

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

Facultad de Medicina



**CENTRO MÉDICO NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE
ISSSTE**

**“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DEL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO ISOCINÉTICO
VERSUS EL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO ISOTÓNICO RESISTIDO APLICADO EN
PACIENTES POSOPERADOS DE ARTROPLASTIA DE RODILLA DEL CENTRO MÉDICO
NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE 2012-2013”**

**TESIS DE POSGRADO
Para obtener el TÍTULO de la
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

**Presenta
DRA. KARLA VERÓNICA MÁRQUEZ MANRÍQUEZ
REGISTRO 017.2013**

**ASESORES DE TESIS:
DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA
DRA. MACARENA MONTOYA OLVERA**



MÉXICO, D.F., FEBRERO 2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"

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



"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DEL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO ISOCINÉTICO
VERSUS EL PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO ISOTÓNICO RESISTIDO APLICADO EN
PACIENTES POSOPERADOS DE ARTROPLASTIA DE RODILLA DEL CENTRO MÉDICO
NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE 2012-2013"

ASESORES DE TESIS:

DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA

MÉDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN

DRA. MACARENA MONTOYA OLVERA

MÉDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN

INVESTIGADOR:

DRA. KARLA VERÓNICA MÁRQUEZ MANRÍQUEZ

DRA. AURA ARGENTINA ERAZO VALLE SOLÍS
Subdirectora de Enseñanza e Investigación

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

DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA
Médico Adscrito del Servicio de Medicina Física y Rehabilitación

DRA. MACARENA MONTOYA OLVERA
Médico Adscrito del Servicio de Medicina Física y Rehabilitación

DRA. KARLA VERÓNICA MÁRQUEZ MANRÍQUEZ
Autor y Médico Residente del Curso de Medicina de Rehabilitación del CMN "20 de Noviembre"

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A Víctor Varela: Gracias por todo tú apoyo infinito, amor, comprensión y ánimo brindado a lo largo de estos 4 años. Te amo!

A Leonardito: Gracias porque aunque aún no llegas a este mundo, tu existencia ha cambiado mi vida y has sido mi motor para terminar esta etapa y hacer que algún día te sientas orgulloso de mí. Te amo mi bebé hermoso.

A mis padres: Gracias por hacer de mí lo que soy, por guiarme, por impulsarme a siempre ser una mejor persona, pero sobre todo por darme el mejor ejemplo de superación y responsabilidad. Los quiero!

A mis hermanos: Por siempre estar a mi lado aun cuando la distancia es larga, por su apoyo, sus ánimos y porras. Los quiero!

A mis médicos adscritos del servicio de rehabilitación por todas sus enseñanzas tanto académicas como personales durante toda mi formación como médico residente. Los aprecio y admiro!

A los terapeutas físicos, enfermeras y secretarias que también colaboraron en todo mi aprendizaje y por brindarme su apoyo y amistad!

A mis compañeros residentes: los que se fueron antes, los que se quedan y en especial a las sunshines que vivieron conmigo esta travesía de 4 años, con desvelos, estrés, alegrías, enojos y todo lo que hizo que esta etapa fuera una de las más lindas de mi vida, pero sobre todo por ser mis amigas. Las quiero y extrañaré!

INDICE

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1 Marco Conceptual

1.2.2 Marco Contextual

1.2.3 Marco Referencial

2. PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

2.2 Justificación

2.2.1 Magnitud

2.2.2 Trascendencia

2.2.3 Vulnerabilidad

2.2.4 Factibilidad

2.3 Hipótesis

2.4 Objetivo General

2.5 Objetivos específicos

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio

3.2 Universo del estudio

3.2.1 Población

3.2.2 Criterios de inclusión

3.2.3 Criterios de exclusión

3.2.4 Criterios de eliminación

3.3 Aspectos éticos

3.4 Tamaño de la muestra

3.5 Definición de variables

3.6 Procedimiento

4. RESULTADOS

4.1 Plan de análisis

4.2 Análisis demográfico de la muestra

4.3 Resultados del estudio

4.3.1 Análisis intragrupo isocinético

4.3.2 Análisis intragrupo isotónico

4.3.3 Análisis intergrupo

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 Discusión

5.1.2 Grupo isocinético

5.1.3 Grupo isotónico

5.1.4 Comparación entre ambos programa de entrenamiento

5.3 Conclusión

5.4 Limitantes del estudio

6. ANEXOS

“Comparación de la eficacia del programa de fortalecimiento isocinético versus el programa de fortalecimiento isotónico resistido aplicado en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla del centro médico nacional 20 de noviembre 2012-2013”

ABSTRACT

Diseño del estudio: Análisis controlado, comparativo, concurrente, homodémico con seguimiento longitudinal, prospectivo y prolectivo.

Objetivo: Comparar los cambios en la fuerza muscular después de la terapia mediante un programa de ejercicio isocinético concéntrico /concéntrico contra un programa de ejercicio de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla para determinar su eficacia”.

Material y Métodos: Se incluyeron 9 pacientes posoperados de artroplastia de rodilla que cumplieron los criterios de inclusión, los cuales fueron asignados aleatoriamente a un grupo de programa de fortalecimiento isocinético concéntrico-concéntrico a 60°/seg y un grupo de programa de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico durante 16 sesiones. Se realizó una valoración isocinética, 1RM así como de electromiografía de superficie, previa y posterior al tratamiento para valorar la eficacia de cada uno de los programas.

Resultados: El programa de entrenamiento isotónico resultó eficaz para aumentar los valores de 1RM así como de fuerza muscular, no así para el aumento de potencia muscular de los músculos extensores de rodilla e indiferente para los cambios electromiográficos de Hz-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx de los músculos vasto medial, vasto lateral y recto femoral. Mientras que el programa de entrenamiento de ejercicio isocinético resultó eficaz para aumentar todos los valores estudiados como 1RM, fuerza y potencia muscular e indiferente para los parámetros electromiográficos HZ-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx de musculo vasto medial, vasto lateral y recto femoral de los pacientes operados de artroplastía de rodilla.

Conclusión: ambos métodos de fortalecimiento son eficaces para el tratamiento de pacientes posoperados de artroplastía de rodilla; sin embargo el ejercicio isocinético mostró mayor eficacia para el aumento del parámetro de potencia muscular por lo que puede ser recomendado en lesiones de pacientes jóvenes deportistas o con mayor actividad física en su vida diaria.

ABSTRACT

This is an uncontrolled, comparative, concurrent, longitudinal, open, prospective and prolective study. Objective: To compare the changes in muscle strength after therapy using a concentric/concentric isokinetic exercise program versus concentric/eccentric isotonic exercise program in postoperative patients of knee arthroplasty. Methods: 9 patients of knee arthroplasty surgery who met the inclusion criteria were included, randomly assigned, 5 to a program group of concentric/concentric isokinetic strengthening at 60°/s and 4 to a program group of resisted concentric/eccentric isotonic strengthening 3times/week for 16 sessions. An isokinetic assessment, 1RM and surface electromyography were performed before and after treatment. Results: The isotonic training was effective in increasing values of 1RM and muscle strength; but without efficacy to increase the knee muscles extensor potency and indifferent to electromyographic changes for PAUM/s-Cmax and Hz-Cmax of vastus medialis, vastus lateralis and rectus femoris muscles. While isokinetic exercise was effective to increase 1RM strength and muscle potency and indifferent to electromyographic changes for PAUM/s-Cmax and Hz-Cmax of vastus medialis, vastus lateralis and rectus femoris of patients undergoing knee arthroplasty. Conclusion: Both strengthening methods are effective in treatment of patients after surgery knee arthroplasty; however isokinetic exercise showed more efficacy for increasing muscle potency, so it can be recommended in lesions of young athletes or patients with increased physical activity in their daily lives.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1. Marco Conceptual

La osteoartritis (OA) también conocida como artrosis u osteoartrosis es una enfermedad crónica degenerativa que se caracteriza por la destrucción gradual y progresiva del cartílago que recubre la superficie articular de rodillas, caderas, hombros, manos, tobillos y columna vertebral. Adicionalmente, hay inflamación de la membrana sinovial, así como daño en meniscos, tendones, músculos y nervios asociados con la articulación afectada. Es de curso lento y puede permanecer estable por lapsos prolongados para producir finalmente incapacidad funcional, dependiendo del grado de lesión. Varios factores pueden acelerar el proceso como el sobrepeso o la obesidad, las alteraciones mecánicas que cambian los puntos de apoyo fisiológico, los traumatismos y la edad; la alineación articular y la fuerza del cuádriceps son importantes cuando la articulación afectada es la rodilla. Los síntomas principales son dolor con la actividad física, rigidez articular y discapacidad funcional. En rodilla puede dividirse como osteoartritis del compartimento externo e interno y femorrotuliana. La incapacidad funcional se divide en 4 grados: I Realiza actividades diarias sin problema, II Realiza actividades diarias con dolor y ciertas limitaciones, III Hay dolor e incapacidad funcional y amerita ayuda mecánica y IV Confinado a una silla de ruedas. El diagnóstico radiológico se basa principalmente en la presencia de disminución del espacio articular, esclerosis, quistes subcondrales y osteofitos¹.

El tratamiento es inicialmente conservador mediante un programa de rehabilitación, el cual se encuentra compuesto por el empleo de fármacos para aliviar los síntomas: analgésicos (especialmente paracetamol), infiltraciones con corticoides de efecto beneficioso corto y últimamente sustancias que intentan frenar el curso natural de la enfermedad (ácido hialurónico, condroitín-sulfato, glucosamina y diacereína), así como el seguimiento de un programa de ejercicios, para aumentar la flexibilidad y la fuerza muscular del cuádriceps, un programa educativo que insista en la reducción de peso y el uso de ortesis de descarga².

La artroplastia de rodilla constituye uno de los mayores avances terapéuticos en el campo de la cirugía ortopédica. Esta intervención, se ha mostrado como una de las actividades médicas con mejor relación costo/efectividad, y con un tratamiento postquirúrgico adecuado, el paciente puede obtener una mejora importante en su calidad de vida, este procedimiento quirúrgico consiste en la implantación de un material externo y ajeno al cuerpo con la finalidad de suplantar la función de la articulación de la rodilla afectada. Existen distintos tipos de prótesis de rodilla según el número de compartimentos remplazados: unicompartimentales, utilizadas con mayor frecuencia, con la ventaja de ser menos costosa, recuperación más rápida, además de conseguir una mayor movilidad y propiocepción. Bicompartimentales y tricompartmentales. Según la utilización o no de cemento como anclaje: cementadas, para personas mayores, sedentarias y cuando se requiere una movilidad precoz; no cementadas para personas jóvenes y activas y el modelo híbrido. Según las sollicitaciones mecánicas a las que se someten: prótesis constreñidas y no constreñidas siendo estas últimas las más utilizadas. Según la actuación sobre el ligamento cruzado posterior, este puede ser preservado o sustituido y según se trate de una primera intervención o no sobre la misma rodilla: prótesis primaria y de revisión^{2,3}.

El tratamiento posquirúrgico resulta de vital importancia para lograr la máxima funcionalidad en el paciente. El cual estará conformado por un programa rehabilitatorio cuyo objetivo principal es la ganancia de movilidad articular y fuerza muscular. Una

modalidad comúnmente empleada dentro de un programa de fortalecimiento es el ejercicio isotónico, en el cual hay modificación de la métrica del músculo, el músculo se acorta, pero la tensión del mismo permanece constante. Las contracciones isotónicas desplazan una carga, lo cual influye el fenómeno de inercia, incluyendo la ejecución de un trabajo externo, además aumentan la precarga y por lo tanto aumenta el volumen cardiaco por minuto y el corazón cambia estructuralmente. Puede subclasificarse a su vez en concéntricos: cuando la modificación es hacia el centro del músculo y excéntricos: cuando la modificación es hacia los extremos del músculo⁴.

