro de la estenosis, prevención de reestenosis, oclusión crónica total, enfermedad del injerto de vena safena y tratamiento de lesiones reestenóticas.

**PUENTES AORTO CORONARIOS.** La cirugía de injerto de arteria coronaria, bypass (CABG) es casi la más común de las operaciones realizadas a nivel mundial.<sup>12</sup>

Mortalidad. Los predictores más consistentes después de la cirugía son: prioridad de la misma, edad, cirugía cardíaca previa, sexo, fracción de eyección (FE) del Ventriculo izquierdo (VI), porcentaje de estenosis de la arteria coronaria izquierda y número de coronarias mayores con estenosis significativa. El mayor riesgo se relaciona con cirugía de urgencia, edad avanzada y 1 ó más bypass previos.

Morbilidad. Eventos neurológicos debidos a hipoxia, embolia, hemorragia o anomalías metabólicas, mediastinitis, infección profunda de la herida esternal ocurre en 1 a 4 % de los pacientes, predictores de esta complicación son obesidad, reoperación, uso de ambas arterias mamarias internas, duración, complejidad de la cirugía y diabetes.

Conductos arteriales y alternos utilizables; los pacientes que reciben injerto de arteria mamaria interna para la descendente anterior (DA), tienen mejor supervivencia comparados con los que reciben sólo de venas; el método estándar es el injerto con arteria mamaria izquierda y vena safena complementaria para otras lesiones. La utilización de la arteria mamaria interna bilateral parece ser seguro y eficaz, el beneficio incluye baja frecuencia de angina recurrente, IAM y necesidad de reoperación con mejor supervivencia. Recientemente la arteria radial ha sido utilizada. En pacientes en quienes la arteria mamaria, la radial y el conducto venoso estándar no son disponibles, la arteria gastroepiploica derecha, la epigástrica inferior y cualquier vena safena menor o de la extremidad superior se han utilizado.

## **REHABILITACIÓN CARDIACA.**

Existen varias definiciones sin embargo las que mejor se apegan a lo concerniente del paciente y su integración a su vida familiar, social y laboral son las siguientes:

"Conjunto de actividades necesarias para asegurar a los cardiopatas condiciones físicas y sociales óptimas que les permita ocupar por sus propios medios un lugar tan normal como les sea posible en la sociedad".<sup>6</sup>

"Suma de actividades que incluyen programas comprensivos a largo plazo, de abordajes multidisciplinarios, ejercicio y servicios de consejo, con el objetivo fundamental de que el paciente logre por esfuerzo propio, preservar o recuperar su lugar en la sociedad".<sup>14</sup>

Fases de la Rehabilitación Cardíaca: <sup>6</sup>

Fase I. Se otorga al paciente en el periodo inmediato a la lesión, en la Unidad Coronaria los primeros 4 a 5 días post-infarto o en el Servicio de Hospitalización Cardiológica durante 10 a 14 días, con un consumo máximo de 4 METs, que puede variar dependiendo de las complicaciones del evento agudo.

Fase II. Se realiza en el servicio de Rehabilitación Cardíaca, posterior al alta hospitalaria; en el caso del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, son 2 semanas de calistenia con técnicas de relajación y 2 semanas de ejercicio en biciergómetro isotónico, con consumo de 7 y 10 METs respectivamente y programa de caminata en casa.

Fase III. Se refiere a la Fase de Mantenimiento, con vigilancia periódica del paciente por el Médico Cardiólogo de 2º Nivel de atención. En esta fase, el paciente debe continuar realizando el programa, ejercicios de relajación, tres veces al día y durante una gran tensión psíquica, así como ejercitar los diferentes grupos musculares contra resistencia y con un rango de seguridad-beneficio de la frecuencia cardíaca máxima (FCM) entre el 70 % al 85 %, 3-5 veces por semana, de 45 a 60 minutos por sesión.

Posteriormente después del control físico y psicológico, se reintegra en lo posible a la sociedad y vuelve al trabajo habitual o a un puesto acorde a sus condiciones. Igualmente se debe realizar una evaluación de la fuerza, resistencia muscular y flexibilidad para que los participantes puedan ser clasificados para la ejecución del ejercicio (entrenamiento) en base a sus características individuales.

La Guías Canadienses de Rehabilitación Cardíaca y Prevención de enfermedades cardiovasculares han dividido la Rehabilitación Cardíaca en servicios de cuidados de pacientes hospitalizados y externos.<sup>15</sup>

Las indicaciones de la RC son: en el caso de CI: IAM, revascularización quirúrgica (puentes aorto/coronarios), ACTP y angina de esfuerzo estable.<sup>5</sup> Las contraindicaciones, se han visto reducidas con el paso del tiempo gracias al mejor conocimiento de los resultados y peligros inherentes a la práctica del ejercicio: Absolutas: Aneurismas disecantes de la aorta y obstrucciones severas del tracto de salida del ventrículo izquierdo.<sup>6</sup>

El reposo prolongado produce deterioro funcional, incluso en individuos sanos, uno de los efectos es el incremento de la frecuencia cardíaca (FC) de difícil recuperación, por lo que la actividad física después de un IAM tiene beneficios importantes en la recuperación del paciente. El riesgo de un primer episodio de enfermedad coronaria comienza a disminuir con niveles de actividad física de 500 kcal por semana, por otra parte, es poco el beneficio al aumentar los niveles por arriba de 4000 kcal por semana.

La capacidad al ejercicio mejora después de la RC; después de 3 meses de condicionamiento aeróbico tres veces por semana a una FCM del 70 al 85 %, la tolerancia al ejercicio en banda sin fin se incrementa en un 30 a 50 % y el consumo de O<sub>2</sub> en un 15 a 20 %, al mismo tiempo las actividades de la vida diaria mejoran. La RC se asocia con disminución del 25 % de la mortalidad total y mortalidad para todas las causas de enfermedad cardiovascular a tres años.<sup>16</sup>

Se ha encontrado que en la RC la tolerancia al ejercicio basal difiere en relación con la edad y género, el género masculino y edades menores tienen una mayor capacidad funcional; pero el entrenamiento de la resistencia la mejora significativamente tanto en hombres como en mujeres de cualquier grupo de edad, incluyendo a mayores de 75 años y en aquellos que tuvieron menos de 5 METs inicialmente.<sup>17</sup> Después del entrenamiento de pacientes cardíacos mayores se demostró un incremento significativo en la tolerancia al ejercicio maximal y disminución en el trabajo miocárdico a cargas de trabajo submaximales así como en la percepción del esfuerzo a intensidades de trabajo estandarizadas. Un mayor doble producto después del entrenamiento sugiere que el incremento de la capacidad al ejercicio se debió a su capacidad para funcionar a mayores niveles de demanda de oxígeno miocárdico.<sup>18</sup>

La actividad física (AF) se define como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que dan como resultado el gasto de energía; el ejercicio físico es una categoría de la AF, específico, libre y voluntario con movimientos corporales planeados, estructurados, repetitivos con periodicidad con objetivo de producir un mejor funcionamiento del organismo. El condicionamiento físico se relaciona con la capacidad de realizar AF eficiente.

## **EL EJERCICIO FÍSICO (EF) SE DIVIDE EN:**

De acuerdo al tipo sustrato que se utilice en el metabolismo muscular: aeróbico y anaeróbico.<sup>19</sup> Para realizar el ejercicio se requiere de energía (Trifosfato de Adenosina, ATP) que se obtiene de la oxidación de glucosa sanguínea derivada de reservas de glucógeno muscular e hígado, ácidos grasos libres, reservas de triglicéridos intra musculares y en menor medida de proteínas. La síntesis anaeróbica se obtiene por degradación de fosfocreatina a creatina y de glucosa a lactato, con capacidad de resíntesis total relativamente pequeña pero con un ritmo potencial mayor en comparación con el metabolismo aeróbico.

De acuerdo a la modalidad del entrenamiento:<sup>20</sup> El entrenamiento de la resistencia, incrementa el contenido mitocondrial, enzimas del ciclo del ácido cítrico, la capacidad oxidativa, las fibras de contracción lenta y posiblemente transformación de las rápidas a lentas; mejora la captación de oxígeno maximal en pacientes cardiacos atribuida a mejoría en la capacidad del sistema de intercambio de oxígeno; ambos, mayor edad y baja actividad se asocian con disminución en el trabajo total que puede reflejar una caída asociada de las fibras tipo II con relativa preservación de las de tipo I (unidades motoras fatiga-resistentes). Entrenamiento de fuerza, reduce la densidad mitocondrial e induce incrementos relativamente pequeños en enzimas oxidativas y aumento en la actividad de la mioquina (adenilato cinasa) y de las fibras de contracción rápida.

De acuerdo a las características del esfuerzo contráctil:<sup>7</sup>

**Isométrico**, se realiza sin movimiento articular, la velocidad es constante (0° /seg) y la resistencia constante. Se utiliza en rehabilitación precoz, pues ayuda a retrasar la atrofia, disminuye el edema y mejora la fuerza muscular estática.

**Isotónico**, también llamado de resistencia progresiva o de entrenamiento por pesos, se realiza a una velocidad variable (aproximadamente 60° /seg) y resistencia constante. Se divide en concéntrico (se produce un acortamiento muscular que lleva a un acercamiento del origen y la inserción) y excéntrico (se produce un alargamiento del músculo, el origen y la inserción se separan).

**Isocinético**, tipo de ejercicio dinámico que se realiza a una velocidad constante (1- 300° /seg), predeterminada y con una resistencia acomodada a través de todo el recorrido articular. La velocidad del movimiento se selecciona previamente y cuando la extremidad la alcanza, un mecanismo de control se activa, por lo que cualquier aumento de la fuerza muscular una vez alcanzada la velocidad deseada provoca el desarrollo de una fuerza opuesta de igual magnitud; por lo tanto la resistencia que opone el equipo a lo largo del arco de movimiento es igual a la fuerza muscular aplicada y la carga muscular es máxima en los puntos donde la ventaja mecánica también es máxima, este hecho es lo que marca la diferencia básica con el ejercicio isotónico en donde la resistencia es fija a lo largo del recorrido.

Ventajas únicas de los isocinéticos: Eficacia, única forma de cargar un músculo que se contrae dinámicamente hasta su máxima capacidad en todos los puntos del recorrido articular. Seguridad, un individuo no encontrará más resistencia que la que puede vencer. Fuerzas decrecientes de compresión conforme aumenta la velocidad, basado en el principio de Bernoulli quien demostró que cuanto más rápido fuese el movimiento de una superficie (articular) sobre un fluido (líquido sinovial), menor sería la presión superficial. Nutrición articular, mediante isocinéticos submaximales de arco corto se crea una movilización de tolerancia al ejercicio, sin encontrar cambios isquémicos o síntomas que impidieran la progresión de las pruebas, sugieren que este tipo de ejercicio es un modo seguro de prueba suplementaria en pacientes cuidadosamente seleccionados con CI, además de que en pacientes con pobre capacidad al ejercicio de corto tiempo, el componente aeróbico del mismo debe comprender intervalos cortos e intermitentes de trabajo a alta intensidad, para dar un estímulo incrementado a los músculos mayores de la extremidad que continúan el trabajo a baja intensidad.

