



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
CENTRO MEDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"
I.S.S.S.T.E.

**"ESTANDARIZAR LOS VALORES NORMATIVOS DE FUERZA ISOCINETICA EN CADENA
CINÉTICA CERRADA PARA MIEMBROS PÉLVICOS EN POBLACIÓN ADULTA SANA"**

TESIS DE POSGRADO

Para obtener el título de:
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

P R E S E N T A
DRA. VIRIDIANA REYES BELLO

REGISTRO 116.2013

ASESORES DE TESIS:
DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA
DRA. ILIANA LUCATERO LECONA

MÉXICO D.F. JULIO 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DRA. AURA ERAZO VALLE SOLÍS
SUBDIRECTORA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

DRA. ILIANA LUCATERO LECONA
JEFA DE SERVICIO DE MEDICINA FISICA Y REHABILITACION,
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA FISICA Y REHABILITACION Y
SEGUNDO ASESOR DE TESIS.

DR. PAVEL LOEZA MAGAÑA
JEFE DE ENSEÑANZA DEL SERVICIO DE MEDICINA FISICA Y
REHABILITACION Y PRIMER ASESOR DE TESIS.

DRA. VIRIDIANA REYES BELLO
AUTORA Y RESIDENTE DE MEDICINA DE REHABILITACION DEL CENTRO
MEDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"

"No es la discapacidad lo que hace difícil la vida, sino los pensamientos y acciones de los demás"

"La Medida de la dificultad es la medida de la capacidad"

"Si a la orilla del mar encuentras a alguien con hambre; no le regales un pez, enséñale a pescar"

"LA PEOR DISCAPACIDAD ES LA DE NO DARSE CUENTA QUE SOMOS IGUALES"

"La única discapacidad que hay en la vida es la actitud negativa"

"Sólo rechazan aquellos que no son capaces de aceptarse a sí mismos"

" La discriminación es el principal impedimento de la discapacidad"

" En la debilidad se encuentra la fortaleza"

Mónica: Persona con discapacidad visual.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por haberme puesto en el camino de la Rehabilitación para poder ofrecer esperanza y calidad de vida a los seres que tanto ama y por quien dio la vida. Gracias por prestarme vida para la recta final de este camino tan difícil.

A Valentina, chartu, mi hermosa y aguerrida hija, quien ha sacrificado gran parte de su corta vida tratando de entender por qué mama no está a su lado, sin embargo siempre tiene palabras hermosas y de aliento para poder motivarme a seguir adelante en el camino, algún día crecerás y leerás estas palabras esperando que entiendas que el sacrificio de estar separadas es por ti. Gracias dios por haber puesto a este ángel hermoso en mi camino.

A mis padres, Martín y Guadalupe, quienes siempre han estado incondicionalmente a mi lado para levantarme las veces que sea necesario y seguir en el buen camino, gracias por el mejor regalo que un padre le puede dar un hijo educación y herramientas para defenderse en la vida. Gracias por creer en mí, los amo.

A José Antonio, morch, mi incondicional esposo, que me ha motivado y me ha dado ejemplos de fortaleza en cada momento desde que llego a mi vida: alegrías, tristezas, locuras, y de más, sin ti esto no hubiera sido posible, ya que fuiste pieza fundamental para elegir esta hermosa especialidad llena de calidad humana. Gracias por tú confianza y paciencia.

A mis hermanos, San, Charly y Kike, porque siempre comprendieron mi locura de estar en esta titánica batalla soportando mis desvelos y mal humor. Gracias por su apoyo y buena vibra. Su apoyo fue vital en el camino.

A mis profesores: Dra. Lucatero, Dr. Pavel, Dra. Cortés, Dra. Pimentel, Dr. Chávez, Dra. Montoya, gracias por su confianza y por creer en mí, pero sobre todo por compartir conmigo sus conocimientos y experiencia que me serán de gran utilidad al enfrentarme a la vida como especialista cuando ya no estén a mi lado para apoyarme, sin embargo me llevo las armas que compartieron conmigo. De nuevo gracias y sobre todo por no dejarme caer al precipicio cuando estuve a punto de hacerlo.

A mis compañeros residentes de todas las generaciones por hacer más ameno este difícil y hermoso camino, pero sobre todo a mis compañeras de generación por los padres y especiales momentos que vivimos juntas en Acapulco jajaja.

A todos los pacientes porque gracias a ellos pude obtener todos mis conocimientos para ayudar cada vez a más personas. Gracias por ser mi mejor bibliografía.