A su vez el ejercicio isocinético, el cual es una modalidad que se reserva para la contracción muscular, que se realiza a una velocidad constante durante un movimiento angular; ha sido también un componente importante del programa rehabilitatorio⁴. Este concepto fue ideado por James Perrine⁵ e introducido en la literatura científica en 1967 por Hislop, Perrine, y Thistle⁵. Algunas de las ventajas del ejercicio isocinético son: 1) Los músculos pueden ejercitarse a su potencial máximo en todo el alcance cinético de la articulación, 2) el ejercicio isocinético es intrínsecamente más seguro que el ejercicio isotónico por el hecho de que el mecanismo de resistencia del dinamómetro se desembraga cuando el paciente empieza a experimentar dolor o malestar, 3) el ejercicio podrá ser gradual y fácilmente mantenido dentro de los límites indoloros del campo cinético de la articulación a unas velocidades que reduzcan al máximo el peligro potencial de la lesión articular⁵. El ejercicio isocinético puede ser utilizado para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos para generar una fuerza o momento torsional y como una modalidad de ejercicio para restablecer el nivel de fuerza tras una lesión o, simplemente, como entrenamiento⁵.

Para la prescripción del ejercicio isocinético es necesario realizar previamente en el paciente una valoración isocinética; por la que se puede entender como una técnica que estudia la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable. Los avances técnicos e informáticos de los últimos años han permitido diseñar aparatos que brindan una información cada vez más precisa, fiable y manejable. La mayor ventaja de los dinamómetros modernos es la posibilidad de objetivar, en una gráfica, las curvas de los parámetros estudiados como fuerza, potencia, trabajo, pico torque, arco de movimiento, relación de fuerza muscular entre músculos flexores/extensores y balance interlado; así como relacionar los diferentes valores obtenidos, entre sí y con los de otras exploraciones; por ello, son un instrumento preciso para la evaluación de la función muscular y valoración articular. La medida de la fuerza muscular es una forma de evaluar la efectividad de los programas de entrenamiento y rehabilitación siendo la dinamometría isocinética un buen método para ello. Las evaluaciones isocinéticas se realizan de forma comparativa, de tal forma que si conocemos una situación previa del paciente, una segunda exploración nos permite conocer la efectividad de la rehabilitación o el entrenamiento que realiza. Si en una extremidad hay una lesión, podemos compararla con el lado sano. Si un grupo muscular está hipertrofiado o atrofiado lo podemos comparar con sus antagonistas. También se compara la fuerza concéntrica con la excéntrica, encontrándose que diferencias menores al 10% en las comparaciones de dos datos de la valoración isocinética se consideran como no significativas y cuando difieren más del 20% son altamente significativas, considerándose que existe una causa que produce dicha diferencia. Esta regla es aplicable a las comparaciones bilaterales y a las secuenciales en una misma articulación⁶. Otro parámetro muy estudiado y utilizado es el balance de flexo-extensión de la rodilla y, por tanto, el de los músculos isquiotibiales con el músculo cuádriceps, mediante la adopción del cociente flexores/extensores

(isquiotibiales/cuádriceps). La comparación del cociente flexores/extensores del lado sano con el lesionado es de gran valor para establecer un punto de referencia y objetivo en el tratamiento.

Los estudios efectuados sobre rodillas sanas, no lesionadas, muestran un rango amplio de valores, y que las relaciones entre dichos grupos musculares cambian según la velocidad de ejecución del movimiento. Así, a 60°/segundo se puede considerar normal una relación flexores/extensores de 0.65 (65%), mientras que en esa misma rodilla, evaluada a 180°/segundo se puede obtener una relación del 0.9 en el rendimiento de los isquiotibiales, con respecto al cuádriceps. Con estos datos se plantea que el equilibrio muscular fisiológico no es algo constante sino dinámico y que el desarrollo de la fuerza de estos músculos tiende a igualarse a velocidades altas. Ello obliga a evaluar cada músculo a varias velocidades y comparar los distintos cocientes agonistas/antagonistas⁶. Desviaciones importantes en los cocientes agonistas/antagonistas son indicativas de patología o de un entrenamiento o rehabilitación mal ejecutados, que tras detectarse obligan a replantear el programa de ejercicios y que con una nueva evaluación comprobar el efecto del nuevo programa. Con todo esto podemos concluir que los dinamómetros isocinéticos se han utilizado en la rehabilitación, especialmente de la articulación de la rodilla, como medio para realizar ejercicios dinámicos, concéntricos y excéntricos, en los que se consigue hacer trabajar todo el potencial de fuerza del músculo, en todos los grados del arco de movimiento⁶.

Al igual que para el ejercicio isocinético para la prescripción adecuada del ejercicio isotónico, como método de fortalecimiento en un programa de rehabilitación, es necesario realizar previamente en el paciente una valoración denominada repetición máxima (1RM); el cual es un protocolo facilitado por los profesores Pablo Dolche y Gerónimo Gris, para determinarla debemos considerar la máxima cantidad de peso, que un sujeto puede soportar o levantar una sola vez en un ejercicio físico, manteniendo la técnica y la postura adecuada para un ejercicio de resistencia⁷.

Estas valoraciones nos permiten detectar déficits o anormalidades como consecuencia de patologías articulares; con las cuales podemos a su vez marcar las pautas para el inicio de un programa de rehabilitación adecuado, y sin duda para evaluar la progresión y eficacia del mismo. Sin embargo existen además otros métodos adecuados para la evaluación de la función muscular como es la electromiografía de superficie (EMGS), que permite comprender los comportamientos motores intencionales y automáticos. Esta técnica se define como la detección y análisis del potencial eléctrico producido durante las contracciones musculares. Estos estudios pueden detectarse directamente, mediante la inserción de electrodos en el tejido muscular, o indirectamente, con electrodos de superficie, colocados en zonas de la piel localizadas justo encima del tejido muscular. Transmiten información sobre la activación muscular como, por ejemplo, la intensidad de la contracción muscular, la manifestación mioeléctrica de la fatiga muscular y el número de PAUM/segundo durante la contracción máxima (PAUM/seg-Cmáx.). La frecuencia de activación de unidades motoras durante la contracción máxima (HZ-Cmáx.), definida como la medida del tiempo de activación de potenciales de acción de unidad motora y el PAUM/seg-Cmáx definido como la actividad eléctrica registrada durante un esfuerzo voluntario que corresponde con la amplitud de la superposición de potenciales de acción de unidad motora, son parámetros obtenidos mediante electromiografía de superficie de gran utilidad, así como la estimación precisa de la longitud de las fibras musculares, la posición de las zonas de inervación, la velocidad de conducción del potencial de acción de la unidad motora, el territorio de las unidades motoras y la contribución de los músculos sinergistas que actúan sobre las articulaciones del cuerpo⁸.

1.1.2. Marco Contextual

La osteoartrosis de rodilla requiere según la etapa o estadio de gravedad en que se encuentre de un programa de rehabilitación adecuado, el cual puede ser indicado como parte de un tratamiento conservador o más frecuentemente como complemento de un programa posquirúrgico posterior a la implantación de una prótesis total de rodilla, que invariablemente al ser esta patología una condición degenerativa, muy comúnmente este procedimiento corresponde a la vía final del tratamiento de casi el 80% de los pacientes. Existen múltiples estudios acerca de los programas de terapia física para problemas articulares de rodilla, por ejemplo Munin⁹ en un estudio aleatorizado con pacientes de alto riesgo (edad avanzada, comorbilidad, etc.), obtuvieron mejores resultados con un programa de rehabilitación intensiva iniciada al tercer día del posoperatorio que al séptimo. Los objetivos son el control del dolor, apoyo emocional, mejora de la deambulacion y mejora de la movilidad y fuerza de la rodilla. Los métodos utilizados son terapia analgésica y crioterapia, prevención de trombosis venosa con movilizaciones, contracciones isométricas tempranas y tinas de remolino, lograr la sedestación desde el primer día con rodilla en extensión y flexión de rodilla durante 5 segundos a 30° cada hora, movilización pasiva continua con una flexión de 40° progresando con un aumento de 10 a 15° de flexión al día hasta completar 90° al séptimo día, cinesiterapia con isométricos y progresar a ejercicios activo-asistidos de flexo-extensión (0-30°), uso de bicicleta estática, hidroterapia y reeducación de la marcha en prótesis cementadas con carga de peso según tolerancia con andador a las 48 horas una vez retirado el drenaje y en prótesis híbridas o no cementadas con carga parcial con andador o bastones las primeras 6 semanas^{9 10}. Las guías del panel de Filadelfia de práctica clínica basada en evidencia recomiendan incluir ejercicios de fortalecimiento y estiramiento de manera aislada como intervenciones para el manejo del dolor y la mejoría de la función en pacientes con osteoartritis de rodilla. Sisto¹⁰ y colaboradores concluyeron que los ejercicios de fortalecimiento del músculo cuádriceps mejoran la habilidad para controlar las fuerzas en la articulación de la rodilla durante los movimientos dinámicos, y esto potencialmente reduciría la presencia de dolor. Todos estos programas de rehabilitación se encuentran basados en los tiempos de reparación natural de los tejidos involucrados en la articulación de la rodilla, entendiéndolos por ellos, meniscos, cartilago, ligamentos, tendones y músculos encargados de la estabilidad estática y dinámica. Se ha visto que el tiempo necesario para la cicatrización y reparación de dichos tejidos es entre 12 y 16 semanas posterior a una lesión o evento inflamatorio como podría ser la realización de un procedimiento quirúrgico como la artroplastía de rodilla, debido a esto, estudios recientes recomiendan el inicio de un programa rehabilitatorio inmediato conformado por uso de medios físicos y kinesioterapia con objetivo analgésico y movilidad articular, sin embargo el programa de fortalecimiento isotónico resistido así como el programa de ejercicio isocinético se recomienda inicie posterior a este tiempo cuando los tejidos se encuentren fuera del peligro de nuevo evento lesivo; siempre y cuando no existan contraindicaciones claras para su inicio como dolor intenso, edema caliente, limitación de arcos de movilidad (flexión <90°), fuerza muscular <3 en la escala de Lovett, inestabilidad articular o falta de deseo por parte del paciente; de existir esto se recomienda postergar el tiempo de programa rehabilitatorio inicial¹⁰.

Cuando se decide el inicio del programa de fortalecimiento isotónico, se debe calcular la prescripción del mismo, para lo cual se realiza la evaluación (1RM) como ya se ha comentado previamente y para calcularla existen algunas fórmulas, siendo de las más utilizadas la propuesta por Berger en 1970¹¹, que consiste en: $1RM = \text{Peso levantado} \times (0.033 \times \text{Número de repeticiones}) + \text{kg de peso levantado}$. Establecido el 100% de la

capacidad de cada sujeto, se planifica el trabajo de musculación en función de los objetivos propuestos y de los efectos producidos por el trabajo con las distintas intensidades¹². Según la propuesta de Horacio Anselmi¹², la síntesis es la siguiente:

- Hasta el 25%: Resistencia de fuerza sin hipertrofia
- Hasta el 30%: Potencia sin hipertrofia
- Hasta el 50%: Resistencia de fuerza con pequeña hipertrofia
- Hasta el 90%: Aumento de fuerza con hipertrofia
- Hasta el 100-110%: Aumento de la fuerza explosiva sin hipertrofia