Oldridge<sup>21</sup> y cols. refieren que un programa de ejercicio de RC produce mejoría significativa en la producción de la potencia pico con el cicloergómetro isocinético, en la potencia máxima, así como en el pico de VO<sub>2</sub>, determinado por una prueba de esfuerzo incremental en pacientes con cardiopatía Isquémica. Mc Cartney<sup>22</sup> y cols. investigaron la utilidad de este cicloergómetro en estos pacientes como una medida adicional de tolerancia al ejercicio, sin encontrar cambios isquémicos o síntomas que impidieran la progresión de las pruebas, sugieren que este tipo de ejercicio es un modo seguro de prueba suplementaria en pacientes cuidadosamente seleccionados con CI, además de que en pacientes con pobre capacidad al ejercicio de corto tiempo, el componente aeróbico del mismo debe comprender intervalos cortos e intermitentes de trabajo a alta intensidad, para dar un estímulo incrementado a los músculos mayores de la extremidad que continúan el trabajo a baja intensidad.

Los efectos que tiene el ejercicio isocinético e isotónico submaximales en la frecuencia cardiaca y en la presión arterial sistémica según los resultados de Iellamo<sup>23</sup> y cols señalan que las dos se elevaron abruptamente con ambos tipos de ejercicio, continuando en ascenso con el tiempo, con caída inmediata a niveles de reposo al suspender el ejercicio, lo que sugiere que el ejercicio submaximal de

tipo dinámico induce mayor aumento de la TA y que, al igual que el entrenamiento de resistencia origina un stress funcional en el sistema cardiovascular con precaución principalmente en sujetos con patología cardiaca no conocida.

Por otra parte Haennel<sup>24</sup> concluye que el ajuste cardiovascular al ejercicio isocinético maximal es proporcional a la actividad de la masa muscular y es independiente de la velocidad del ejercicio, conclusión apoyada por Marzorati<sup>25</sup> de que la presión sistólica y diastólica durante el estado estable no difieren significativamente entre las dos velocidades angulares empleadas y la variabilidad de la FC en cada sujeto durante las contracciones isocinéticas maximales, puede ser el resultado de la actividad dinámica de los músculos del muslo, combinado con un componente postural isométrico.

**FITRÓN.** Es un cicloergómetro isocinético con las ventajas de: 1.- Mantener la velocidad controlada basado en los requerimientos del entrenamiento y de los objetivos. 2.- La resistencia es acomodada, el esfuerzo realizado a través del rango de movimiento es marcado perfectamente por el fitrón con mejor rendimiento y menor fatiga muscular local en la rodilla, más tolerable a altas frecuencias de trabajo, por lo que lo marca como la opción ideal para condicionamiento cardiovascular, entrenamiento de la parte inferior del cuerpo, terapia física y rehabilitación atlética.<sup>26</sup>

Efectos fisiológicos: Resistencia cardiovascular con entrenamiento a intervalos, al realizar sesiones regulares de ejercicio a intensidades mayores que exceden a las funciones diarias y si el ejercicio es de intensidad-duración suficiente y se realiza regularmente, el sistema cardiovascular responde a través de: disminución de la FC, aumento del volumen sistólico y capacidad de transporte de oxígeno, disminución de la presión arterial, colesterol y triglicéridos.

A nivel articular, facilita la nutrición del cartílago, estimula mecano-receptores, aumenta el arco de movimiento (ROM), produce potenciación muscular a velocidades inferiores (< 60 rpm) manteniendo al paciente de pie sobre los pedales; hay aumento del flujo sanguíneo a músculos y articulaciones ejercitadas y mayor trabajo con menor estrés musculoesquelético (elimina virtualmente el dolor postejercicio), en individuos no condicionados que en equipo convencional no pueden alcanzar o mantener estas cargas de trabajo. Por otra parte el condicionamiento cardiovascular es dependiente de la capacidad del sistema musculoesquelético el cual debe poseer la fuerza y resistencia necesarias para cubrir la intensidad del ejercicio necesario para obtener un efecto de entrenamiento cardiovascular; si los músculos se fatigan rápidamente o no tienen la fuerza para lograr un nivel apropiado de intensidad, no se puede lograr este efecto, la cantidad de resistencia que el sistema musculoesquelético puede vencer, es exactamente igual a la que se produce, las porciones débiles son instantáneamente acomodadas. Por otra parte el ejercicio isocinético es menos estresante y retrasa la fatiga.

Se recomienda antes de implementar un programa de ejercicio efectuar al paciente una evaluación morfofuncional completa para identificar factores de riesgo que puedan complicar la práctica del ejercicio, así mismo medir las capacidades biomotoras del individuo.

#### **CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO O DE ENFERMEDAD.**

Modificada de los lineamientos y recomendaciones de La Asociación Americana del corazón (AHA) y el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM).

Su objetivo es disminuir lo mas posible el riesgo de complicaciones cardiacas durante el ejercicio.<sup>19,27,28</sup>

Clase A: Aparentemente sano, incluye: Personas Jóvenes "aparentemente sanas" (Clase A-1 y 2) sin considerar la edad. Personas que son "sanas aparentemente" o con un "riesgo incrementado" (clase A-2 y A-3) y quienes tienen una prueba de esfuerzo maximal normal. No hay otras restricciones para llevar a cabo un programa de AF, no se requiere de supervisión especial durante la realización del mismo.

Clase B : Presencia de enfermedad cardiovascular conocida, estable y con bajo riesgo en ejercicio vigoroso pero ligeramente mayor que en las personas aparentemente sanas, incluye personas con: IAM, cirugía de revascularización de arterias coronarias, ACTP, angina de pecho, prueba de esfuerzo (PE) y coronariografía anormal. Valvulopatía. Enfermedad cardíaca congénita. Cardiomiopatía (no incluye cardiomiopatía hipertrófica ni miocarditis). PE anormal que no reúna los criterios de la clase C: Clase funcional I o II de la New York Heart Association (NYHA), capacidad de ejercicio > 6 MET's, sin evidencia de falla cardíaca, libre de isquemia o angina en reposo o en PE  $\leq$  6MET's, elevación apropiada de la presión arterial durante el ejercicio, sin taquicardia ventricular y capacidad de automonitorizar la intensidad de la AF.

Clase C: Riesgo moderado a alto.

Clase D: Condiciones inestables con restricción de la AF.

### **COMPONENTES A TOMAR EN CUENTA DURANTE LA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO, PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA.<sup>19</sup>**

**INTENSIDAD.** Es el grado de exigencia de la carga de entrenamiento con objetivo de obtener un efecto de condicionamiento sin alteraciones fisiológicas, se puede expresar como un porcentaje de la capacidad aeróbica funcional, siendo el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx) el mejor índice, que puede calcularse mediante PE o midiendo el intercambio de gases; sin embargo la vigilancia diaria de la intensidad del ejercicio requiere de un índice confiable que el individuo pueda medir de forma fácil, como la técnica de la toma del pulso y la escala de 6 a 20 puntos de percepción del esfuerzo de Borg, es una escala con límites descriptivos en cada número impar que tiene correlación directa con el VO<sub>2</sub> (FC, ventilación y concentración de lactato en sangre). En general una escala > 18 indica que el paciente ha realizado ejercicio maximal, valores > 15 a 16 sugieren que el umbral anaeróbico se ha excedido.<sup>27</sup>

El uso de equivalentes metabólicos (MET) considerado como el consumo de oxígeno en reposo por Kg de peso/ minuto que equivale a 3.5 ml/kg/min, se basa en las condiciones fisiológicas y de actividad del individuo promedio, que no tiene mayor variación de uno a otro por lo que se recomienda el empleo de la frecuencia cardíaca (FC) en relación a los METs.

**FRECUENCIA.** El umbral para mejorar la capacidad aeróbica se consigue con una frecuencia mínima recomendada para el adulto normal de 3 sesiones a la semana, no dejando pasar mas de 72 hrs entre las sesiones para evitar perder los beneficios adquiridos

**DURACIÓN.** La duración de una sesión de ejercicio necesaria para obtener y mejorar la condición aeróbica varía en función inversa con la intensidad del ejercicio. En general en el caso de ejercicio aeróbico es entre 15 a 60 min. La prescripción inicial es de sesiones de duración e intensidad moderadas con aumentos graduales. La relación intensidad-duración debe vigilarse estrechamente para no producir fatiga.

**TIPO DE ACTIVIDAD.** Los tipos de actividad recomendados para entrenamiento aeróbico incluyen ejercicios rítmicos que utilicen grandes grupos musculares: Grupo I: Actividades con frecuencia cardíaca constante: caminata, trote, carrera, natación, andar en bicicleta, campo traviesa y baile aeróbico. Grupo II. No se mantiene una intensidad continua, deportes individuales y de equipo, no recomendable para este tipo de pacientes.

La AF recomendada para la salud es de intensidad moderada, se sugiere acumular 30 minutos o más por 3,4 ó 5 veces a la semana, preferentemente todos los días, con caminata, ciclismo o alguna otra actividad aeróbica, mas un incremento en las actividades de la vida diaria, para prevenir un ataque cardíaco o muerte en pacientes con enfermedad coronaria.<sup>19,29</sup> Es importante consumir con la actividad física aproximadamente 200 kcal por día, lo que se puede lograr con caminata enérgica de 3.22 km. Algunas investigaciones sugieren que en caso de riesgo CV se necesitan gastar al menos 1,400 kcal/sem para mejorar la salud cardiorrespiratoria, 1,500 kcal/sem para detener la progresión

de las lesiones ateroscleróticas y al menos 2,200 Kcals/sem o 5-6 hrs /sem de ejercicio físico regular para la regresión de las lesiones, nivel de actividad que puede ser suficiente para disminuir la HAS, el peso corporal, mejorar la sensibilidad a la insulina, reducir el stress, ansiedad y depresión.<sup>19</sup>

**PROGRESION.** Es individualizar la prescripción del ejercicio de acuerdo a la adaptación lograda por el entrenamiento regular.