1.1.3. Marco Referencial

Según un estudio de Guilhem y colaboradores 2010¹³, se evaluaron los efectos en el sistema musculotendinoso en pacientes con patología articular de rodilla, posterior a un programa de ejercicio isotónico e isocinético de tipo excéntrico reportándose que el ejercicio isotónico excéntrico fue superior para ganancia de fuerza muscular¹³, sin embargo no hay en la literatura estudios que demuestren la eficacia de ambos programas de ejercicio con contracción concéntrica corroborado por estudio electromiográfico. En una revisión exhaustiva solo se encontraron estudios que evalúan estos dos tipos de ejercicios como un programa de fortalecimiento óptimo para pacientes posoperados de artroplastia de rodilla como el de Sibel Eyigor¹⁴ que comparó la eficacia de un programa de ejercicio isocinético versus un programa de ejercicio de resistencia progresiva en 39 pacientes con diagnóstico de osteoartritis de rodilla bilateral, todos los pacientes fueron evaluados en un aparato isocinético Cybex antes y después del tratamiento, encontrando mejoría significativa al final del programa de ejercicio en el pico de torque y pico torque por peso corporal de ambos grupos de pacientes, sin diferencia estadística significativa entre ambos grupos. Otro estudio de Huang y colaboradores¹⁵, estudiaron el efecto terapéutico de diferentes tipos de ejercicio de fortalecimiento en la capacidad funcional en 132 pacientes con osteoartritis de rodilla, los dividieron en 4 grupos (isocinéticos, isotónicos, isométricos y control); encontraron una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo a velocidad angular de 60°/seg en el grupo de pacientes con ejercicio isocinético y el grupo con ejercicio isotónico, mientras que a una velocidad angular de 180°/seg se encontró una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo sólo en el grupo de ejercicios isocinéticos. Sin embargo ninguno de estos estudios han corroborado dicha mejoría con el estudio electromiográfico observando el aumento en el reclutamiento de fibras musculares como ganancia al programa de fortalecimiento en ambos grupos. Las ganancias esperadas con ambos tipos de ejercicios y en general con la terapia rehabilitatoria es que al año de la intervención, se consigan normalmente entre 95 y 100° de flexión y una extensión completa. Una flexión de 90° es considerada la mínima necesaria para las actividades de la vida diaria (AVD), así como para lograr la sedestación sin dificultad¹⁴. En estudios recientes se ha observado que ambos tipos de ejercicio (isotónico/isocinético) mejoran de manera significativa ($p < 0.05$) los parámetros isocinéticos valorados, sin existir diferencia significativa entre ambos tipos de ejercicio, con la única diferencia en las ventajas de seguridad que el ejercicio isocinético ofrece para evitar lesiones al controlar la velocidad, arco de movilidad y resistencia a vencer durante la sesión de ejercicio^{14 15}.

2. PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

“¿Es igualmente eficaz un programa de fortalecimiento con ejercicio isocinético que un programa con ejercicio isotónico resistido para lograr máxima recuperación de la fuerza muscular en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla?”

2.2. Justificación

2.2.1. Magnitud

Estudios realizados para determinar costos en atención primaria de enfermedades musculoesqueléticas reportan que la OA ocupa los primeros cuatro lugares en demanda de atención y representa el mismo nivel en lo que se refiere a costos. La carga económica que esto representa es 2.5% del PIB en países como EEUU, Canadá y Gran Bretaña. En el 2000 el gasto por este rubro fue de 26 mil millones de dólares. En México se ha estimado que se destina 0.4% del PIB a la atención de enfermedades musculoesqueléticas¹⁶. Recientes estudios económicos han evaluado el costo anual total del tratamiento de un paciente con osteoartritis en Estados Unidos en unos 543 a 2, 827 dólares; el componente más importante (46%) del costo es el cuidado hospitalario por reemplazo total. En México, en el Instituto Mexicano del Seguro Social durante el año 2003 se otorgaron más de 1.5 millones de consultas relacionadas con la osteoartritis esto sin tomar en cuenta la necesidad de realizar una segunda intervención dirigida a la revisión de la artroplastia total que de acuerdo al diseño, marca y tipo de prótesis se reportan costos por el implante que oscilan desde los 7,100 hasta los 16,789 dólares americanos además del costo de hospital y honorarios médicos. La supervivencia de estas prótesis se estima en torno al 90% a los 21 años y 95% a los 10 años; además se ha observado que las personas con nivel socioeconómico más bajo se asocian con un incremento en la presentación de las cirugías de revisión de la artroplastia total de rodilla¹⁷. Aproximadamente los pacientes posoperados de artroplastia de rodilla son sometidos a un programa rehabilitatorio conformado por 60 sesiones como mínimo (2 a 3 meses) ya que según estudios se ha corroborado que la fuerza del cuádriceps se recupera en 3 a 6 meses posquirúrgicos, con un costo promedio de \$500 pesos por sesión y a valoraciones clínicas subsecuentes en un número de 4 a 5 con un costo promedio de \$1000 pesos lo que da un total aproximado de \$35 000 pesos al finalizar el tratamiento rehabilitatorio.

2.2.2. Trascendencia

Se considera a la OA un problema de salud pública debido a su alta incidencia y prevalencia. La padece al menos 15 % de la población mundial por arriba de los 60 años de edad. Inclusive, se ha determinado que dentro de las enfermedades reumáticas la OA es 10 a 12 veces más frecuente que la artritis reumatoide. La OA de rodillas es la más significativa clínicamente y se incrementa con la edad ya que 33 y 53% de los hombres y de las mujeres de más de 80 años de edad tienen evidencia radiológica de OA, sin embargo, las manifestaciones clínicas sólo se reportan en 16% de las mujeres y 5% de los hombres de más de 80 años de edad¹. En México, la encuesta nacional de salud (ENSANUT) del 2006 la ubica como la segunda causa de morbilidad con 14% en personas mayores de 60 años de edad¹⁸. La incidencia de OA de rodillas 240/100,000 personas al año en comparación con la OA cadera que se estima en 88/ 100,000 personas al año, de esto 1% por año en mujeres entre 70 a 89 años de edad. En el Centro Médico Nacional 20 de noviembre en el año 2011, en el servicio de medicina física

y rehabilitación se atendió a 123 pacientes con un promedio de 15 pacientes al mes que han recibido tratamiento quirúrgico a base artroplastia total de rodilla secundario a osteoartritis para inicio de su rehabilitación.

En este estudio se trabajó un programa rehabilitatorio basado en el inicio de ejercicios de fortalecimiento isotónico resistido así como un programa de ejercicios de fortalecimiento isocinético en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla secundario a enfermedad osteoartrosica degenerativa, posterior al proceso de reparación natural de tejidos esperado después de un evento lesivo o inflamatorio, con la intención de comparar la efectividad de los dos tratamientos, ambos aprobados y reconocidos para determinar cuál de ellos es el más adecuado así como distinguir cual tipo de paciente es más idóneo para recibir alguno de estos.

2.2.3. Vulnerabilidad

Según un estudio de Guilhem y colaboradores en el 2010¹⁵ se evaluaron los efectos en el sistema musculotendinoso posterior a un programa de ejercicio isotónico e isocinético de tipo excéntrico reportándose que el ejercicio isotónico excéntrico fue superior para ganancia de fuerza muscular¹⁵, sin embargo no hay en la literatura estudios que demuestren la eficacia de ambos programas de ejercicio con contracción concéntrica corroborado por estudio electromiográfico que es el objetivo que nos compete en esta investigación. En una revisión exhaustiva solo se encontraron estudios que evalúan estos dos tipos de ejercicios como un programa de fortalecimiento óptimo para pacientes posoperados de artroplastia de rodilla como el de Sibel Eyigor¹⁴, que comparó la eficacia de un programa de ejercicio isocinético versus un programa de ejercicio de resistencia progresiva en 39 pacientes con diagnóstico de osteoartritis de rodilla bilateral, todos los pacientes fueron evaluados en un aparato isocinético Cybex antes y después del tratamiento, encontrando mejoría significativa al final del programa de ejercicio en el pico de torque y pico de torque por peso corporal de ambos grupos de pacientes, sin diferencia estadística significativa entre ambos grupos. En otro estudio Huang y colaboradores estudiaron el efecto terapéutico de diferentes tipos de ejercicio de fortalecimiento en la capacidad funcional en 132 pacientes con osteoartritis de rodilla, los dividieron en 4 grupos (isocinéticos, isotónicos, isométricos y control); encontraron una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo a velocidad angular de 60°/seg en el grupo de pacientes con ejercicio isocinético y el grupo con ejercicio isotónico, mientras que a una velocidad angular de 180°/seg se encontró una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo sólo en el grupo de ejercicios isocinéticos. Sin embargo ninguno de estos estudios han corroborado dicha mejoría con el estudio electromiográfico observando el aumento en PAUM/seg-C_{máx} como ganancia al programa de fortalecimiento en ambos grupos, el cual constituye el objetivo de este estudio. Las ganancias esperadas con ambos tipos de ejercicios y en general con la terapia rehabilitadora es que al año de la intervención, se consigan normalmente entre 95 y 100° de flexión y una extensión completa.

2.2.4 Factibilidad

En el servicio se cuenta con la consulta de rehabilitación ortopédica, con un promedio de 1086 pacientes anuales y dentro de esta se tienen un gran número de pacientes

posoperados de artroplastia de rodilla, dando un promedio de 5 pacientes al mes que acuden en el momento idóneo para recibir terapia de rehabilitación, incluyendo analgesia y programa de fortalecimiento con una prevalencia anual del 0.055% por lo que es factible utilizarlo, además se cuenta con un área equipada de aparatos de fortalecimiento isocinético y cadena cinética abierta, así como equipos especializados para electromiografía con médicos especialistas para supervisión y con el tiempo suficiente para el seguimiento de su total recuperación e incorporación a las actividades de la vida diaria y laborales según sea el caso.

2.3. Hipótesis

Según Rizo & Campistrous¹⁹.

“Podemos acercarnos a la solución de un problema científico también por la vía analítica, es decir, a partir del problema de investigación. Descomponerlo en subproblemas que deben ser resueltos en el proceso investigativo y que de la solución completa de los mismos, puede derivarse una respuesta al problema que generó la investigación. Estos subproblemas es a lo que denominamos preguntas científicas, y que en principio tienen las mismas funciones de las hipótesis pues también contribuyen a explorar, esclarecer, valorar, los componentes de lo que se investiga, sus relaciones fundamentales y orientar, en definitiva el curso de la investigación, que es también una de las principales funciones que se le reconoce a las hipótesis en una investigación”.

Asumiendo el criterio anterior, la orientación científica de la investigación se desarrolló a partir de la solución de las siguientes interrogantes:

1. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isotónico en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar el valor de la 1RM?
2. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isotónico en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar la fuerza muscular?
3. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isotónico en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar la potencia muscular?
4. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isotónico en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar el número de PAUM/segundo durante la contracción máxima (PAUM/seg-Cmáx) medido por electromiografía?
5. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isotónico en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar la frecuencia de activación durante la contracción máxima (HZ-Cmáx) medida por electromiografía?
6. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isocinético en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar el valor de la 1RM?
7. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isocinético en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar la fuerza muscular?
8. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isocinético en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar la potencia muscular?
9. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isocinético en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar el número de PAUM/segundo durante la contracción máxima (PAUM/seg-Cmáx) medido por electromiografía?
10. ¿Es efectivo un programa de fortalecimiento isocinético en paciente posoperados de artroplastia de rodilla para incrementar la frecuencia de activación durante la contracción máxima (HZ-Cmáx) medida por electromiografía?

11. ¿Cuál de ambos métodos de fortalecimiento es más efectivo en pacientes posoperados de artroplastía de rodilla?

2.4. Objetivo General

“Comparar los cambios en la fuerza muscular después de la terapia mediante un programa de ejercicio isocinético concéntrico /concéntrico contra un programa de ejercicio de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla para determinar su eficacia”.

2.5. Objetivos Específicos

- a) Valorar los cambios en el pico torque (Nm) mediante un programa de ejercicio isocinético concéntrico /concéntrico y compararlos con un programa de ejercicio de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla.
- b) Valorar los cambios en la potencia (W) mediante un programa de ejercicio isocinético concéntrico /concéntrico y compararlos con un programa de ejercicio de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla.
- c) Valorar los cambios en la 1RM mediante un programa de ejercicio isocinético concéntrico /concéntrico y compararlos con un programa de ejercicio de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla.
- d) Valorar los cambios en HZ-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx en la electromiografía de superficie en músculo cuádriceps durante una contracción isométrica máxima, posterior a un programa de ejercicio isocinético concéntrico /concéntrico y compararlos con un programa de ejercicio de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

Análisis controlado, comparativo, concurrente, homodémico²⁰ con seguimiento longitudinal, prospectivo y prolectivo; en el que participan pacientes derechohabientes del ISSSTE posoperados de artroplastia de rodilla, que acuden a consulta externa del servicio de medicina física y rehabilitación derivados del servicio de ortopedia.