### **ESTRUCTURA DE UNA SESION TIPO:**

**CALENTAMIENTO.** Es la primera parte de la sesión, se compone de ejercicios de movilidad articular, estiramientos, para un estado óptimo de preparación física (cardiovascular y musculoesquelética) y psíquica. Durante 5 a 10 minutos con pedaleo uniforme a una velocidad determinada asignada a cada paciente a 105, 120, 150 rpm.

**PARTE PRINCIPAL DE LA SESIÓN.** Predominantemente de tipo aeróbico con ejercicios de estiramiento, flexibilidad, potenciación suave y progresiva; que varían en función de la edad del paciente, estado de salud y nivel de condicionamiento (de acuerdo a la valoración funcional), objetivos y programa establecido. El programa de entrenamiento isocinético de intervalos consta de tres niveles, básico (B), intermedio (I) y avanzado (A), con duración de 10, 10 y 15 minutos respectivamente y tres intensidades de subprogramas en cada nivel, 90, 105 y 120 rpm, siendo en total 9 etapas entre el programa básico y el avanzado.

**ENFRIAMIENTO:** Es la parte final, tiene como objetivo la recuperación cardiovascular del trabajo realizado para evitar complicaciones cardíacas y músculo esqueléticas post ejercicio, debe durar de 5-10 min con intensidad menor al 30 % de la capacidad aeróbica máxima, incluye: ejercicios de estiramiento, relajación, respiratorios y pedaleo entre 90 a 120 rpm porque es el más eficaz.

El control del paciente se lleva a cabo con el establecimiento previo de la FCM, a un 70 a 85% y escala de Borg

**CAMBIOS QUE OCURREN DURANTE EL EJERCICIO.**<sup>27</sup> Durante la fase temprana del ejercicio en posición vertical aumenta el gasto cardíaco por incremento del volumen sistólico mediado por el mecanismo de Frank-Starling y la FC. A cargas de trabajo submáximas prefijadas por debajo del umbral ventilatorio en sujetos sanos, condiciones de estado estable son usualmente logradas minutos después del inicio del ejercicio, y poco tiempo después, la FC, gasto cardíaco, presión sanguínea y la ventilación pulmonar se mantienen a niveles razonablemente constantes.

Durante el ejercicio extremo, la descarga simpática es máxima y la estimulación parasimpática disminuye, con vasoconstricción en muchos sistemas, excepto en el músculo ejercitado, en la circulación cerebral y coronaria; al progresar, el flujo sanguíneo músculo-esquelético se incrementa y la extracción de O<sub>2</sub> es tres veces más, la resistencia periférica total disminuye y la presión sistólica, la presión media y la presión del pulso usualmente se incrementan; la presión diastólica puede permanecer sin cambios o disminuir a un grado mínimo. Esta respuesta está influenciada por la edad ya que declina progresivamente debido a respuestas neurales (1 latido por minuto por año); se eleva más con el ejercicio dinámico que con el isométrico y su respuesta acelerada a cargas de trabajo estandarizadas después de reposo prolongado indica desacondicionamiento. Otros factores son posición corporal, tipo de ejercicio dinámico, estado de salud, condición física, volumen sanguíneo, función del nodo sinusal, medicamentos y desarrollo.

El gasto cardíaco puede incrementarse hasta 4 a 6 veces por arriba de los niveles de base durante el ejercicio extremo, lo que produce aumento de la presión sistólica (de 20 a 30 mm Hg), la presión diastólica usualmente permanece sin cambios o es moderadamente baja y puede ser escuchada hasta cero en sujetos normales. Después del ejercicio máximo la presión sistólica disminuye y alcanza los niveles de reposo en 6 minutos, la reactivación vagal es un importante mecanismo de desaceleración cardíaca después del ejercicio.

Durante la PE, el consumo de O<sub>2</sub> permanece relativamente estable (estado estable) después del 2º minuto de cada intensidad por debajo del umbral ventilatorio. El VO<sub>2</sub> máximo es la mayor cantidad de O<sub>2</sub> que se puede tomar en forma de aire inspirado durante el ejercicio dinámico que involucra gran parte de la masa muscular total; se considera la mejor medida de la capacidad física cardiovascular, porque representa la cantidad de O<sub>2</sub> transportado y utilizado en el metabolismo celular y se relaciona directamente con la FC.

El VO<sub>2</sub> max es influenciado por la edad, con valores máximos de los 15 a 30 años, disminuye en promedio de 8 a 10 % por década en, sedentarios y atléticos; a los 60 años, en hombres es aproximadamente 2/3 de los años 20. Sexo, en mujeres un menor VO<sub>2</sub> max se atribuye a su menor masa muscular, hemoglobina y volumen sistólico. Nivel de actividad, después de 3 semanas en reposo, el VO<sub>2</sub> max disminuye el 25 % en hombres sanos. La actividad moderada en hombres jóvenes es en promedio de 12 METs, en individuos que realizan entrenamiento aeróbico como correr una distancia, pueden tener un VO<sub>2</sub> tan alto como 18 a 24 METs (60 a 85 mL·kg<sup>-1</sup>·min).

La medida exacta del consumo de O<sub>2</sub> miocárdico, requiere cateterización para obtener la cantidad de O<sub>2</sub> venoso y arterial coronario. Durante las PE puede ser estimado por el producto de la FC y la presión sistólica, el cual es llamado doble producto o producto presión- frecuencia, con un rango del percentil 10 de 25,000 al percentil 90 de 40,000. Existe una relación lineal entre el consumo de O<sub>2</sub> miocárdico y el flujo sanguíneo coronario. Durante el ejercicio el flujo coronario se incrementa 5 veces por arriba del nivel de reposo. Un individuo con enfermedad coronaria no puede mantener un adecuado flujo coronario a la región afectada y cubrir las demandas metabólicas del miocardio, por lo que la isquemia se presenta.

**RESPUESTA AL ENTRENAMIENTO.** Existen diferentes adaptaciones que resultan en un efecto de entrenamiento que permiten al individuo sano ejercitarse a cargas de trabajo altas a baja FC en cada nivel submaximal de ejercicio.<sup>27</sup>

Consumo máximo de oxígeno: El volumen de O<sub>2</sub> pico alcanzado durante el ejercicio incremental voluntario no es medido usualmente durante una PE, sino que es estimado de la máxima intensidad de trabajo alcanzado; el incremento en el VO<sub>2</sub>max después del entrenamiento se asocia con mas capacidad del sistema cardiovascular para liberar O<sub>2</sub> (aumento en el gasto cardiaco) y del músculo para utilizarlo (mayor diferencia arteriovenosa).

El aumento en el gasto cardiaco, se logra por incremento del volumen sistólico, los niveles de catecolaminas disminuyen debido a menor actividad del sistema nervioso simpático, el tono parasimpático aumenta por lo que FC y la presión arterial disminuyen (los efectos del entrenamiento pueden lograrse en presencia de beta bloqueadores, tales cambios pueden ser atenuados o no ser detectados hasta después de que la droga es disminuida). Este incremento de la actividad parasimpática previene la fibrilación ventricular durante el ejercicio y el entrenamiento de la resistencia confiere protección de muerte súbita por aumento de la función autonómica cardiovascular.<sup>30</sup>

A nivel músculo esquelético hay un incremento en las enzimas oxidativas (proceso aeróbico), densidad capilar, concentración de mioglobina, glucógeno muscular, y adaptación de fibras musculares tipo II a I, lo que contribuye a mayor capacidad para utilizar O<sub>2</sub>; mejora la resistencia, disminuye el lactato en sangre e incrementa el umbral anaeróbico. La adaptación al ejercicio submaximal está también asociada con un bajo producto presión-frecuencia lo que sugiere reducción de la demanda miocárdica de O<sub>2</sub> para el nivel de trabajo.

En pacientes con CI existe incremento en el VO<sub>2</sub> max con el entrenamiento, aunque la magnitud del cambio es menor. La FC puede ser la misma o levemente mayor y el volumen sistólico aumenta, produciendo incremento en el gasto cardiaco; estos cambios en la FC pueden reflejar mayor esfuerzo aplicado durante la prueba; el gasto cardiaco submaximal puede ser menor a una carga de trabajo dada, con mantenimiento del VO<sub>2</sub> y amplia diferencia arteriovenosa después del entrenamiento, que sugiere mejoría en la eficiencia total para entregar O<sub>2</sub> a los tejidos. La FE mejora si esta disminuida <50 % o normal >50 %, este incremento del volumen sistólico que ocurre con el entrenamiento en corto tiempo se atribuye al aumento del volumen sanguíneo y por lo tanto en la precarga ventricular.

Por la disminución de la frecuencia cardíaca, presión sistólica y catecolaminas circulantes, hay menor demanda y mejoría en el aporte de O<sub>2</sub> miocárdico a cualquier carga de trabajo dada.

El ejercicio físico incrementa las lipoproteínas de alta densidad (HDL), disminuye los triglicéridos y tiene poco efecto en las de baja densidad (LDL), con mejores resultados si se adicionan dieta y medicamentos, estudios donde se ha utilizado la angiografía coronaria cuantitativa han observado disminución de la progresión de las medidas angiográficas de aterosclerosis y reducción en la frecuencia de los eventos coronarios. Su efecto en el exceso de peso es mínimo, sólo produce una disminución del 0 a 2 % en tres meses (mayor efecto si se combina con dieta); disminuye la resistencia a la insulina en tres semanas y mejora el metabolismo de la glucosa en el mismo tiempo.<sup>16</sup>

### **PRUEBA DE ESFUERZO:**

La banda sin fin y el cicloergómetro son los equipos más comúnmente utilizados para pruebas de esfuerzo dinámicas.<sup>27,31</sup>

La **banda sin fin** es la más utilizada, consiste en caminar en un tapiz rodante cuya velocidad e inclinación se modifican en función del protocolo empleado. Los protocolos para PE incluyen calentamiento inicial, ejercicio ininterrumpido progresivo con incremento en las cargas, adecuado intervalo de tiempo en cada nivel y tiempo de recuperación; el más utilizado es el de Bruce, su mayor ventaja son las fases de 3 minutos para adquirir datos submaximales, su desventaja son los incrementos grandes de trabajo con menor estimación del V<sub>O2</sub> max y un 4º estadio que puede ser corriendo o caminando, con diferentes costos de O<sub>2</sub>; el tiempo óptimo para cualquier prueba debe ser de 6 a 12 min, ajustada a las necesidades del paciente. En el protocolo de rampa hay una velocidad de paso relativamente baja, que se incrementa a intervalos fijos ( por ej. 10 a 60 seg.) iniciando en 0 grados, en este la FC aumenta continuamente y no alcanza el estado estable.

La prueba de esfuerzo finaliza cuando el paciente alcanza su FCM esperada o cuando se consigue el consumo energético deseado (cantidad de METS), existen indicaciones absolutas para terminarla: Caída de la presión sistólica > de 10 mmHg de la basal a pesar del incremento en el trabajo, si hay otra evidencia de isquemia. Angina moderada a severa. Incremento de la sintomatología del Sistema Nervioso Central: ataxia, vértigo. Signos de disminución de perfusión: cianosis, palidez. Dificultades técnicas en el monitoreo del ECG o presión arterial. Si el paciente desea parar. Taquicardia ventricular sostenida. Elevación del ST ( ≥ 1.0 mm) en derivaciones sin ondas Q ( diferentes a V1 o aVR). La depresión del segmento ST es la manifestación más común de isquemia miocárdica inducida por el ejercicio, ≥ 10 mV (1 mm) durante 60 a 80 ms.

**Con el cicloergómetro** se permite un mejor control en la producción de potencia. Valores altos de V<sub>O2</sub> y FC se obtienen con velocidades de pedaleo de 50 a 80 rpm, se calibran en kiloponds (kp) o watts (W), un W es el equivalente a ≈ 6 kp-metros por minuto (kp·m/min), debido a que el ejercicio en un cicloergómetro no está en relación al peso, los kiloponds o watts deben convertirse a consumo de O<sub>2</sub> en ml / min.

**FACTORES DE RIESGO.** El concepto de factor de riesgo introducido por el Estudio Cardiológico de Framingham hace aprox. 50 años, representa el "patrón oro" en la valoración del riesgo de Cardiopatía Iquémica; por otra parte, su evaluación es un paso en la prevención terciaria, que orienta la estrategia terapéutica adaptada al nivel de riesgo de Cardiopatía isquémica de cada paciente.

Los factores de riesgo principales o "tradicionales" del estudio Framingham son bien conocidos e incluyen un nivel elevado de colesterol total sérico y LDL, bajos niveles de HDL, Hipertensión Arterial Sistémica, Diabetes Mellitus, tabaquismo y edad, esta última relacionada con el periodo de tiempo durante el cual un individuo está expuesto a factores de riesgo que, progresivamente aumentan la gravedad de la aterosclerosis, índice importante en la ecuación del riesgo.<sup>32</sup> En un estudio sobre predictores de morbi-mortalidad en pacientes con IAM, se encontró a la HAS como importante predictor de morbilidad, no así a la DM que se asoció con mayor mortalidad en pacientes con y sin IAM previo, los pacientes con DM sin IAM previo tienen una mortalidad casi cinco veces más que los no diabéticos con IAM.<sup>33</sup>

Por otro lado, la Sociedad Americana del corazón clasifica la inactividad física como un factor de riesgo mayor independiente, por tener efectos adversos sobre factores de riesgo conocidos y porque la actividad física regular reduce el riesgo de CI.<sup>34</sup>

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Los pacientes con cardiopatía isquémica revascularizados manejados con ejercicio isocinético en relación al isotónico durante la fase III de Rehabilitación Cardíaca presentan disminución de la presión arterial sistémica en menor tiempo?

¿Los pacientes con cardiopatía isquémica revascularizados manejados con ejercicio isocinético en relación al isotónico durante la fase III de Rehabilitación Cardíaca presentan disminución de la frecuencia cardíaca en menor tiempo?

## HIPÓTESIS.

En pacientes con Cardiopatía Isquémica revascularizados, durante la Fase III de Rehabilitación Cardíaca, tratados con ejercicio isocinético tienen mejor respuesta por disminución de la presión arterial sistémica en menor tiempo comparados con el ejercicio isotónico.

En pacientes con Cardiopatía Isquémica revascularizados, durante la Fase III de Rehabilitación Cardíaca, tratados con ejercicio isocinético tienen mejor respuesta por disminución de la frecuencia cardíaca en menor tiempo comparados con el ejercicio isotónico .

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar si el ejercicio isocinético es más eficaz que el isotónico en pacientes con Cardiopatía Isquémica revascularizados durante la fase III de Rehabilitación Cardíaca

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Evaluar si el ejercicio isocinético es más eficaz en la disminución de la presión arterial sistémica en menor tiempo que el isotónico, en pacientes con Cardiopatía Isquémica revascularizados, durante la fase III de Rehabilitación Cardíaca.

Evaluar si el ejercicio isocinético es más eficaz en la disminución de la frecuencia cardíaca en menor tiempo que el isotónico, en pacientes con Cardiopatía Isquémica revascularizados, durante la fase III de Rehabilitación Cardíaca.

## ESPECIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

### VARIABLES INDEPENDIENTES:

TRATAMIENTO CON EJERCICIO ISOCINETICO

TRATAMIENTO CON EJERCICIO ISOTÓNICO

### VARIABLES DEPENDIENTES.

PRESIÓN ARTERIAL SISTÉMICA.

- Presión sistólica
- Presión diastólica

FRECUENCIA CARDIACA

CONDICIONAMIENTO CARDIOVASCULAR.

## DEFINICIÓN OPERACIONAL Y ESCALA DE MEDICION DE LAS VARIABLES

### VARIABLES INDEPENDIENTES:

#### EJERCICIO ISOCINETICO

**DEFINICIÓN:** Tipo de ejercicio dinámicos que se realiza a una velocidad constante, predeterminada y con una resistencia acomodada a través de todo el recorrido articular.

**OPERACIONALIZACION:** El ejercicio Isocinético se llevará a cabo en el Servicio de Isocinesia de la UMFR SXXI, el cálculo de la carga se realizará de acuerdo a las tablas adaptadas de la Clasificación para la Intensidad de la Actividad Física, referencia 21 y de la tabla de Equivalentes Metabólicos en bicicleta ergométrica, referencia 19 (anexo 1), en base a edad, peso, sexo y MET's alcanzados en la fase II de RC. En cicloergómetro isocinético (fitrón), escala de medición de la potencia en kilogrametros (Kgm) a velocidades de 60 y 90 rpm

**ESCALA DE MEDICION:** Cualitativa nominal.

#### EJERCICIO ISOTÓNICO

**DEFINICIÓN:** Tipo de ejercicio que se realiza a velocidad variable y donde la resistencia es constante.

**OPERACIONALIZACION:** Se llevará a cabo en el servicio de Rehabilitación Cardíaca del HC del CMN S XXI, el cálculo de la carga se realizará de acuerdo a las tablas adaptadas de la Clasificación para la Intensidad de la Actividad Física, referencia 21 y de la tabla de Equivalentes Metabólicos en bicicleta ergométrica, referencia 19 (anexo 1), en base a edad, peso, sexo y MET's alcanzados en la fase II de RC, en cicloergómetro isotónico, escala de medición de la potencia en kiloponds (Kps) o Watts, a una velocidad de 60 rpm.

**ESCALA DE MEDICION:** Cualitativa nominal.

## VARIABLES DEPENDIENTES.

### PRESIÓN ARTERIAL SISTÉMICA

**DEFINICIÓN:** Es la presión que guarda la sangre al pasar por las paredes arteriales, dependiente de la frecuencia cardíaca, del gasto cardíaco y de las resistencias periféricas.

**Presión sistólica.** Se define como el primer sonido audible (Fase 1) a través estetoscopio, registrado en el esfigmomanómetro<sup>35</sup>, que corresponde a la máxima presión desarrollada durante la expulsión de sangre por el corazón en contra del sistema arterial.

**Presión diastólica.** Se define como el último sonido audible (Fase 5) a través del estetoscopio, registrado en el esfigmomanómetro<sup>35</sup>, que corresponde a la mínima presión que se puede registrar dentro del sistema arterial.

**OPERACIONALIZACIÓN:** Toma y registro de la presión arterial sistólica y diastólica al inicio y término de la actividad física, diario y semanalmente, después de un periodo de reposo de 15 minutos, y registro de las mismas en el formato correspondiente, para fines de la investigación se tomará en cuenta sólo la del preesfuerzo.

### INDICADORES:

En relación a la Clasificación del 7º Reporte del Comité para la Prevención, Detección, Evaluación y Tratamiento de la Hipertensión Arterial, 2003.<sup>35</sup>

Tabla 1. Clasificación de grados de hipertensión.

Presión Arterial	Presión Sistólica (mmHg)	Presión Diastólica (mmHg)
Normal	< 120	< 80
Pre-hipertensión	120 - 139	80 - 89
Hipertensión Estadio 1	140 - 159	90 - 99
Hipertensión Estadio 2	≥ 160	≥ 100

**ESCALA DE MEDICIÓN:** Cuantitativa discreta, de razón.

### FRECUENCIA CARDIACA.

**DEFINICIÓN:** Se define como la cantidad de veces que late el corazón por minuto en relación con la edad.

**OPERACIONALIZACIÓN:** Igualmente se tomará el pulso al inicio y término de la actividad física, diario y en forma semanal, después de un periodo de reposo de 15 minutos, con registro en el formato correspondiente; para fines de la investigación, se tomará en cuenta sólo la del preesfuerzo.

INDICADORES: En adultos la normal en reposo se ubica entre 60 y 100 latidos por minuto, la bradicardia se define como una FC menor de 60 latidos en tanto que la taquicardia es mayor de 100 por minuto .

ESCALA DE MEDICION: Cuantitativa discreta, de razón

#### CONDICIONAMIENTO CARDIOVASCULAR

DEFINICIÓN: Como medida de eficacia, es un conjunto de atributos innatos o adquiridos del individuo relacionados con la capacidad de realizar una actividad física determinada de forma eficiente.<sup>19</sup>

OPERACIONALIZACION: Para conocerlo será a través del cálculo del doble producto obtenido de multiplicar la presión sistólica máxima por la frecuencia cardiaca, durante la Prueba de Esfuerzo con Protocolo de Bruce.

La Prueba de Esfuerzo se realizará una vez concluidos ambos programas de ejercicio isocinético e isotónico a ambos grupos de tratamiento.

INDICADORES: Doble producto que va de 25,000 a 40,000

ESCALA DE MEDICION: Cuantitativa discreta, de razón.

**MATERIAL Y METODOS**

**DISEÑO DE ESTUDIO**

**ENSAYO CLINICO ALEATORIZADO Y CEGADO**

## CRITERIOS DE SELECCION

### CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- De 35 a 75 años de edad.
- Con factores de Riesgo Cardiovascular: Tabaquismo, HAS, DM tipo 2, Dislipidemias.
- Pertenecientes a la clase B de la Clasificación de los Factores de Riesgo o de Enfermedad para la Práctica de la Actividad Física de la AHA y el ACDM: Pacientes con enfermedad cardiovascular conocida, estable y con bajo riesgo en ejercicio vigoroso pero ligeramente mayor que en las personas aparentemente sanas, incluye personas estables clínicamente con: enfermedad arterial coronaria (IAM), cirugía de revascularización de arterias coronarias o con angioplastia coronaria transluminal percutanea y revascularizados con trombolisis.
- Fracción de eyección (FE) > 40 % y < 75 %
- Que hayan llevado a cabo la I y II Fase de Rehabilitación Cardíaca en el Hospital de Cardiología del CMN SXXI.

### CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN:

- Menores de 35 y mayores de 75 años.
- Dx diferente al de Infarto Agudo del Miocardio.
- Clases A, C y D de la clasificación para la Práctica de la Actividad Física
- De la clase B, pacientes con: angina de pecho, valvulopatía, enfermedad cardíaca congénita, cardiomiopatía y prueba de esfuerzo anormal que no reúna los criterios de la clase C.
- Pacientes con DM tipo 1 o con DM tipo 2 descompensada.
- Obesidad mórbida.
- Enfermedad pulmonar severa.
- Alteraciones neurológicas
- Patología osteoarticular limitante.

### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Pacientes que no terminen el programa establecido.
- Síntomas de isquemia (malestar torácico, epigástrico, en espalda, hombro, brazo, muñeca o mandíbula durante el reposo o el esfuerzo de 20 min. o más de duración) durante el ejercicio o agudización de la enfermedad coronaria.
- Salida del estudio solicitada por el paciente.
- No asistencia a 3 sesiones por parte del paciente.
- Depresión o negación.

## **SUJETOS**

El estudio se realizó de los meses de julio a diciembre de 2003. Se incluyeron pacientes con diagnóstico de Cardiopatía Isquémica revascularizados, de cualquier sexo, entre 35 y 75 años de edad, dados de alta del servicio de RC del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, del Instituto Mexicano del Seguro Social, delegación 3 Suroeste del DF, que hayan llevado a cabo las Fases I y II de RC; para que continuaran su entrenamiento cardiovascular como parte de la Fase III.

La población total se constituyó por 26 pacientes de acuerdo a los criterios de inclusión, se estableció comunicación con ellos en forma directa o por vía telefónica, posterior a la firma de consentimiento informado se dividieron aleatoriamente en 2 grupos:

El grupo 1 (experimental) con 13 pacientes recibió tratamiento en biciergómetro isocinético (fitrón), en el servicio de Isocinesia de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación S XXI.

El grupo 2 (control) con 13 pacientes recibió tratamiento convencional con ejercicio en biciergómetro isotónico en el servicio de Rehabilitación Cardíaca del Hospital de Cardiología del CMN S XXI.

Los programas de condicionamiento cardiovascular con ejercicio isocinético e isotónico iniciaron una vez finalizada la fase II de RC, a las 5-6 semanas del episodio agudo o de la cirugía con duración de 2 meses cada uno.

En ambos grupos se efectuaron 2 valoraciones con Prueba de Esfuerzo, al inicio y a los 2 meses del tiempo de entrenamiento establecido, final del tratamiento, fueron realizadas por un médico cardiólogo que desconocía el manejo de los pacientes. Se llevó a cabo un registro diario y semanal de la presión arterial y frecuencia cardíaca.

12 pacientes del grupo experimental y 12 del grupo control recibían tratamiento con bloqueadores beta adrenérgicos para el control de la presión arterial sistémica, 1 paciente de cada grupo no recibía este tratamiento.

Para el control de variables universales se tomaron niveles de colesterol total, LDL, HDL, triglicéridos y glucosa al inicio y término del periodo de entrenamiento, así mismo se llevó un registro del peso y talla.

Como parte integral del manejo se mantuvo comunicación vía telefónica del paciente con el equipo de Rehabilitación para despejar dudas o aconsejar sobre posibles complicaciones y se expusieron algunas charlas para reforzamiento en la educación sobre aspectos de la enfermedad, factores de riesgo y desarrollo del programa domiciliario (caminata) insistiendo en la importancia del autocontrol, normas generales de entrenamiento en cuanto a intensidad (programado individualmente según peso, edad y resultado de la PE, con una FCM del 70-85 %, técnica de toma del pulso (radial o carotídeo), consejo sobre patrón de conducta recomendado, recomendaciones de como volver a sus Actividades de la Vida Diaria Humana, actividades recreativas y vida sexual, orientación laboral y reintegración al trabajo.

## **PROCEDIMIENTOS:**

La historia clínica se realizó con datos que se obtuvieron del expediente o por interrogatorio directo, acerca de los factores de riesgo cardiovasculares, patología del paciente, procedimiento de revascularización y exámenes de laboratorio, para la valoración del riesgo cardiovascular y se registraron en el documento correspondiente (Anexo 3).

## **PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO FÍSICO.**

SE REALIZÓ DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS EN CUANTO A:

**INTENSIDAD:** Se mantuvo entre el 70 al 85 % de la FCM para alcanzar los incrementos de la capacidad aeróbica, durante la parte principal de la sesión.

Teniendo en cuenta que la FC se correlaciona linealmente con el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), se utilizó como guía para determinar la intensidad del ejercicio. Esta FC conocida como "pulso de entrenamiento", se determinó mediante la PE y según la siguiente fórmula:

$$\text{Edad} \times .66 - 215$$

De igual manera se utilizó la escala de esfuerzo percibido de Borg de 20 puntos.

**FRECUENCIA:** El paciente acudió a las sesiones de ejercicio 3 veces por semana y realizó su caminata en casa los días restantes, en superficie plana, 30 minutos, al 75 % de su FCM.

**DURACIÓN:** Ambos grupos de tratamiento realizaron sesiones de ejercicio de 20 a 45 minutos de duración divididos en:

Calentamiento, duración 5-10 minutos: 5 minutos de movimientos y estiramientos articulares de las 4 extremidades así como de tronco y 5 minutos con pedaleo uniforme en biciergómetro isocinético, fitrón (grupo experimental) o en el isotónico (grupo control), a 120 ó 150 rpm.

Parte principal de la sesión, duración 20 a 30 minutos para ambos grupos de tratamiento: En biciergómetro isocinético, fitrón (experimental) o en isotónico (control), de acuerdo a edad, peso, sexo y MET's alcanzados en la PE final de fase II de cada paciente, de acuerdo a la tabla de valores (Anexo 1).

Enfriamiento, duración 5-10 minutos: 5 minutos de pedaleo a 150 rpm sin resistencia y 5 minutos de ejercicios de estiramientos, relajación y respiratorios.

#### **TIPO DE EJERCICIO.**

1.- Isocinético. Se realizó a velocidades constantes y resistencia acomodada según la capacidad del individuo, logrando un metabolismo energético de tipo aeróbico, con biciergómetro isocinético (fitrón), graduado en kilográmetros.

Se utilizó un programa de intervalos a 2 velocidades diferentes, 60 y 90 rpm con incrementos progresivos de carga y tiempo por semana. A 60 rpm se utilizaron cargas de 200, 400, 600 ó 700 kgm y a 90 rpm de 300, 600 y 750 kgm, en ocasiones hubo necesidad de cargas intermedias. Se inició el programa con intervalos de tiempo de 1 y 2 minutos para cada carga y se terminó con 8 y 4 minutos hasta cubrir el tiempo requerido de 20 y 30 minutos respectivamente dependiendo de la capacidad individual.

Al pasar de una velocidad a otra se otorgó un período de descanso de 30 segundos y se registró la FC en el caso del ejercicio isocinético. También al inicio y final del ejercicio se tomaron FC y presión arterial.

Pacientes del sexo femenino realizaron el ejercicio restándole 1 a 2 MET's para el cálculo de la intensidad.

2.- Isotónico. Se realizó con biciergómetro isotónico graduado en kiloponds y watts. Con el programa convencional establecido a 60 rpm iniciando con 25 ó 50 watts e incrementos progresivos de 25 watts por semana hasta llegar a un máximo de 150, en un tiempo promedio de 30 minutos. Al inicio y final del ejercicio se tomaron FC y presión arterial.

El estudio fue financiable con los recursos en donde se llevó a cabo la Investigación, es decir de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI y del Hospital de Cardiología del CMN SXXI, del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Para el análisis estadístico se obtuvieron los promedios de todas las variables. Se utilizó la prueba T de Student para valoración de resultados al inicio y final de los tratamientos para la frecuencia cardíaca, la prueba U de Mann Wittney para la presión arterial y la de Wilcoxon para el doble producto. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 11.0

Se seleccionaron a todos los miembros de la población accesible (pacientes que hubieran terminado la Fase II de RC), por muestreo no probabilístico, de conveniencia, aleatorizando en forma alternativa a uno u otro grupo.

**ASPECTOS ÉTICOS:** El siguiente trabajo se realizó tomando como base las Consideraciones de las Normas e Instructivos Institucionales en Materia de Investigación Científica, así mismo las Recomendaciones para Guiar a los Médicos en la Investigación Biomédica, que involucre seres humanos adaptadas de la 18ava. Asamblea Médica Mundial, en Helsinki Finlandia en 1964, última revisión en la 41ª Asamblea Médica Mundial de Hong kong en septiembre de 1989.

"Es la misión del médico velar por la salud de las personas, su conocimiento y su conciencia deben estar completamente dedicados a cumplir esta misión". La Declaración de Génova de la Asociación Médica Mundial une al médico con las palabras: "La salud de mi paciente será mi primera consideración" y el Código Internacional de Ética Médica declara que: "Cualquier acto o consejo que pudiera debilitar la resistencia física y mental de un ser humano debe ser usada únicamente en su propio beneficio".

## RESULTADOS

Para la aplicación del tratamiento se seleccionaron 33 pacientes con diagnóstico de Cardiopatía Isquémica revascularizados, que hubieran llevado a cabo la fase II de RC. 26 de ellos cumplieron con los criterios de inclusión. Fueron excluidos 7, 5 por abandono de tratamiento, 1 por hematuria de origen prostático y 1 por lumbalgia aguda.

13 pacientes pertenecieron al grupo de ejercicio isocinético (grupo experimental), 12 (92 %) hombres y 1(8 %) mujer, con edad promedio de 59 años y 13 pacientes al grupo de ejercicio isotónico (grupo control), 11 (85 %) hombres y 2 (15 %) mujeres, con edad promedio de 58 años.

En el grupo experimental la disminución promedio de la presión sistólica fue de 8 mmHg y de la diastólica de 7 mmHg. En el grupo control la disminución de la primera fue de 3 mmHg y la segunda no disminuyó.

Para el análisis de la presión arterial sistémica se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para comparar la diferencia entre dos medias en dos muestras independientes. La disminución de la presión sistólica fue significativamente mayor en la 3er y 7ª semana de tratamiento y para la presión diastólica de la 2ª a la 7ª (a excepción de la 5ª) en el grupo de ejercicio isocinético, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$

Tabla 2. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para la presión sistólica.