3.2. Universo del estudio

3.2.1. Población

La población del estudio se conformó por pacientes mayores de 50 años de edad posoperados de artroplastia de rodilla.

3.2.2 Criterios de Inclusión

- Pacientes de ambos sexos (femenino y masculino).
- Pacientes posoperados de artroplastia primaria de rodilla.
- Pacientes sin datos de inflamación aguda.

- Pacientes con arco de movilidad de rodilla funcional.
- Pacientes que puedan realizar marcha.
- Pacientes con fuerza muscular mayor de 3 en la escala de Lovett.
- Pacientes residentes del Distrito Federal.
- Pacientes derechohabientes del ISSSTE.
- Pacientes con más de 4 semanas de tiempo posquirúrgico.
- Pacientes que deseen participar en el estudio y firmen el consentimiento informado.

3.2.3 Criterios de Exclusión

- Pacientes con patología concomitante de rodilla.
- Pacientes que estén recibiendo otro tipo de fisioterapia.
- Pacientes con complicación mecánica de artroplastia total de rodilla.
- Pacientes con datos de inflamación aguda.
- Pacientes que no completen arco de movilidad funcional de rodilla.
- Pacientes que no puedan realizar marcha.
- Pacientes con fuerza muscular menor de 3 en la escala de Lovett.
- Pacientes con factores de riesgo cardiovascular.
- Pacientes con tensión arterial descontrolada.
- Pacientes con enfermedades respiratorias.
- Pacientes con fracturas recientes.
- Pacientes con algún tipo de cáncer.
- Pacientes que no deseen participar en el estudio.

3.2.4 Criterios de Eliminación

- Pacientes que durante el estudio presentaron dolor.
- Pacientes que durante el estudio presentaron datos de inflamación.
- Pacientes que durante el estudio presentaron disminución de la función.
- Pacientes que abandonaron la terapia durante su proceso de estudio.
- Pacientes que se retiraron voluntariamente del estudio.

3.3. Aspectos éticos

Se requirió carta de consentimiento informado acorde con la declaración de Helsinki y con las disposiciones del reglamento de la Ley general de salud en materia de investigación. Los pacientes durante el estudio pudieron llegar a sufrir aumento de volumen y dolor de la articulación así como fatiga muscular, lo cual fue informado y tratado mediante medios físicos como crioterapia y electroterapia o con apoyo de analgésicos comunes, si alguna de esta sintomatología persistió e incapacitó al paciente para la realización de ejercicio, fungió como criterio de eliminación como se describió previamente y se otorgó la atención médica pertinente. Acorde con el artículo 17 de la ley general de salud en materia de investigación, se trató de un estudio de tipo II: Investigación con riesgo mínimo.

3.4. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra consistió en 11 pacientes divididos en 2 grupos de estudio, un grupo conformado por 5 pacientes que realizaron un programa de ejercicio isotónico

resistido concéntrico/excéntrico y otro grupo conformado por 6 pacientes que realizaron un programa de ejercicio isocinético concéntrico/concéntrico con 1 eliminación en cada grupo por abandono del programa, para una muestra final de 4 para el grupo isotónico y 5 para el isocinético.

3.5. Definición de variables

Variable	Unidad de medida	Tipo de variable	Escala de medida	Definición Operacional
Pico Torque/Fuerza	Newton/metro (Nm)	Cuantitativa	Continua	Fuerza aplicada multiplicada por el largo de una palanca.
Potencia	Watt (W)	Cuantitativa	Continua	Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.
1RM	Kg	Cuantitativa	Continua	Máxima resistencia en kg que el paciente puede vencer en una sola ocasión en arco completo.
Número de PAUM/segundo durante la contracción máxima en EMGS.	PAUM/seg	Cuantitativa	Continua	Actividad eléctrica registrada durante un esfuerzo voluntario que corresponde con la amplitud de la superposición de potenciales de acción de unidad motora medida en Microvoltios.
Frecuencia de activación de unidades motoras durante la contracción máxima en la EMGS	Hertz (Hz)	Cuantitativa	Continua	Medida del tiempo de activación de potenciales de acción de unidad motora.

3.6. Procedimiento

Los pacientes posoperados de artroplastia de rodilla secundaria a gonartrosis, de ambos sexos con edades entre 40 y 70 años y con un tiempo de evolución mayor de 4 semanas posterior al procedimiento quirúrgico, que aceptaron ingresar al protocolo de estudio y firmaron el consentimiento informado, acudieron al servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Nacional 20 de noviembre donde se realizó una consulta inicial valorando si el paciente cumplía con los criterios de inclusión para el estudio, entre los ya descritos (fuerza muscular >3) aplicando la escala de Lovett que califica en 5 grados dependiendo del grado de fuerza muscular del paciente (Anexo 1), y se realizó una evaluación rehabilitatoria general complementaria con inspección y palpación de la articulación (rodilla), determinación de arcos de movilidad y contracturas musculares. Previo consentimiento informado cada uno de los pacientes que en una consulta de valoración médica cumplieron con los criterios de inclusión y un programa de terapia

física inicial, posterior al evento quirúrgico, asistieron a una cita médica donde fueron sometidos a una valoración de 1RM mediante el método de Berger¹¹. La forma de realizar el test es con un calentamiento general de 10 a 12 minutos, seguido de una carga muy liviana (30-40% de 1RM) 2 series de 12 a 15 repeticiones recuperando entre ambas un minuto. A partir de la carga del calentamiento específico se ejecutan (con una progresión que variará entre los 2 y 10 kilos dependiendo del sujeto testado y del tipo de ejercicio), 2-3 repeticiones recuperando 1 minuto entre los cambios de carga. Cuando empezó a percibir el sujeto en estudio, cierta dificultad para movilizar la carga, se le indicó la realización de una sola repetición y se aumentó el periodo de recuperación a tres minutos. Se progresó con esta dinámica hasta el final, que fue cuando el sujeto superó la carga una sola vez¹¹, en el equipo "air machine" (air powered system, rh airsotonic, RHA 190) y posterior a un periodo de reposo de 48 horas tuvieron una nueva cita donde se sometieron a una valoración isocinética en el equipo "Con-trex MJ" (biomechanical Test-and training systems, software versión 1.7.3) a una velocidad programada de 60°/seg para flexoextensión de rodilla, obteniendo pico torque (Nm) y potencia (W) de músculo cuádriceps e isquiotibiales. Finalmente con una recuperación de 1 hora se llevó a cabo una valoración mediante EMGS con equipo "Vikyng Quest" (Neurodiagnostic system, Viasys healthcare neurocare group, versión 8.2.01) tomando los PAUM/seg-Cmáx así como los HZ-Cmáx llevando a cabo el siguiente procedimiento: la preparación del paciente constó de afeitado y limpieza del área a estudiar con 70% de alcohol etílico antes de colocar el electrodo de superficie. A los electrodos se agregó gel conductor como interfase sobre la piel y se colocaron sobre el vasto interno, vasto externo y recto femoral de la extremidad inferior en proceso de evaluación y se fijaron con cinta adhesiva para evitar artefacto movimiento. Para el músculo vasto interno los electrodos se colocaron en el vientre muscular aproximadamente 4 cm proximal a la frontera supero medial de la rótula. Para el músculo vasto externo, los electrodos se aplicaron sobre el vientre muscular aproximadamente 8 cm proximal a la línea lateral de la articulación de la rodilla. Para el músculo recto femoral el electrodo se colocó en el 50% de la distancia desde la espina ilíaca anterosuperior a la del polo superior de la rótula- Todos los electrodos fueron colocados en paralelo a la fibra muscular correspondiente. El electrodo de tierra fue colocado directamente sobre la superficie proximal de la tibia¹⁰. Una vez colocados estos se colocó al paciente en posición de sedestación estática con flexión de rodilla de 45° y se pidió que realizara una contracción isométrica máxima durante 10 segundos durante lo cual se realizaron las mediciones electromiográficas. Posterior a dichas evaluaciones iniciales los pacientes fueron asignados de manera aleatoria simple consecutiva en 2 grupos: uno de ellos el "A" sometido a un programa de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en equipo "air machine" constituido de la siguiente manera: fase de calentamiento en cicloergómetro SCIFIT Systems Inc (modelo ISO7000R) a una potencia de 10W durante 5 minutos, fase de ejercicio a un 80% de la 1RM inicial, 10 repeticiones, 3 series, fase de enfriamiento en cicloergómetro a 10W de potencia durante 5 minutos en rodilla afectada y en caso de artroplastia bilateral a ambas rodillas. Mediante método de Berger se ajustó la resistencia semanalmente durante 6 semanas. El segundo grupo B asignado a un programa de fortalecimiento isocinético concéntrico/concéntrico en equipo "Con-trex MJ", constituido de la siguiente manera: fase de calentamiento en cicloergómetro a una potencia de 10W durante 5 minutos, fase de ejercicio a velocidad de 60°/seg. 10 repeticiones, 3 series, fase de enfriamiento en cicloergómetro a una potencia de 10W durante 5 minutos en rodilla afectada y en caso de artroplastia bilateral a ambas rodillas. Los dos programas de fortalecimiento tuvieron una duración total de 16 sesiones trabajando 3 veces por semana durante 6 semanas. Al término del programa de

fortalecimiento ambos grupos de pacientes fueron sometidos a una nueva valoración con los mismos parámetros iniciales. En resumen cada paciente probable de estudio fue sometido a una valoración médica inicial de inclusión y cada uno de los pacientes incluidos en el estudio se sometieron a: 2 citas iniciales donde se realizaron evaluaciones de fuerza muscular (1RM e isocinética) mediante equipos especiales así como una valoración electromiográfica; 16 sesiones de terapia y finalmente una cita final donde se realizaron nuevamente evaluaciones de fuerza muscular (1RM e isocinética) mediante los mismo equipos utilizados en la primera cita así como una nueva valoración electromiográfica, con propósito de comparar los resultados de cada programa de ejercicio.

4 RESULTADOS

4.1 Plan de análisis

Se utilizaron medidas de tendencia central, prueba t de Student para grupos de una misma varianza para comparación intergrupo y pareada para la comparación intragrupo, como medidas paramétricas para población de distribución normal y se procesó con programa Excel 2010.

4.2 Análisis demográfico de la muestra

La muestra final del presente estudio consistió en un total de 9 pacientes de ambos sexos, 3 pacientes posoperados de artroplastia total de rodilla derecha y 6 pacientes posoperados de artroplastia total de rodilla izquierda con un tiempo promedio de 4.3 meses de evolución desde el procedimiento quirúrgico al inicio del programa de rehabilitación y una desviación estándar (SD) ± 1.22 , con un rango de edad de 43 a 86 años, con un promedio de 68.3 años (± 16.1), talla promedio de 160.6cm (± 12.2), peso promedio de 73.67 kg (± 16). Las características demográficas se muestran en la tabla 1. Del total de los pacientes, 5 fueron incluidos en el grupo de fortalecimiento isocinético y 4 en el programa de fortalecimiento isotónico de forma aleatoria, simple y consecutiva.

Variable	Promedio
Edad (años)	68.3 (± 16.1)
Peso (Kg)	73.6 (± 16.04)
Talla (cm)	160.6 (± 12.2)
Meses de Evolución	4.3 (± 1.2)

Tabla 1. Características Demográficas de la Población

*Kg=Kilogramos, cm= centímetros.

4.3 Resultados del estudio

4.3.1 Análisis Intragrupo Isocinético

En la valoración inicial de los pacientes incluidos en el grupo de fortalecimiento isocinético, se encontró un promedio de 13.2kg (± 9.4) para el valor de 1RM en la rodilla operada y un promedio de 26.3kg (± 19.1) para la rodilla sana, mostrando una diferencia significativa interlado con una $p=0.02$. Al análisis de los parámetros isocinéticos evaluados

se encontró un promedio de fuerza medida en Newtons/metro (Nm) para los músculos extensores de rodilla operada de 46.4 (\pm 32.7) y un promedio de 77.8 (\pm 86.4) para la rodilla sana, obteniéndose una diferencia interlado promedio de 30% (\pm 0.23) sin significancia estadística con una $p=0.09$. Se evaluó también la fuerza de músculos flexores obteniendo un promedio de 32.2 (\pm 10.9) en rodilla operada y un promedio de fuerza en rodilla sana de 54.2 (\pm 41.2) lo que arrojó una diferencia interlado promedio de 30% (\pm 0.19) no significativa con una $p=0.1$. La potencia muscular para los músculos extensores de rodilla operada tuvo un promedio de 44.3 (\pm 15.4) y en la rodilla sana de 73.3 (\pm 39.2), mientras que la potencia de los músculos flexores evaluados en la rodilla operada fue de 39.2 (\pm 30.9) y de 44.1 (\pm 18.3) para la rodilla sana. Como parte de la evaluación inicial de los pacientes se incluyeron también mediciones de variables mediante electromiografía de superficie, tales como PAUM/seg-Cmáx y Hz-Cmáx de músculo vasto medial, vasto lateral y recto femoral de rodilla operada y rodilla sana, sin diferencia significativa en ninguna de estas variables siendo estadísticamente significativo únicamente el valor de Hz-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx del músculo recto femoral a su comparativo interlado con una $p=0.003$ y una $p=0.03$ respectivamente.

Todos los pacientes llevaron a cabo su programa de fortalecimiento durante 16 sesiones y al término de las mismas fueron sometidos a las mismas valoraciones encontrándose un promedio de 22.1kg (\pm 12.8) para el valor de 1RM en rodilla operada y un promedio de 34.4kg (\pm 22.5) para la rodilla sana, arrojando una diferencia significativa con una $p=0.02$ y una $p=0.03$ para el valor final con respecto al inicial en la rodilla operada y la rodilla sana respectivamente y sin diferencia significativa interlado con una $p=0.057$ a diferencia de su evaluación inicial, lo que nos indica un aumento de la 1RM final así como un equilibrio de fuerza entre ambas rodillas al final del tratamiento. Al análisis final de los parámetros isocinéticos se encontró un promedio de fuerza para los músculos extensores de rodilla operada de 84.2 (\pm 36.5) y un promedio de 142 (\pm 97.9) para la rodilla sana, obteniéndose una diferencia interlado promedio de 8.9 (\pm 19) sin significancia estadística con respecto a valores iniciales de rodilla operada y rodilla sana con una $p=0.09$ y con una $p=0.3$ respectivamente y sin diferencia significativa interlado con una $p=0.07$. Se evaluó también la fuerza de músculos flexores obteniendo un promedio de 58.9 (\pm 20) en rodilla operada y un promedio de fuerza en rodilla sana de 77.7 (\pm 47.4) lo que arrojó una diferencia interlado promedio de 0.2 (\pm 0.16), encontrándose una diferencia significativa del valor final con respecto al inicial de la fuerza en la rodilla operada con una $p=0.03$ y sin diferencia significativa interlado final con una $p=0.14$ indicando mejoría de la fuerza en la rodilla operada así como un equilibrio muscular entre ambas rodillas al final del tratamiento. La potencia muscular para los músculos extensores de rodilla operada tuvo un promedio de 66.6 (\pm 26.3) y en la rodilla sana de 101 (\pm 39.6), mientras que la potencia de los músculos flexores evaluados en la rodilla operada fue de 39.7 (\pm 19.3) y de 53.7 (\pm 18.1) para la rodilla sana, encontrándose una diferencia significativa del valor final con respecto al inicial de la potencia de los músculos extensores en la rodilla operada con una $p=0.03$ y sin diferencia significativa interlado final con una $p=0.08$ indicando mejoría de la potencia de estos músculos extensores en la rodilla operada así como un equilibrio muscular entre ambas rodillas al final del tratamiento, mientras que la potencia en los músculos flexores permaneció sin cambios. No se encontró diferencia significativa en los valores finales de PAUM/seg-Cmáx y Hz-Cmáx de los músculos vasto medial, vasto lateral y recto femoral con respecto a los valores iniciales ni interlado.

4.3.2 Análisis Intragrupo Isotónico

En la valoración inicial de los pacientes incluidos en el grupo de fortalecimiento isotónico, se encontró un promedio de 12.5kg (± 7.1) para el valor de 1RM en rodilla operada y un promedio de 16.07kg (± 6.6) para la rodilla sana, sin diferencia significativa interlado con una $p=0.22$. Al análisis de los parámetros isocinéticos evaluados se encontró un promedio de fuerza para los músculos extensores de rodilla operada de 48.8 (± 14.1) y un promedio de 65.2 (± 21.1) para la rodilla sana, con una diferencia interlado estadísticamente significativa con una $p=0.04$. Se evaluó también la fuerza de músculos flexores obteniendo un promedio de 34 (± 10.1) en rodilla operada y un promedio de fuerza en rodilla sana de 37.7 (± 12.4) lo que arrojó una diferencia interlado promedio de 10% (± 0.08) no significativa con una $p=0.054$. La potencia muscular para los músculos extensores de rodilla operada tuvo un promedio de 34.3 (± 26.4) y en la rodilla sana de 39.7 (± 28), mientras que la potencia de los músculos flexores evaluados en la rodilla operada fue de 26.3 (± 15.9) y de 28.7 (± 16.4) para la rodilla sana. Como parte de la evaluación final de los pacientes se incluyeron también las mediciones de las variables como PAUM/seg-Cmáx y Hz-Cmáx de músculo vasto medial, vasto lateral y recto femoral de rodilla operada y rodilla sana, sin diferencia significativa en ninguna de estas variables siendo estadísticamente significativo únicamente el valor de PAUM/seg-Cmáx del músculo vasto lateral a su comparativo interlado con una $p=0.0004$.

Todos los pacientes llevaron a cabo su programa de fortalecimiento durante 16 sesiones y al término de las mismas fueron sometidos a las mismas valoraciones encontrándose un promedio de 21.8kg (± 6.11) para el valor de 1RM en rodilla operada y un promedio de 25.8kg (± 1.1) para la rodilla sana, arrojando una diferencia significativa con una $p=0.006$ y una $p=0.03$ para el valor final con respecto al inicial en la rodilla operada y la rodilla sana respectivamente y sin diferencia significativa interlado con una $p=0.11$ a diferencia de su evaluación inicial, lo que nos indica un aumento de la 1RM final así como un equilibrio de fuerza entre ambas rodillas al final del tratamiento. Al análisis final de los parámetros isocinéticos se encontró un promedio de fuerza para los músculos extensores de rodilla operada de 53.5 (± 11.2) y un promedio de 62.4 (± 13.4) para la rodilla sana, obteniéndose una diferencia interlado promedio de 0.12 (± 0.1) sin significancia estadística con respecto a valores iniciales de rodilla operada y rodilla sana con una $p=0.52$ y con una $p=0.3$ respectivamente, sin embargo se observó una diferencia significativa interlado con una $p=0.04$. Se evaluó también la fuerza de músculos flexores obteniendo un promedio de 42.5 (± 3.3) en rodilla operada y un promedio de fuerza en rodilla sana de 43.9 (± 9.3) lo que arrojó una diferencia interlado promedio de 8% (± 0.085), sin mostrar una diferencia significativa del valor final con respecto al inicial de la fuerza en ambas rodillas con una $p=0.2$ y una $p=0.3$ para rodilla operada y rodilla sana respectivamente y sin diferencia significativa interlado final con una $p=0.3$ indicando de igual manera que para el valor de fuerza en los músculos extensores, para los músculos flexores tampoco hubo un aumento significativo de fuerza final con respecto a la inicial posterior al fortalecimiento isotónico pero tampoco existió un aumento de fuerza en la rodilla operada con respecto a la sana al final del tratamiento. La potencia muscular para los músculos extensores de rodilla operada tuvo un promedio de 39.5 (± 23.5) y en la rodilla sana de 46.3 (± 25.5), mientras que la potencia de los músculos flexores evaluados en la rodilla operada fue de 28.4 (± 16.4) y de 28.9 (± 16.7) para la rodilla sana, sin encontrarse una diferencia significativa del valor final con respecto al inicial de la potencia muscular de los músculos extensores en ambas rodillas con una $p=0.4$ y con una $P=0.2$ para rodilla operada y rodilla sana respectivamente así como sin diferencia significativa a su vez para los músculos flexores

con una $p=0.8$ y con una $p=0.4$ para rodilla operada y rodilla sana respectivamente y sin diferencia significativa interlado final con una $p=0.07$ para los músculos extensores y con una $p=0.2$ para músculos flexores, lo que refleja que no existió una mejoría evidente de la potencia muscular pero si se mantuvo un equilibrio entre ambas rodillas al final del tratamiento con fortalecimiento isotónico. No se encontró diferencia significativa en los valores finales de PAUM/Seg-Cmáx y Hz-Cmáx de los músculos vasto medial y recto femoral de la rodilla operada con respecto a los valores iniciales ni interlado. Los resultados se muestran en la tabla 2.

4.3.3 Análisis Intergrupo

Al inicio del programa ambos grupos no mostraron diferencias significativas en cuanto a la valoración inicial de 1RM, fuerza y potencia muscular tanto de músculos extensores como flexores así como de los parámetros de PAUM/seg-Cmáx y Hz-Cmáx estudiados en los músculos vasto lateral y recto femoral realizados previo al inicio del programa de fortalecimiento al que fueron asignados, únicamente se encontró una diferencia significativa en el valor de PAUM/Seg-Cmáx del músculo vasto medial de la rodilla sana con una $p=0.007$; por lo que la población debe ser considerada como homogénea. Durante el programa de fortalecimiento no se reportaron efectos adversos al ejercicio como dolor, inflamación o desgarros musculares.