	Basal	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
U de M Whitney	62.5	82.5	71.0	42.0	59.0	61.0	56.5	38.5
Valor p	0.264	0.920	0.511	0.029	0.204	0.243	0.153	0.016

Fuente: Resultados de estudio. UMFR SXXI. 2003

Tabla 3. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney para la presión diastólica.

	Basal	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
U de M Whitney	66.5	50.5	43.0	29.5	33.0	59.0	32.0	24.0
Valor p	0.362	0.081	0.34	0.003	0.007	0.204	0.006	0.001

Fuente: Resultados del estudio. UMFR SXXI. 2003

La prueba T de Student se aplicó para valorar los cambios de la frecuencia cardiaca al inicio y al final de los tratamientos, (1er y 7ª semana). El grupo de ejercicio isocinético (experimental) presentó un promedio de 63 y 68 latidos por minuto y el grupo de ejercicio isotónico (control) de 67 y 70 latidos por minuto respectivamente, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, con un nivel de significancia de  $p > 0.05$  (tabla 3)

Tabla 4. Resultados de la prueba T de Student para la FC

	Basal	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
TStudent	-1.857	-1.161	-1.375	-0.117	-0.784	-1.282	-0.604	-1.674
Valor p	0.076	0.257	0.182	0.908	0.441	0.212	0.552	0.107

Fuente: Resultados del estudio. UMFR SXXI. 2003

Para el doble producto se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para valoración inicial y final intragrupos en variables dependientes, con una diferencia estadísticamente no significativa y un nivel de significancia de  $p = 0.192$

Todos los pacientes presentaron mejor tolerancia al ejercicio; en el grupo experimental, la cantidad de METs de la última prueba de esfuerzo, aumentó en promedio 0.74 y en el grupo control 0.5.

El peso corporal y el IMC promedio para ambos grupos permaneció sin cambios.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio la presión sistólica presentó una disminución estadísticamente significativa a la tercera y séptima semanas de tratamiento en el grupo de ejercicio isocinético (experimental).

La literatura refiere que después de un periodo de entrenamiento de 3 meses con ejercicio de tipo isotónico, la presión sistólica disminuye en promedio 10 mmHg en pacientes hipertensos<sup>27</sup>; en nuestra investigación la disminución promedio fue de 8 mmHg con el ejercicio isocinético, pero en menor tiempo (3ª y 7ª semana). Con el isotónico (control) sólo disminuyó 3 mmHg.

La presión diastólica presentó disminución estadísticamente significativa desde la 2ª semana de tratamiento en el grupo de ejercicio isocinético (experimental).

La literatura refiere que después de 16 a 36 semanas de entrenamiento con actividad física moderada, la presión diastólica disminuye en promedio 7.5 mmHg<sup>27</sup>; en el presente estudio la disminución promedio fue de 7 mmHg con el ejercicio isocinético, pero en menor tiempo (2ª semana). Con el isotónico (control) no disminuyó en el mismo periodo de tiempo.

Se ha demostrado que con el ejercicio isocinético la presión arterial sistémica disminuye en menor tiempo con mayor significancia estadística en la diastólica que en la sistólica.

La frecuencia cardiaca no mostró variación en tiempo en un mismo grupo y entre ambos grupos de entrenamiento sin diferencia estadísticamente significativa. En relación a Investigaciones previas, se ha comprobado que el ejercicio regular también produce disminución de la FC, posiblemente por el tiempo en que se llevó a cabo la investigación (7 semanas), lo esperado para observar el efecto tendría que ser mayor; el ejercicio isocinético no tiene mayor efecto en el tiempo de la disminución de la frecuencia cardiaca en comparación con el isotónico.

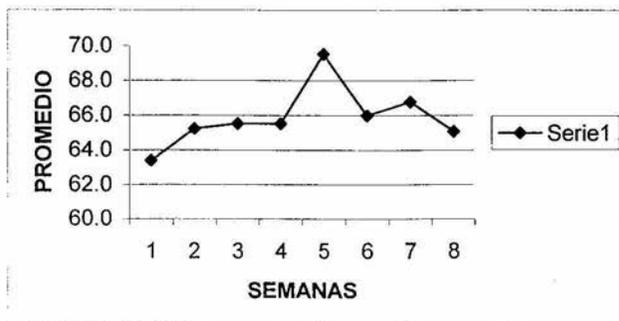
El doble producto aumentó en ambos grupos, no siendo estadísticamente significativo, probablemente por los cambios más específicos en la presión diastólica, en el grupo de ejercicio isocinético.

## CONCLUSIONES

1. El ejercicio isocinético puede aplicarse en programas de Rehabilitación Cardíaca dentro de un rango de seguridad-beneficio en pacientes cuidadosamente seleccionados con Cardiopatía Isquémica revascularizados, al igual que el ejercicio isotónico produce aumento de la presión arterial y frecuencia cardíaca con regreso a los niveles de normalidad en reposo.
2. El ejercicio isocinético es eficaz en la reducción de la presión arterial sistólica y diastólica en menor tiempo en relación con el ejercicio isotónico, con mayor efecto en la reducción de la diastólica.
3. Ambos tipos de ejercicio isocinético e isotónico no produjeron cambios en la frecuencia cardíaca en el tiempo establecido, la disminución de la misma probablemente ocurra en mayor tiempo, como lo reportado en la literatura para el ejercicio isotónico.
4. El condicionamiento cardiovascular expresado en el doble producto, aumentó en ambos grupos, porque depende de la frecuencia cardíaca y presión sistólica, por los cambios más específicos en la presión diastólica.
5. En el presente estudio se demostró que al igual que el ejercicio isotónico, el ejercicio isocinético mejora el condicionamiento cardiovascular.

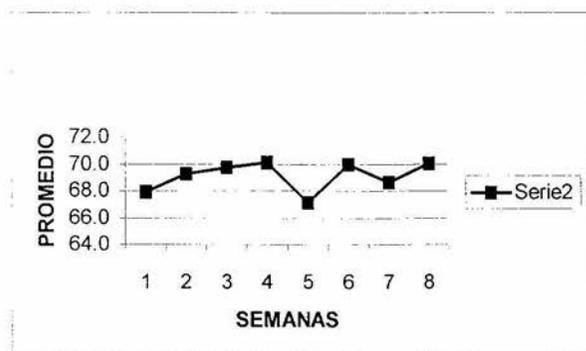
## **GRAFICAS Y ANEXOS**

**GRÁFICA 1. FRECUENCIA CARDIACA. GRUPO DE EJERCICIO ISOCINÉTICO**



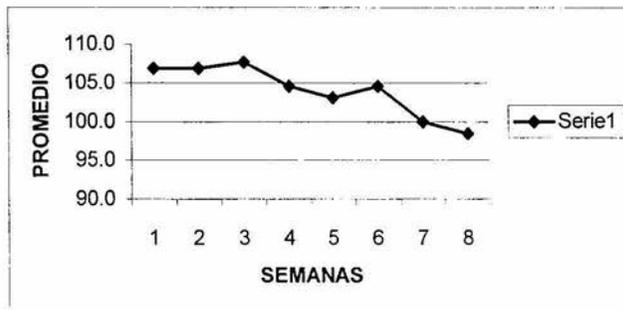
Fuente: Resultados del estudio. UMFR SXXI. 2003

**GRAFICA 2. FRECUENCIA CARDIACA. GRUPO DE EJERCICIO ISOTONICO**



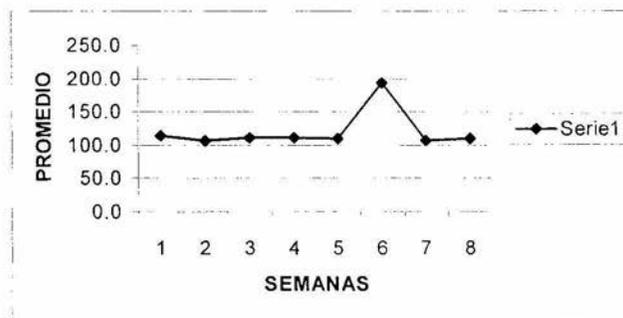
Fuente: Resultados del estudio. UMFR SXXI. 2003

**GRAFICA 3. PRESION SISTÓLICA. GRUPO DE EJERCICIO ISOCINETICO**



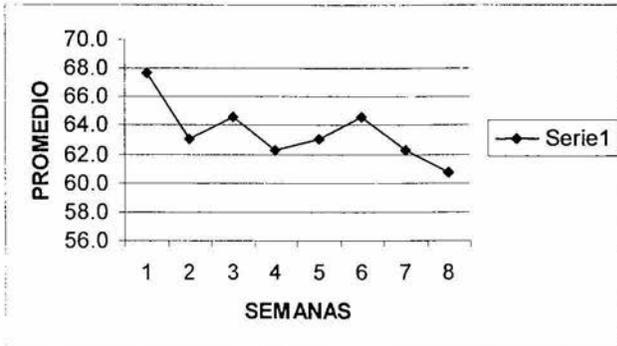
Fuente: Resultados del estudio UMFR SXXI. 2003

**GRAFICA 4. PRESION SISTÓLICA GRUPO DE EJERCICIO ISOTONICO**



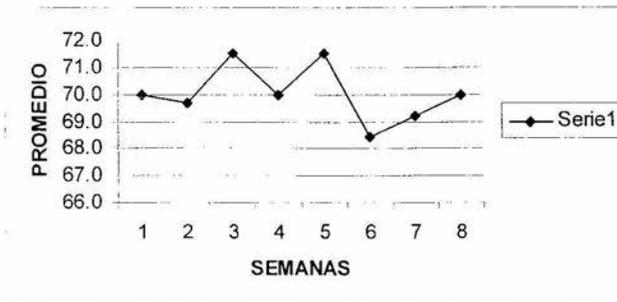
Fuente: Resultados del estudio UMFR SXXI. 2003

**GRAFICA 5. PRESION DIASTOLICA. GRUPO DE EJERCICIO ISOCINÉTICO**



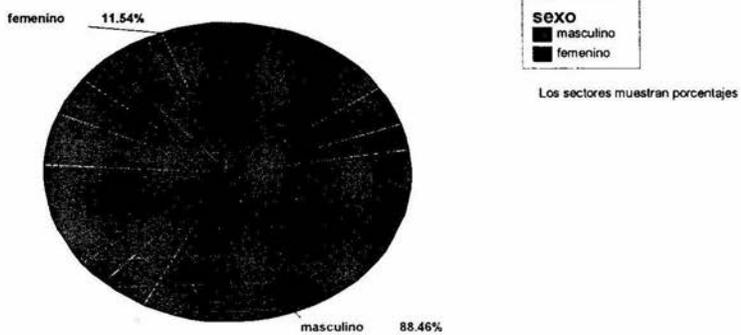
Fuente: Resultados del estudio UMFR SXXI. 2003

**GRAFICA 6. PRESION DIASTOLICA. GRUPO DE EJERCICIO ISOTONICO**



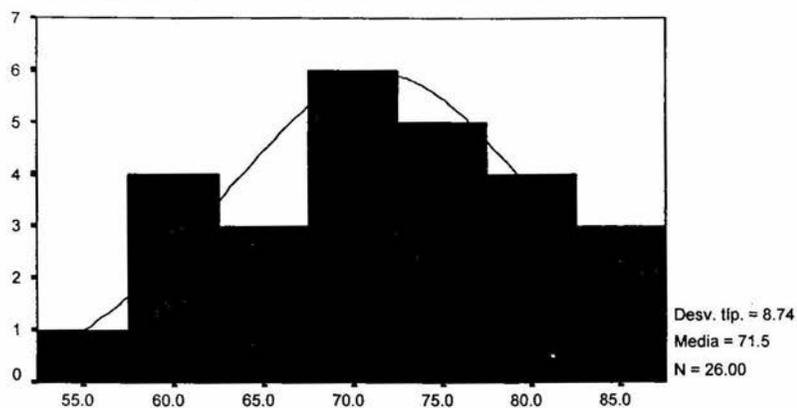
Fuente: Resultados del estudio UMFR SXXI. 2003

### Gráfica circular de la distribución por sexo



Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSigoXXI 2003.