Al término de las sesiones de fortalecimiento, en ninguno de los 2 grupos se encontraron diferencias significativas en cuanto al valor de 1RM, fuerza de los músculos extensores, fuerza y potencia muscular de músculos flexores, así como de los parámetros de PAUM/seg-Cmáx y Hz-Cmáx estudiados en los músculos vasto medial, vasto lateral y recto femoral, sin embargo se encontró una diferencia significativa únicamente para el valor de la potencia muscular de los músculos extensores en la rodilla sana con un promedio de 73.3W, (± 39.2) y una $p= 0.048$. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Variable	Grupo isocinético				Grupo isotónico					
	Inicio del Programa		Final del Programa		Inicio del Programa		Final del Programa			
	Prom.	SD	Prom.	SD	p	Prom.	SD	p		
1RM RO	13.2	(±9.4)	22.1	(±12.8)	0.02**	12.5	(±7.17)	21-8	(±6.11)	0.006**
1RM RS	26.3	(±19.1)	34.4	(±22.5)	0.03**	16	(±6.68)	25.8	(±1.10)	0.03**
Fuerza Ext. RO (N/m)	46.4	(±32.7)	84.2	(±36.5)	0.09	48.8	(±14.1)	53.5	(±11.2)	0.52
Fuerza Ext. RS (N/m)	77.8	(±86.4)	142	(±97.9)	0.3	65.2	(±21.1)	62.4	(±13.4)	0.31
Diferencia de Fuerza Interlado Ext.(N/m)	0.30	(±0.23)	8.9	(±19.05)	0.3	3.88	(±8.48)	0.12	(±0.10)	0.57
Fuerza Flex. RO (N/m)	32.2	(±10.9)	58.9	(±20)	0.03**	34	(±10.1)	42.5	(±3.37)	0.21
Fuerza Flex. RS (N/m)	54.2	(±41.2)	77.7	(±47.4)	0.2	37.7	(±12.4)	43.9	(±9.38)	0.37
Diferencia de Fuerza Interlado Flex. (N/m)	0.38	(±0.19)	0.25	(±0.16)	0.3	0.14	(±0.08)	0.08	(±0.08)	0.052
Potencia Ext. RO (W)	44.3	(±15.4)	66.6	(±26.3)	0.03**	34.3	(±26.4)	39.5	(±23.5)	0.42
Potencia Ext. RS (W)	73.3	(±39.2)	101.2	(±39.6)	0.2	39.7	(±28)	46.3	(±25.5)	0.28
Potencia Flex. RO (W)	39.2	(±30.9)	39.7	(±19.3)	0.9	26.3	(±15.9)	28.4	(±16.4)	0.82
Potencia Flex. RS (W)	44.1	(±18.3)	53.7	(±18.1)	0.3	28.7	(±16.4)	28.9	(±16.7)	0.46
Hz-Cmáx VM RO	65.4	(±40.3)	95	(±57.5)	0.5	54.4	(±9.75)	95	(±57.3)	0.30
Hz-Cmáx VM RS	64	(±47.6)	106	(±77.8)	0.4	69.5	(±22.1)	103.7	(±95.6)	0.56
Hz-Cmáx VL RO	88	(±49.5)	139	(±105)	0.3	78.1	(±23.3)	97.5	(±69.3)	0.54
Hz-Cmáx VL RS	99	(±63.4)	131	(±118)	0.6	73.6	(±27.4)	118.7	(±101.6)	0.34
Hz-Cmáx RF RO	38	(±26.3)	75	(±79.8)	0.3	72.9	(±19.2)	96.2	(±89.7)	0.58
Hz-Cmáx RF RS	53	(±26.3)	140	(±101)	0.007	77.2	(±28)	113.7	(±106)	0.44
PAUM/s-Cmáx VM RO	14.2	(±5.9)	14.4	(±4.97)	0.8	9.39	(±4.72)	16.7	(±4.11)	0.15
PAUM/s-Cmáx VM RS	17.6	(±1.67)	16	(±3.31)	0.2	10	(±4.57)	16	(±4.96)	0.29
PAUM/s-Cmáx VL RO	12.6	(±5.77)	14.8	(±4.43)	0.4	8.88	(±3.89)	16.7	(±2.62)	0.050**
PAUM/s-Cmáx VL RS	17.4	(±3.57)	16.6	(±1.81)	0.6	10.9	(±5.72)	19.7	(±3.77)	0.03***
PAUM/s-Cmáx RF RO	14.8	(±4.65)	15	(±6.16)	0.8	13.6	(±4.4)	20.2	(±3.68)	0.09
PAUM/s-Cmáx RF RS	18.2	(±2.94)	17.2	(±1.81)	0.6	11.8	(±6.28)	18.2	(±6.55)	0.20

Tabla 2. Variables cuantitativas al inicio y al final del tratamiento en cada grupo de estudio.

*Prom= Promedio, SD= Desviación estándar, RO=Rodilla operada, RS=Rodilla sana, Ext= Extensores, Flex= Flexores, N/m=Newton/metro, W=Watt, FA= Frecuencia de activación, VM=Músculo vasto medial, VL=Músculo vasto lateral, RF=Músculo recto femoral.

**p estadísticamente significativa (p<0.05)

Variables	Grupo Isocinético Inicial		Grupo Isotónico Inicial		Valoración intergrupo Inicial	Grupo Isocinético Final		Grupo Isotónico Final		Valoración Intergroupo Final
	Prom.	SD	Prom.	SD	p	Prom.	SD	Prom.	SD	p
1RM RO	13.2	(±9.4)	12.5	(±7.17)	0.98	22.1	(±12.8)	21.8	(±6.11)	0.96
1RM RS	26.3	(±19.1)	16	(±6.68)	0.23	34.4	(±22.5)	25.8	(±1.10)	0.47
Fuerza Ext. RO (N/m)	46.4	(±32.7)	48.8	(±14.1)	0.93	84.2	(±36.5)	53.5	(±11.2)	0.15
Fuerza Ext. RS (N/m)	77.8	(±86.4)	65.2	(±21.1)	0.44	142	(±97.9)	62.4	(±13.4)	0.15
Diferencia de Fuerza interlado Ext. (N/m)	0.30	(±0.23)	3.88	(±8.48)	0.13	8.9	(±19.05)	0.12	(±0.10)	0.39
Fuerza Flex. RO (N/m)	32.2	(±10.9)	34	(±10.1)	0.43	58.9	(±20)	42.5	(±3.37)	0.15
Fuerza Flex. RS (N/m)	54.2	(±41.2)	37.7	(±12.4)	0.41	77.7	(±47.4)	43.9	(±9.38)	0.20
Diferencia de Fuerza interlado Flex. (N/m)	0.38	(±0.19)	0.14	(±0.08)	0.054	0.25	(±0.16)	0.08	(±0.08)	0.09
Potencia Ext. RO (W)	44.3	(±15.4)	34.3	(±26.4)	0.61	66.6	(±26.3)	39.5	(±23.5)	0.15
Potencia Ext. RS (W)	73.3	(±39.2)	39.7	(±28)	0.21	101.2	(±39.6)	46.3	(±25.5)	0.04**
Potencia Flex. RO (W)	39.2	(±30.9)	26.3	(±15.9)	0.54	39.7	(±19.3)	28.4	(±16.4)	0.38
Potencia Flex. RS (W)	44.1	(±18.3)	28.7	(±16.4)	0.32	53.7	(±18.1)	28.9	(±16.7)	0.07
Hz-Cmáx VM RO	65.4	(±40.3)	54.4	(±9.75)	0.59	95	(±57.5)	95	(±57.3)	1
Hz-Cmáx VM RS	64	(±47.6)	69.5	(±22.1)	0.89	106	(±77.8)	103.7	(±95.6)	0.52
Hz-Cmáx VL RO	88	(±49.5)	78.1	(±23.3)	0.54	139	(±105)	97.5	(±69.3)	0.71
Hz-Cmáx VL RS	99	(±63.4)	73.6	(±27.4)	0.30	131	(±118)	118.7	(±101.6)	0.96
Hz-Cmáx RF RO	38	(±26.3)	72.9	(±19.2)	0.08	75	(±79.8)	96.2	(±89.7)	0.87
Hz-Cmáx RF RS	53	(±26.3)	77.2	(±28)	0.35	140	(±101)	113.7	(±106)	0.71
PAUM/s-Cmáx VM RO	14.2	(±5.9)	9.39	(±4.72)	0.34	14.4	(±4.97)	16.7	(±4.11)	0.47
PAUM/S-Cmáx VM RS	17.6	(±1.67)	10	(±4.57)	0.007**	16	(±3.31)	16	(±4.96)	0.46
PAUM/s-Cmáx VL RO	12.6	(±5.77)	8.88	(±3.89)	0.45	14.8	(±4.43)	16.7	(±2.62)	0.17
PAUM/s-Cmáx VL RS	17.4	(±3.57)	10.9	(±5.72)	0.10	16.6	(±1.81)	19.7	(±3.77)	1
PAUM/s-Cmáx RF RO	14.8	(±4.65)	13.6	(±4.4)	0.78	15	(±6.16)	20.2	(±3.68)	0.14
PAUM/S-Cmáx RF RS	18.2	(±2.94)	11.8	(±6.28)	0.13	17.2	(±1.81)	18.2	(±6.55)	0.75

Tabla 3. Valoración Intragrupo al inicio y al final del tratamiento

*Prom= Promedio, SD= Desviación estándar, RO=Rodilla operada, RS=Rodilla sana, Ext= Extensores, Flex= Flexores, N/m=Newton/metro, W=Watt, FA= Frecuencia de activación, VM=Músculo vasto medial, VL=Músculo vasto lateral, RF=Músculo recto femoral.

**p estadísticamente significativa (p<0.05)

5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 Discusión

5.1.2 Grupo Isocinético

Las valoraciones, así como la prescripción del ejercicio isocinético, no han sido muy difundidas a lo largo del tiempo, este concepto fue ideado por James Perrine⁵ e introducido en la literatura científica en 1967 por Hislop, Perrine, y Thistle⁵; sin embargo cada vez es más frecuente y de mayor conocimiento la utilidad de su aplicación en lesiones ortopédicas. No se encuentra en la bibliografía de diferentes bases de datos (UNAM, MedLine, Cochrane Library) donde se establezca un protocolo de fortalecimiento idóneo para los pacientes sometidos a artroplastia de rodilla y muy pocos estudios han comparado el ejercicio isocinético con otros tipos de ejercicios; tal es el caso del estudio descrito por Sibel Eyigor¹⁴ donde se compara la eficacia del ejercicio isotónico versus el ejercicio isocinético en pacientes con osteoartritis de rodilla, sin embargo no se utiliza la valoración de 1RM, como lo realizado en nuestro estudio, además nuestro trabajo es el primero en estudiar variables electromiográficas como HZ-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx para finalmente realizar comparaciones objetivas evidentes y una diferencia también importante es que nosotros trabajamos con pacientes posoperados de artroplastia de rodilla. En otro estudio descrito por Huang y colaboradores se evalúa también la eficacia de ambos programas de fortalecimiento en pacientes con patología de rodilla sin embargo se utiliza un entrenamiento isocinético a dos velocidades (60°/seg y 180°/seg) mientras que en nuestro estudio solo se realizó a una velocidad angular de 60°/seg, además se compararon no solos dos tipos de ejercicio sino un programa de fortalecimiento isométrico y comparación con un grupo control, lo cual no realizamos en esta ocasión.

En nuestro estudio encontramos que al término de las sesiones de entrenamiento en el grupo de pacientes sometidos a ejercicio isocinético se obtuvo una mejoría estadísticamente significativa de la 1RM final con respecto a las valoraciones al inicio del programa en todos los pacientes tanto en la rodilla operada como en la rodilla sana, lo que comprueba la eficacia de este programa en lograr el aumento de peso en kg levantado por los pacientes y relevantemente más importante sin encontrarse diferencia interlado significativa entre ambas rodillas en el valor de 1RM, lo que indica un equilibrio muscular de ambas extremidades. Al evaluar la fuerza muscular se encontró una mejoría significativa de la misma en los músculos flexores únicamente de la rodilla operada posterior al término del ejercicio isocinético, sin mostrar una diferencia significativa con respecto a la fuerza de flexores en la rodilla sana, cumpliendo con el objetivo de diferencia <10% descrito por los autores (Divir, 2004, Noyes, Barber, Mangine 1991), mientras que no se encontró una ganancia de fuerza muscular en los músculos extensores evaluados al final del ejercicios en la rodilla operada ni en la rodilla sana de los pacientes sin embargo cumpliéndose nuevamente el objetivo de una diferencia interlado entre músculos flexores/extensores no significativa. En un el estudio de Huang y colaboradores encontraron una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo a velocidad angular de 60°/seg en el grupo de pacientes con ejercicio isocinético y el grupo con ejercicio isotónico, mientras que a una velocidad angular de 180°/seg se encontró una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo sólo en el grupo de ejercicio isocinético, sin embargo en nuestro estudio se evaluó únicamente a una velocidad angular de 60°/ seg. pero a diferencia de estos autores siendo significativo el aumento de fuerza para los músculos flexores a dicha velocidad.

A diferencia de lo observado con respecto a la fuerza muscular, los parámetros de potencia muscular evaluados al final del entrenamiento isocinético, en este estudio se encontró una ganancia de potencia en los músculos extensores únicamente de la rodilla

operada de los pacientes en este grupo, pero sin mostrar diferencia significativa interlado logrando así cumplir nuevamente el objetivo $<10\%$ e interpretándose como un equilibrio muscular entre ambas rodillas, mientras que para los músculos flexores no hubo un cambio o ganancia de potencia muscular evidente en ninguna de las rodillas de los pacientes evaluados.