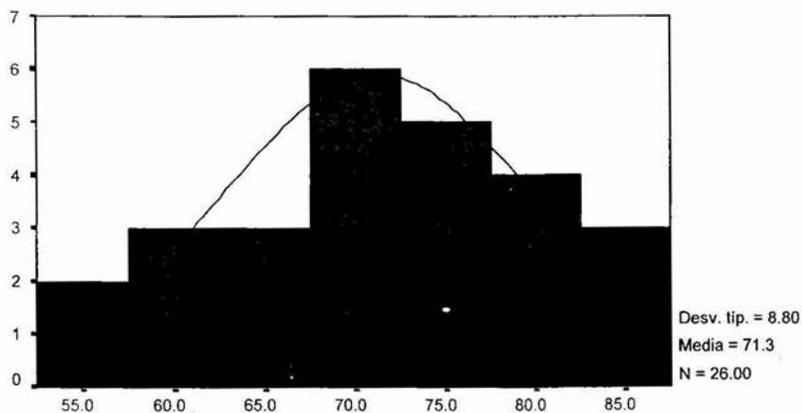
### Histograma para la distribución por Peso inicial



PESO1

Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSXXI, 2003

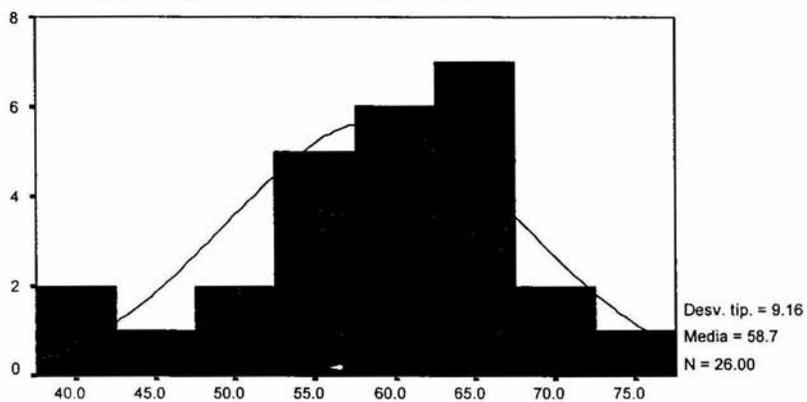
### Histograma para la distribución por Peso final



PESO2

Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSXXI, 2003

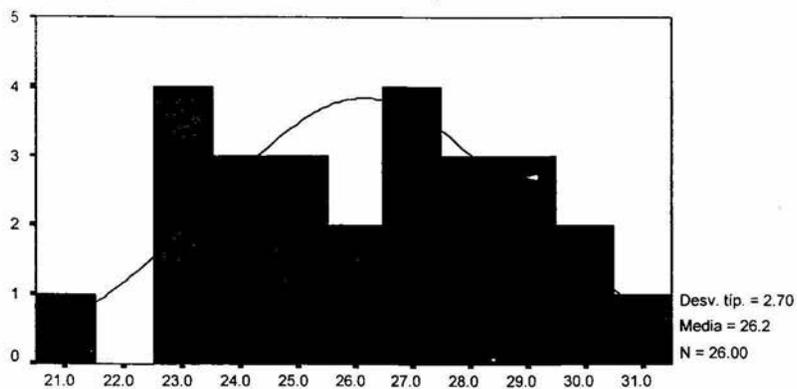
### Histograma para la distribución por Edad



EDAD

Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSXXI, 2003

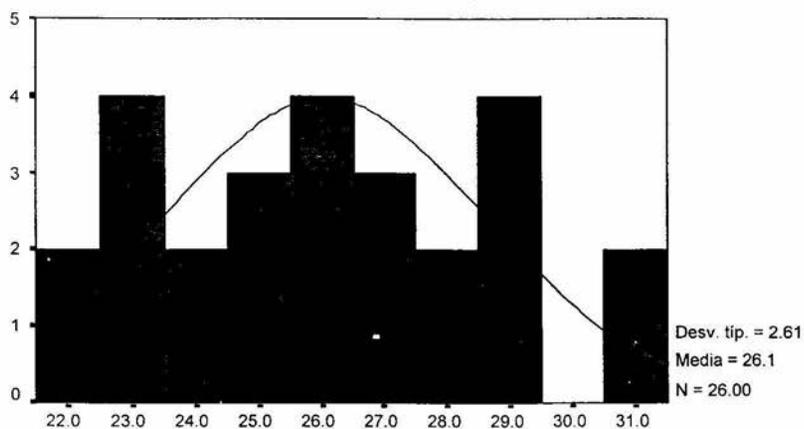
### Histograma para la distribución por IMC inicial



IMC1

Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSXXI, 2003

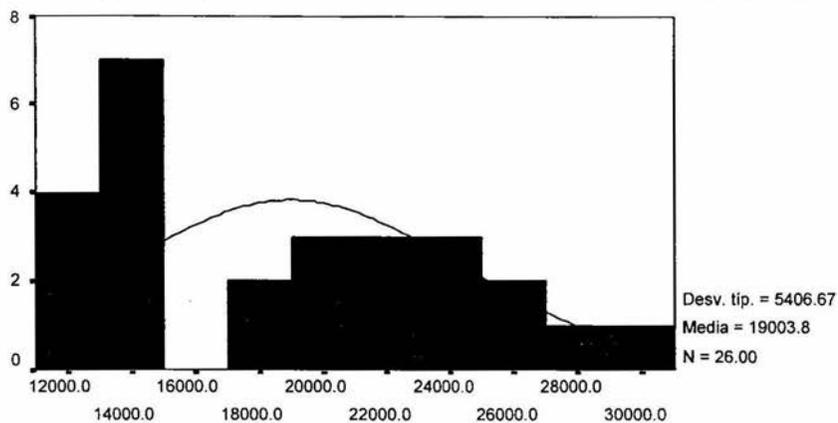
### Histograma para la distribución por IMC final



IMC2

Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSXXI, 2003

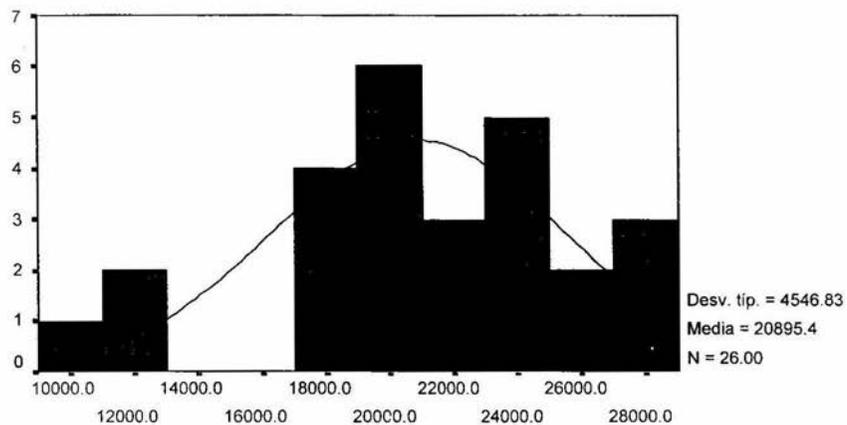
Histograma para la distribución del Doble Producto inicial



DPB1

Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSXXI, 2003

Histograma para la distribución del Doble Producto final



DPF1

Fuente: Base de datos del Protocolo de Investigación, UMFRSXXI, 2003

Anexo 1

PROGRAMA: Para entrenamiento cardiovascular.

Programa de entrenamiento con ejercicio isocinético a una FCM de 70- 85 % y escala de Borg de 20 puntos.

Edad	Peso (kg)	MET's	kponds	Watts	Kgm
	54-54	9.2	750	125	340
	55-59	10.0	900	150	408
	60-64	9.2	900	150	408
<b>30 - 39 a.</b>	65-69	9.85	1050	175	476
	70-74	9.2	1050	175	476
<b>7.2-10.1 MET's</b>	75-79	9.75	1200	200	544
	80-85	9.2	1200	200	544
	85-89	8.8	1200	200	544
	90-94	10.1	1500	250	680
	95-99	9.65	1500	250	680
	100-104	9.2	1500	250	680
	105-109	8.83	1500	250	680

Edad	Peso	MET's	Kponds	Watts	Kgm
	50-54	7.7	600	100	272
	55-59	7.2	600	100	272
	60-64	7.9	750	125	340
<b>40 - 64 a.</b>	65-69	7.45	750	125	340
	70-74	8.1	900	150	408
<b>6.0-8.4 MET's</b>	75-79	7.7	900	150	408
	80-84	8.3	1050	175	476
	85-89	7.9	1050	175	476
	90-94	8.4	1200	200	544
	95-99	8.05	1200	200	544
	100-104	7.7	1200	200	544
	105-109	7.4	1200	200	544

Edad	Peso	MET's	Kps	Watts	Kgm
	50-54	6.1	450	75	204
	55-59	5.75	450	75	204
	60-64	6.6	600	100	272
<b>65 - 75 a.</b>	65-69	6.25	600	100	272
	70-74	5.9	600	100	272
<b>4.8-6.7 MET's</b>	75-79	6.65	750	125	340
	80-84	6.30	750	125	340
	85-89	6.05	750	125	340
	90-94	6.6	750	125	340
	95-99	6.26	750	125	340

Adaptado de las referencias 26 y 27.