Como ya se ha mencionado anteriormente no se tiene el conocimiento de la existencia de otro estudio que evalúe parámetros electromiográficos junto a valores isocinéticos de fuerza y potencia muscular para comparar la eficacia de dos programas de fortalecimiento en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla; nosotros lo realizamos evaluando HZ-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx en los músculos vasto medial, vasto lateral y recto femoral, posterior a las sesiones de entrenamiento en ambos grupos de pacientes sin encontrar cambios significativos finales con respecto a los valores iniciales en ninguno de los pacientes sometidos al entrenamiento isocinético, no así en los pacientes sometidos al entrenamiento isotónico. Sin embargo en nuestro estudio no se evaluó HZ-Cmáx ni PAUM/seg-Cmáx en los músculos flexores de la rodilla, siendo esto una pauta para estudios posteriores.

5.1.3 Grupo Isotónico

A diferencia de lo que ocurre con los conocimientos sobre modalidades de evaluación y prescripción de ejercicio isocinético, el ejercicio isotónico ha sido ampliamente estudiado como parte fundamental del programa de rehabilitación de pacientes con patologías ortopédicas de rodilla, tal es el caso de lo descrito por las guías del panel de Filadelfia de práctica clínica basada en evidencia que recomiendan el incluir ejercicios de fortalecimiento como intervenciones para el manejo del dolor y la mejoría de la función en pacientes con osteoartritis de rodilla. Otro estudio descrito por Sisto¹⁰ y colaboradores concluyeron que los ejercicios de fortalecimiento isotónico del músculo cuádriceps mejoran la habilidad para controlar las fuerzas en la articulación de la rodilla durante los movimientos dinámicos disminuyendo a su vez la sintomatología de dolor e inestabilidad articular, sin embargo como ya se ha mencionado son pocos los estudiados con el objetivo de comparar los resultados posterior a un programa de fortalecimiento isotónico versus isocinético al término de las mínimas 16 sesiones requeridas de acuerdo a los tiempos de reparación de los diferentes tejidos involucrados en la lesión de la articulación de la rodilla.

En nuestro estudio se encontró un aumento significativo en el valor final de la 1RM en la rodilla operada y en la rodilla sana con respecto al valor inicial en todos los pacientes sometidos a entrenamiento isotónico, además fue relevante el hecho de que al inicio se encontró una diferencia interlado en dicho valor $<10\%$, lo cual fue eliminado al final del tratamiento, sin encontrarse diferencia significativa en el valor de la 1RM entre rodilla sana y rodilla operada obteniéndose un equilibrio muscular interlado. Con respecto a la fuerza muscular nosotros observamos que posterior a la finalización del entrenamiento isotónico no se obtuvo ganancia significativa de la misma en los músculos extensores de la rodilla operada ni en la rodilla sana de los pacientes, sin encontrarse una diferencia interlado $>10\%$ cumpliendo con el objetivo de equilibrio muscular establecido por los autores (Divir, 2004, Noyes, Barber, Mangine 1991), antes mencionado, pero si con un cambio de los valores interlado finales con respecto a los iniciales. Lo que indica que a pesar de que el programa de fortalecimiento isotónico no logró una mejoría significativa en la fuerza de los músculos extensores al final del tratamiento si mejoró la fuerza de la rodilla operada con respecto a la rodilla sana, posiblemente requiriendo un mayor número de sesiones de entrenamiento en dichos pacientes mayor a lo realizado en nuestro estudio o bien lo que

podiera marcar una pauta para estudios posteriores con seguimiento a más largo plazo. En cuanto a los cambios observados en los valores de fuerza final con respecto a las valoraciones iniciales para los músculos flexores, en nuestro estudio no encontramos un aumento o ganancia de fuerza significativo para este grupo de músculos, al igual que lo observado para los músculos extensores en ambas rodillas, manteniéndose un balance interlado adecuado pero a diferencia de los músculos extensores tampoco existió un aumento de fuerza en la rodilla operada con respecto a la sana al final del tratamiento plasmado en que no existieron cambios en los valores finales de diferencia entre ambas rodillas con respecto a la valoración inicial. Contrario a lo descrito en el estudio de Guilhem y colaboradores 2010¹³, quienes evaluaron los efectos en el sistema musculotendinoso en pacientes con patología articular de rodilla, posterior a un programa de ejercicio isotónico e isocinético de tipo excéntrico reportándose que el ejercicio isotónico excéntrico fue superior para la ganancia de fuerza muscular¹³. La potencia muscular no obtuvo ningún cambio relevante al final del tratamiento isotónico para ninguno de los grupos musculares, lo cual pudiera explicarse como dificultad para el control de los cambios de velocidades en un tipo de ejercicio isotónico dependiente del ejecutador, a diferencia de lo que ocurre en un entrenamiento isocinético donde se puede manejar perfectamente la velocidad angular a la cual un paciente realiza el ejercicio, si conocemos que debido a leyes biomecánicas como “Ley de Hill” es fácil deducir que a mayor velocidad menor ganancia de fuerza y menor velocidad mayor fuerza, a su vez el concepto de potencia es bien conocido como fuerza dependiente de velocidad, todo esto pudiera explicar la ineficacia del programa de entrenamiento isotónico para la ganancia significativa de potencia y no así para la ganancia significativa de fuerza muscular. Nosotros propones añadir al programa isotónico una etapa final de ejercicios pliométricos que involucren cambios de dirección y sentido para optimizar los valores de potencia en dichos pacientes. Similar a lo observado en el grupo de fortalecimiento isocinético en los pacientes sometidos al grupo de entrenamiento isotónico tampoco revelaron cambios finales con respecto al valor inicial en las variables electromiográficas estudiadas, sin embargo redundamos en la idea de que no se estudiaron dichos valores los músculos flexores de rodilla.

5.1.4 Comparación entra ambos programas de entrenamiento (Isocinético/Isotónico)

Conociendo los métodos de fortalecimiento isotónico y el fortalecimiento isocinético así como sus ventajas y desventajas como parte del tratamiento rehabilitatorio de pacientes con patología de rodilla, resultó interesante plantear el objetivo de realizar una comparación de sus efectos. En nuestro estudio partiendo de una población total homogénea en la que las valoraciones iniciales de 1RM, fuerza y potencia de músculos extensores y flexores de rodilla así como Hz-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx del vasto lateral y recto femoral fueron similares sin mostrar diferencias significativas en ninguno de los dos grupos obtuvimos resultados fidedignos al final del tratamiento de ambos tipos de entrenamiento sin diferencia estadística entre ambos grupos en los valores de 1RM, fuerza de músculos extensores así como fuerza y potencia de músculos flexores, al igual que en el estudio descrito por Sibel Eyigor¹⁴ donde se encontró un aumento del pico torque en sus dos grupos de estudio: isocinético versus isotónico, sin diferencia significativa entre ambos. Al igual en los parámetros electromiográficos de HZ-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx en vasto medial, vasto lateral y recto femoral, lo cual no ha sido antes descrito en la literatura. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos para el valor de potencia de músculos extensores, la cual fue mayor en el grupo de fortalecimiento isocinético difiriendo de los estudios de Huang y colaboradores¹⁵.

quienes demostraron que el ejercicio isocinético obtuvo una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo y potencia a velocidad angular de $60^\circ/\text{seg}$ al igual que con el ejercicio isotónico, mientras que a una velocidad angular de $180^\circ/\text{seg}$ se encontró una ganancia significativa ($p < 0.05$) en el torque máximo sólo en el grupo de ejercicio isocinético. Además en estudios recientes se ha observado que ambos tipos de ejercicio (isotónico/isocinético) mejoran de manera significativa los parámetros isocinéticos valorados, sin existir diferencia significativa entre ambos tipos de ejercicio, con la única diferencia en las ventajas de seguridad que el ejercicio isocinético ofrece para evitar lesiones al controlar la velocidad, arco de movilidad y resistencia a vencer durante la sesión de ejercicio^{14 15} similar a lo observado en nuestro estudio con la única excepción de la ganancia de potencia muscular al realizar ejercicio isocinético, lo cual podría ser de utilidad su conocimiento para decidir de acuerdo a las necesidades del paciente así como características físicas, actividades laborales o deportivas la prescripción idónea del tipo de fortalecimiento.

5.3. Conclusión

Este trabajo deberá considerarse como estudio piloto, pero los programas de fortalecimiento propuestos cumplieron los objetivos rehabilitatorios para ambos grupos de estudio por lo que se demuestra que pueden ser aplicables a pacientes posoperados de artroplastía de rodilla con resultados favorables y sin efectos adversos.

Contestando las preguntas de investigación planteadas, el programa de entrenamiento a base de ejercicio isotónico resultó eficaz para aumentar los valores de 1RM así como de fuerza muscular en pacientes posoperados de artroplastía de rodilla, no así para el aumento de potencia muscular de los músculos extensores de rodilla e indiferente para los cambios electromiográficos de Hz-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx de los músculos vasto medial, vasto lateral y recto femoral. Mientras que el programa de entrenamiento a base de ejercicio isocinético resultó eficaz para aumentar todos los valores estudiados como 1RM, fuerza y potencia muscular e indiferente para los parámetros electromiográficos HZ-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx de musculo vasto medial, vasto lateral y recto femoral de los pacientes operados de artroplastía de rodilla al ser sometidos ambos grupos a similares valoraciones y mismo tiempo de tratamiento.

Finalmente podemos concluir que ambos métodos de fortalecimiento son eficaces para el tratamiento de pacientes posoperados de artroplastía de rodilla, ya que todos los pacientes cumplieron los objetivos rehabilitatorios al final de las sesiones de entrenamiento logrando máxima capacidad física así como funcionalidad e independencia demostrado mediante el aumento de fuerza muscular y el equilibrio en músculos flexores/extensores así como interlado entre rodilla sana/rodilla operada, sin embargo el ejercicio isocinético mostró mayor eficacia para el aumento del parámetro de potencia muscular; si tomamos en cuenta que los pacientes que generalmente son sometidos a este tipo de procedimiento son de edad mayor por problemas degenerativos cuyas actividades laborales o deportivas son de moderadas a mínimas resulta indiferente el tipo de entrenamiento al que sean sometidos, sin embargo como el aumento de potencia muscular es parte fundamental de la última fase de rehabilitación de pacientes con un índice de actividad mayor, resulta idóneo recomendar el ejercicio isocinético para pacientes que sufren de artroplastía de rodilla y tienen un nivel mayor de actividad laboral y deportiva. Además no podemos olvidar las ventajas que el ejercicio isocinético nos

brinda como mayor seguridad tener el control sobre velocidad, arco de movilidad y resistencia a vencer durante la realización del ejercicio.

La importancia de este estudio radica en la importancia de conocer adecuadamente los efectos de los diferentes tipos de entrenamiento así como del diseño del mejor método adecuado a las características del paciente.

5.3. Limitantes del estudio

La muestra del estudio fue pequeña sin ser representativa del total de pacientes posoperados de artroplastia de rodilla en el centro médico nacional 20 de noviembre por lo que los valores aplican para un muestreo piloto. De igual manera participaron pacientes con gonartrosis bilateral lo que pudo haber modificado algunos de los resultados obtenidos como la diferencia de fuerza y potencia muscular interlado. Otra limitante es que a pesar de ser los primeros en estudiar parámetros de Hz-Cmáx y PAUM/seg-Cmáx mediante estudio de EMGS y compararlos con los resultados obtenidos mediante valoración de 1Rm así como fuerza y potencia muscular mediante isocinecia, esto solo se realizó en los músculos extensores (vasto medial, vasto lateral y recto femoral) y no así en músculos flexores de rodilla (isquiotibiales).