Anexo 2

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

---

Nombre: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_  
No afiliación: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_

Por medio de la presente acepto en forma libre y voluntaria mi participación en el proyecto de investigación titulado: **"Eficacia de un programa de ejercicio isocinético en pacientes con Cardiopatía Isquémica revascularizados, durante la fase III de Rehabilitación Cardíaca"**.

Cuyo objetivo consiste en comparar el beneficio cardiovascular del ejercicio isocinético contra el isotónico durante la fase III de Rehabilitación cardíaca.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en la realización de un programa de condicionamiento cardiovascular a través de ejercicio Isocinético o Isotónico, prueba de esfuerzo, control de lípidos y glucosa por laboratorio, así como toma de peso y talla como parte de la fase III de Rehabilitación Cardíaca

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los riesgos (datos de isquemia durante el ejercicio) y beneficios derivados de mi participación en el estudio.

El investigador principal se ha comprometido a darme información oportuna sobre cualquier procedimiento alternativo adecuado que pudiera ser ventajoso para mi tratamiento, así como a responder preguntas y aclarar dudas acerca de las intervenciones que se llevarán a cabo, riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación o con mi tratamiento.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en el momento en que lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención médica que recibo del Instituto.

\_\_\_\_\_  
Firma del paciente

Testigos

\_\_\_\_\_  
1.- Nombre y firma

\_\_\_\_\_  
2.- Nombre y firma

Anexo 3

**HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

**Protocolo: Eficacia de un programa de ejercicio isocinético en pacientes con Cardiopatía Isquémica revascularizados, durante la fase III de Rehabilitación Cardiaca.**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 No. de afiliación: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_  
 Domicilio: \_\_\_\_\_ Tel: \_\_\_\_\_  
 Edo. Civil: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_  
 Peso: \_\_\_\_\_ Talla: \_\_\_\_\_

**ANTECEDENTES HEREDO-FAMILIARES:**

Diabetes Mellitus: \_\_\_\_\_ Hipertensión arterial sistémica: \_\_\_\_\_  
 Cardiopatía isquémica: \_\_\_\_\_ Dislipidemia: \_\_\_\_\_  
 Obesidad: \_\_\_\_\_ Enfermedad vascular cerebral: \_\_\_\_\_

**ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS:**

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULARES Y LABORATORIOS**

	BASAL	2 MESES
Edad.		
Sexo.		
Diabetes mellitus 2		
Hipertensión arterial		
Obesidad		
IMC		
Sedentarismo		
Tabaquismo.		
Stress		
Personalidad A		
Dislipidemia		
Glucosa		
Colesterol total		
LDL		
HDL		
Triglicéridos		
Hb.		
Hto.		
K		
Na		
Urea		
Creatinina		
Acido úrico		
Talio		

## HISTORIA CARDIOVASCULAR

Fecha del evento: \_\_\_\_\_  
Tipo de IAM: \_\_\_\_\_  
Cambios electrocardiográficos: \_\_\_\_\_  
Fecha de ingreso: \_\_\_\_\_ Motivo del mismo: \_\_\_\_\_

Coronariografía: \_\_\_\_\_

Ecocardiografía: \_\_\_\_\_

Procedimiento de revascularización, Fecha: \_\_\_\_\_

Fecha de egreso: \_\_\_\_\_  
Fecha de inicio de Fase II de RC: \_\_\_\_\_ Fecha de término: \_\_\_\_\_  
METs alcanzados: \_\_\_\_\_  
Caminata: Distancia: \_\_\_\_\_ Tiempo: \_\_\_\_\_

FRACCIÓN DE EYECCIÓN: \_\_\_\_\_

## PRUEBA DE ESFUERZO:

Protocolo: Bruce: \_\_\_\_\_ Bruce modificado: \_\_\_\_\_  
FCM: \_\_\_\_\_

	Inicial	Final
Fecha		
TA basal		
TA máxima		
TA postesfuerzo		
FC basal		
FC máxima		
FC postesfuerzo		
Doble producto		
MET's		
Tiempo		



**Anexo 5**

**HOJA DE REGISTRO DIARIO. Tratamiento con Ejercicio Isotónico.**

Nombre: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_  
 No. de afiliación: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

**EJERCICIO:** Isotónico

**HISTORIA CARDIOVASCULAR:**

IAM: \_\_\_\_\_

Procedimiento de revascularización:  
 \_\_\_\_\_

MET's alcanzados en fase II: \_\_\_\_\_  
 MET's de acuerdo a edad y peso: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_  
 Kpnds/wats: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Kgm: \_\_\_\_\_

FC Máxima: \_\_\_\_\_ 70% / 85% de FC máxima: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

	Basal	1ª sem	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
Fecha									
Carga									
Tiempo									
FC									
TA									
Borg.									
Observ.									

Fecha									
Carga									
Tiempo									
FC									
TA									
Borg									
Observ.									
Fecha									
Carga									
Tiempo									
FC									
TA									
Borg									
Observ.									
Fecha									
Carga									
Tiempo									
FC									
TA									
Borg									

## BIBLIOGRAFÍA:

1. [http://www.salud.gob.mx/apps/htdocs/estadisticas/mortalidad/2001/mortalidad\\_co5\\_20\\_01.xls](http://www.salud.gob.mx/apps/htdocs/estadisticas/mortalidad/2001/mortalidad_co5_20_01.xls)
2. Fuente SIMO Hospital de Cardiología, CMN SXXI
3. Moroto JM. Rehabilitación cardíaca. Olalla cardiología. pp 540
4. Barquín M. HISTORIA DE LA MEDICINA. 8ava ed. Mendez Editores. Impreso en México, 1994, p 154
5. Moroto JM, et al. Rehabilitación del paciente coronario. Prevención secundaria. Documento del grupo de Trabajo de Rehabilitación Cardíaca de la Sociedad Española de cardiología. Rev Esp Cardiol 1995; 48: 643-649.
6. Documentos de Rehabilitación Cardíaca del HC del CMN S XXI
7. Davis GJ. A compendium of isokinetics in Clinical Usage. 2a. ed., pp 520.
8. Dvir Z. Isokinetics. Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications. Churchillivingstone, 1996, pp199.
9. Pearson TA, et al. Compendio de Cardiología Preventiva. Am Heart Association. 1996, Fasc I p 11-15.
10. Consensus Document. Myocardial infarction redefined – A consensus document of The Joint European Society of Cardiology/ American College of Cardiology Committee for the Redefinition of Myocardial Infarction. European Heart Journal (2000) 21, 1502-1513,
11. Ryan TJ, et al. ACC/AHA Guidelines for the Management of Patients with Acute Myocardial Infarction. Journal the American College of Cardiology JACC. Sep 1999; 34(3): 890-911.
12. Eagle K., et al. ACC/AHA Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: Executive Summary and Recommendations. Circulation 1999; 100: 1464-1480.
13. Holmes, D. et al. ACC Expert Consensus Document on Coronary Artery Stents. Journal American College of Cardiology; 32(5): 1471-82.
14. Vanhees AL. Representative Study of Cardiac Rehabilitation Activities in European Union Member States. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation. 2002, 22: 264-272.
15. Stone JA, et al. Canadian guidelines for cardiac rehabilitation and atherosclerotic heart disease prevention: a summary. Can J. Cardiol. 2001; 17, (suppl B): IB-32B.
16. Philip A. Medical Progress: Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention of Coronary Heart Disease. The New England Journal of Medicine. Sep 2001. 345(12):892-902.

17. Balady GJ et al. Changes in Exercise Capacity Following Cardiac Rehabilitation in Patients Stratified According to Age and Gender. *J Cardiopulmonary Rehabil.* Jan 1996, 16(1):38-46.
18. Williams MA et al. Early Exercise Training in Patients Older than Age 65 Years Compared with that in Younger Patients After Acute Myocardial Infarction or Coronary Artery Bypass Grafting. *The American Journal of cardiology.* Feb 1985, 55: 263-66.
19. González A. et al. Ejercicio Físico Para La Salud. *Revista Mexicana de Cardiología.* Oct-Dic 2001; 12(4): 168-180.
20. Nelson AG. Consequences of Combining Strength and Endurance Training Regimens. *Physical Therapy.* 1990 may; 70(5): 287-94.
21. Oldridge NB et al. Improvement in Maximal Isokinetic Cycle Ergometry with Cardiac Rehabilitation. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1989 Jan; 21(3): 308-12.
22. Mc Cartney et al. Maximal Isokinetic Cycle Ergometry in Patients with Coronary Artery Disease. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1989 Jan; 21(3): 313-18.
23. Iellamo F. Effects of Isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. *Eur L Appl Physiol.* 1997; 75: 89-96.
24. Haennel, et al. Changes in Blood Pressure and Cardiac Output During Maximal Isokinetic Exercise. *Arch Phys Med Rehabil.* Feb 1992; 73: 150-155.
25. Marzorati M. Metabolic and Cardiorespiratory Responses to Maximal Intermittent Knee Isokinetic Exercise in Young Healthy Humans. *Eur J Appl Physiol.* 2000; 81: 275-80.
26. Manual del Fitrón. Cybex. Pags. 2 a 30.
27. Fletcher G, et al. Exercise Standards for Testing and Training. *Circulation.* Oct 2001; 104: 1694-1740.
28. ACSM Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(6): 992-1008.
29. Sidney CS et al. AHA/ACC Guidelines for Preventing Heart Attack and Death in Patients With Atherosclerotic Cardiovascular Disease: 2001 Update. Sept 2001; 104:1577-79.
30. Carter JB et al. Effect of Endurance Exercise on Autonomic Control of Heart Rate. *Sports Med.* 2003; 33(1): 33-46.
31. Gibbons RJ. ACC/AHA Guidelines for Exercise Testing. July 1997, *JACC* 30(1): 260-315.
32. Pearson T. Nuevas herramientas para la evaluación del Riesgo Coronario. *Circulation.* Junio 2002; 9(5): 233-39.
33. Cheuk-Man et al. Clinical Predictors of Morbidity and Mortality in Patients With Myocardial Infarction or Revascularization Who Underwent Cardiac Rehabilitation, and Importance of Diabetes Mellitus and Exercise Capacity. *The American Journal of Cardiology.* Feb 2000; 85: 344-49.

34. Grundy SM et al. Assessment of Cardiovascular Risk by Use of Multiple-Risk-Factor Assessment Equations. *Circulation*. Sep 1999; 100:1481-92.
35. Chobanian A., et al. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure. *JAMA*. May 2003; 289.