REFERENCIAS

1. The care and management of osteoarthritis in adults. 2008. NICE clinical guideline 59. National Institute for Health and Clinical Excellence. UK.
2. Artroplastia de rodilla. S. Castiella-Muruzábal et al. *Rehabilitación (Madr)*. 2007;41(6):290-308.
3. Ortega Andreu, M. et al. Total knee arthroplasty. *Rev Ortop Traumatol* 2002; 5:476-48.
4. Astrand Rodahl, *Fisiología del Trabajo Físico*, 3ª Edición 1992 Editorial Panamericana. Best y Taylor, *Bases Fisiológicas de la Práctica Médica*, 12ª Edición 1994 Editorial Panamericana.
5. Hitler, B et al. Valoración isocinética del tronco en sujetos asintomáticos del Centro Nacional de Rehabilitación. *Acta Ortopédica Mexicana* 2005; 19(2): Mar-Abr: 49-55.
6. Kannus P et al. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Journal Sports Medicine* 2004;(15):11-18.
7. Kisner, C et al. *Ejercicio Terapéutico*. Editorial Paidotribo. Barcelona. Primera edición 2005; 345-352.
8. M.A. Cavalcanti, G et al. Surface electromyography: Why, when and how to use it. *Rev Anal Med Deporte*. 2011; 4(1):17-28.
9. Pages E, et al. Evaluación de dos técnicas de rehabilitación tras la prótesis total de rodilla. *Rehabilitación (Madr)* 2000; 34(4):271-275.
10. Pais, J. L et al. Comparative study of the mobility and need for physical therapy with mobile bearing knee (MBK) and posterior stabilized (LPS) arthroplasty. *Revista de ortopedia y traumatología*, volumen 45, pp 118-122.
11. Pérez, C. *Metodología y valoración del entrenamiento de la fuerza*. Universidad de Murcia. 2005.
12. Vallodor Eric, Madrid España. 2008; disponible en: www.entrenamientodeportivo.wordpress.com/test-de-1-rm-repeticion.html
13. Guilhem G. et al. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Annals of Physical and Rehabilitación Medicine* 2010. 53: 319-341.
14. Delgado, V et al. Ejercicio isocinético en pacientes con gonartrosis. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación* 2010; 22: 12-20.
15. Anchuela, O et al. La relación isquiotibiales/cuádriceps como índice predictivo de gonartrosis. *Revista española de cirugía osteoarticular*, ISSN 0304-5056, Vol. 34, Nº. 197, 1999: 11-14.

16. Burns, A et al. Cost effectiveness of revision total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 2006; 446:29-33.
17. Aguilera, Z et al. Actualidades en la cirugía de reconstrucción articular de rodilla. Reumatol Clin. 2007; 3 Supl 3:S54-6.
18. México DF. 2006; disponible en: www.insp.mx/encuesta-nacional-salud-y-nutricion-2006.html.
19. Rizo, C. y Campistrous, L. Sobre las hipótesis y las preguntas científicas en los trabajos de investigación (1er ed.) [CD-ROM] 1999. La Habana: Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba.
20. Sánchez Teresa et al. Guía metodológica para la elaboración de un protocolo de investigación en el área de la salud Editorial PRADO. Cap. V: 29-41

6. ANEXOS

ANEXO 1

Formato de Consentimiento Informado

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACION EN PROYECTOS DE INVESTIGACION CLINICA
México, D.F., a ____ de _____ 2012.

Por medio del presente, se me ha invitado a participar en el proyecto de investigación titulado: “Eficacia del programa de fortalecimiento isocinético e isotónico resistido para pacientes posoperados de artroplastia de rodilla del centro médico nacional 20 de noviembre 2012-2013”. Se me ha explicado que el objetivo de este estudio es comparar los cambios en la fuerza muscular mediante un programa de ejercicio a velocidad regulable en un aparato especial de tipo concéntrico /concéntrico contra un programa de ejercicio de fortalecimiento isotónico resistido concéntrico/excéntrico en pacientes posoperados de artroplastia de rodilla para determinar que son igual de eficaces en mi padecimiento y de esta manera sean parte de mi evaluación y terapéutica y ayuden a una mejor integración de mi programa de rehabilitación.

Se me ha explicado que mi participación o la de mi familiar a cargo consistirá en realizar una valoración de fuerza muscular que corresponderá al máximo peso que se puede levantar en un solo intento y posterior a una recuperación de 48 horas, a una valoración de fuerza muscular en un aparato específico que regula la velocidad en que se realiza el movimiento para vencer un peso determinado, finalmente con una recuperación de 1 hora a una valoración mediante estudio electromiográfico de superficie. Se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes y/o molestias, tales como calambres, dolor o fatiga muscular en extremidades inferiores que cederán con el reposo, en caso de así presentarse, se me realizará una revisión en el momento preciso y se me determinará la gravedad de la sintomatología y aplicará tratamiento necesario; además se me han explicado los beneficios derivados de mi participación o la de mi familiar a mi cargo en el estudio, que consistirán en una evaluación complementaria que reenfoque mi programa de rehabilitación y que dichas evaluaciones en caso de ser positivas podrán ser aplicadas en la generalidad en todos los pacientes que cursen con daños degenerativos en la articulación de la rodilla que hayan sido sometidos a colocación de prótesis total de la misma, obteniendo beneficios en cuanto a mejor función en la realización de las actividades de la vida diaria así como en la calidad de vida.

El investigador principal se ha comprometido a darme información oportuna sobre cualquier procedimiento alternativo adecuado que pudiera ser ventajoso para el tratamiento, así como responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee acerca de lo relacionado con la investigación o con el tratamiento. Entiendo que conservo el derecho de retirarme o de retirar a mi familiar a mi cargo del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención médica que recibo en esta institución de salud. El investigador principal me ha dado seguridades de que no se me identificará a mí o a mi familiar a mi cargo en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial. También se ha comprometido a proporcionarme la información actualizada que se obtenga durante el estudio, aunque con esta pudiera cambiar de parecer respecto a la permanencia en el mismo.

Nombre y firma del paciente

Nombre y Firma Testigo 1

Nombre y firma Testigo 2

Nombre y firma de médico investigador

* Ante cualquier aclaración o duda respecto a la realización de las pruebas del protocolo de estudio en cuestión, comunicarse con Dr. Pavel Loeza Magaña, Dra. Macarena Montoya Olvera y Dra. Karla Verónica Márquez Manríquez. Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, 1er Piso, Tel 52005003 Ext. 1218. Pertenecientes al CMN 20 de Noviembre, I.S.S.S.T.E, con dirección en Av. Félix Cuevas No. 540. Col. Del Valle Delegación Benito Juárez. CP 03229. *Dr. Abel Archundia García. Presidente del Comité de Ética. Ext. 14629

ANEXO 2
CONCENTRACIÓN DE DATOS DE PACIENTES

FECHA: _____

NOMBRE DEL PACIENTE: _____

PROGRAMA REHABILITATORIO: _____

SEXO: _____ LADO AFECTADO: _____

EDAD: _____

Variable	EVALUACIÓN INICIAL	EVALUACIÓN POST EJERCICIO
Pico Torque		
Potencia		
1RM		
Patrón de interferencia en EMG de superficie.		
Número de PAUM/segundo durante la contracción máxima en EMG de superficie.		
Frecuencia de activación durante la contracción máxima en EMG de superficie.		

EFFECTOS ADVERSOS DEL PACIENTE:

Dolor _____

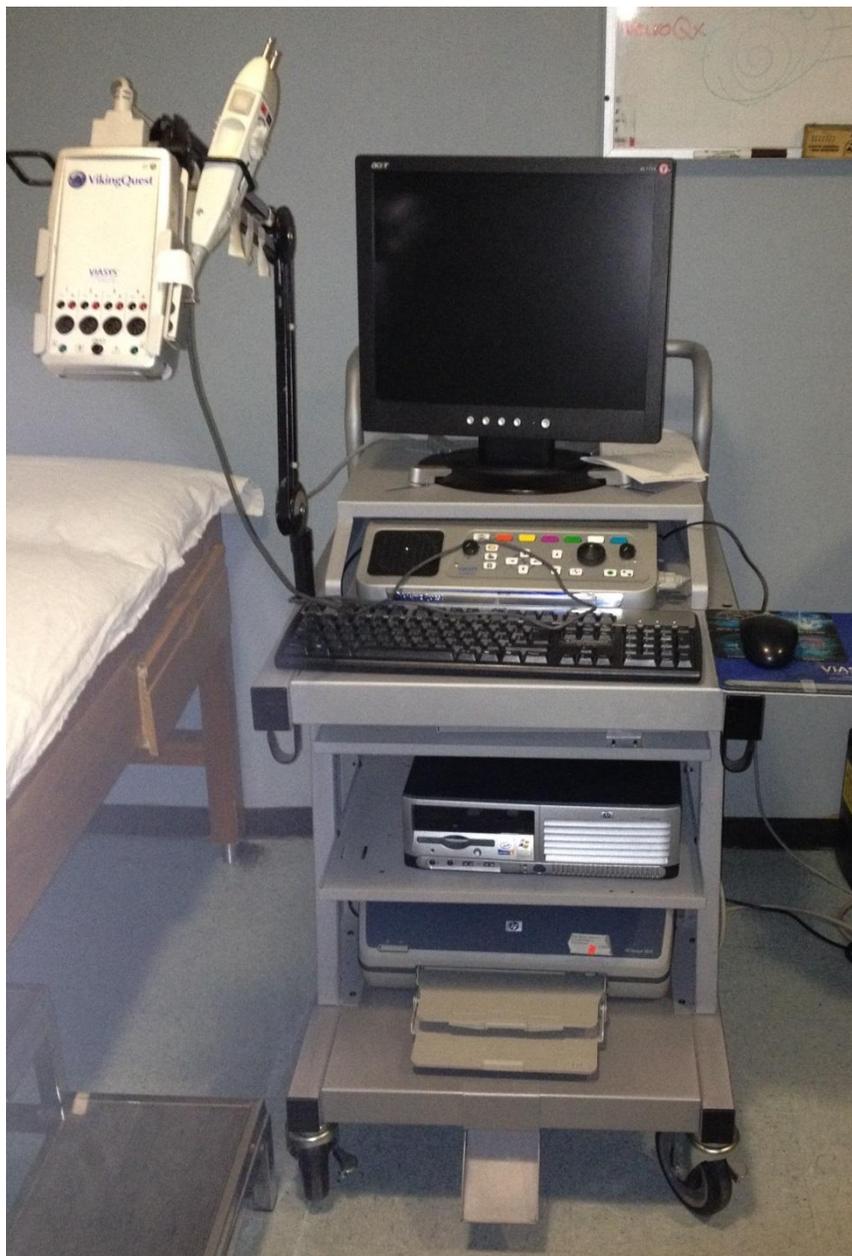
Inflamación _____

Fatiga muscular _____

Dra. Verónica Márquez Manríquez MFyR

ANEXO 3

Electromiógrafo “Viking Quest” (Neurodiagnostic system, Viasys healthcare neurocare group, version 8.2.01) del CMN 20 de noviembre ISSSTE. Servicio de Medicina Física y Rehabilitación



ANEXO 4

Equipo de fortalecimiento isotónico en cadena cinética abierta “air machine” (air powered system, rhairsotonic, RHA 190) del CMN 20 de noviembre ISSSTE, Servicio de Medicina Física y Rehabilitación.



ANEXO 5

Equipo isocinético "Con-trex MJ" (biomechanical Test-and training systems, software version 1.7.3)
Del CMN 20 de noviembre ISSSTE, Servicio de Medicina Física y Rehabilitación.



ANEXO 6

Cicloergometro SCIFIT Systems Inc (modelo ISO7000R)
del CMN 20 de noviembre ISSSTE, Servicio de Medicina Física y Rehabilitación.



ANEXO 7
ESCALA DE MRC (LOVETT/DANIELS)

- 0 No hay contracción visible o palpable
- 1 Contracción visible o palpable
- 2 Desplaza segmentos completando arco de movilidad en favor de la gravedad
- 3 Desplaza segmentos completando arco de movilidad en contra de la gravedad
- 4 Desplaza segmentos completando arco de movilidad tolerando resistencia mínima
- 5 Desplaza segmentos completando arco de movilidad tolerando resistencia máxima

ANEXO 8
MÉTODO DE BERGER

Determinación de la 1RM mediante la siguiente fórmula:

$$1RM = \text{Peso (kg)} \times (0.033 \times \text{Número de repeticiones}) + \text{kg}$$

Donde 1RM es igual a una repetición máxima, peso es el peso levantado, número de repeticiones es la cantidad de veces que se realiza el ejercicio en arco completo hasta la fatiga.