INDICE

RESUMEN.....	01
INTRODUCCIÓN.....	03
JUSTIFICACIÓN.....	14
OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	17
DISEÑO METODOLOGICO.....	18
ANALISIS ESTADÍSTICO.....	28
RESULTADOS.....	31
DISCUSIONES.....	33
CONCLUSIONES.....	35
ANEXOS.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

RESUMEN

En la rehabilitación ortopédica podemos utilizar ejercicio isocinético, el cual podemos definir como un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular. Actualmente, es el sistema más adecuado para evaluar de forma objetiva la fuerza muscular, en términos de parámetros físicos (momento de fuerza, trabajo y potencia). Los isocinéticos no son sólo un medio de reducción y entrenamiento muscular, sino también un sistema adecuado para la evaluación y el diagnóstico en el campo de la biomecánica.

Objetivo: Estandarizar los valores normativos isocinéticos en cadena cinética cerrada para miembros pélvicos en población mexicana sana entre 18 y 45 años de edad. **Diseño:** Se diseñó de un estudio de tipo transversal, observacional (no experimental), que cuenta con una fase descriptiva y una fase comparativa, prospectivo y abierto. Se realizaron las mediciones previa exploración física y calentamiento durante 5 minutos en banda sin fin, dichas mediciones de fuerza(N) y potencia (W) se realizaron en el equipo isocinético CON-TREX LP human kinetics; dos series de 10 repeticiones en cada pierna, una serie a velocidad de 0.1 m/s y otra a 0.3 m/s con un intervalo de descanso de un minuto por serie, posteriormente se realizó el promedio de dicha fuerza y potencia obtenidos y se tomaron dichos valores. **Resultados:** Los valores obtenidos entre hombres y mujeres tuvieron diferencias significativas de hasta 700 N menos para extensores y 200 para flexores, sin embargo se pudo observar que no existe una diferencia significativa entre miembro pélvico dominante y no dominante tanto para extensores como flexores; comportándose de la misma forma en ambos géneros. Los valores interlado para hombres no mostraron diferencia estadísticamente significativa para extensores $p=0.43$, flexores $p=0.27$ ni a 0.1 m/s, ni a 0.3 m/s. Así mismo los valores al comparativo entre géneros mostraron diferencia estadísticamente significativa $p< 0.0001$. **Conclusión:** Se lograron establecer valores normativos de fuerza y potencia isocinética en ambos géneros, así como valoración del equilibrio interlado y la relación entre agonistas –antagonistas en cadena cinética cerrada a diferentes velocidades (0.1 y 0.3 m/s) en miembros pélvicos en población adulta sana mexicana en un grupo de edad de entre 21-42 años, los cuales podemos utilizar como referencia durante el entrenamiento isocinético en nuestros pacientes y así mismo poder valorar su adecuada evolución.

ABSTRACT

In orthopedic rehabilitation we can use isokinetic exercise, which can be defined as an evaluation system that uses computer and robotic technology to obtain and process quantitative data on muscle capacity. Currently, he is best suited to objectively assess muscle strength, in terms of physical parameters (moment of force, work and power) system. Isokinetic are not only a means of re-education and muscular training, but also an adequate system for the assessment and diagnosis in the field of biomechanics. **Objective:** To standardize the isokinetic normative values for closed-chain lower limbs in healthy Mexican population between 18 and 45 years old. Design: We designed a study (not experimental) transversal, observational, with a descriptive phase and a comparative, prospective, open phase. The physical examination and measurements after heating for 5 minutes treadmill were performed, the measurements of force (N) and power (W) were performed in the isokinetic equipment CON-TREX human kinetics LP; two sets of 10 repetitions on each leg, a series of speed 0.1 m / s and the other at 0.3 m / s with an interval of one minute rest per set, then the average of the strength and power obtained was performed and took such values. **Results:** The values obtained for men and women had significant differences of up to 700 N less extensors and flexors 200 for, however it was observed that there is no significant difference between dominant and non-dominant lower limb extensors and flexors for both; behaving in the same way in both genders. The men interlado values showed no statistically significant difference $p = 0.43$ for extensors, flexors $p = 0.27$ or 0.1 m / s, or 0.3 m / s. Also the comparative values showed statistically significant gender difference $p < 0.0001$. **Conclusion:** It was possible to establish normative values of strength and isokinetic strength in both genders, as well as assessment of interlado balance and relationship between agonist-antagonists closed-chain at different speeds (0.1 and 0.3 m / s) in lower limbs in adults healthy Mexican in an age group between 21-42 years, which we can use as a reference during the isokinetic training and likewise our patients to assess their proper development.

INTRODUCCION

MARCO TEORICO

II.- CONCEPTUAL.

1.- El **método isocinético** lo podemos definir como un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular¹¹. Actualmente es el sistema más adecuado para evaluar de forma objetiva la fuerza muscular, en términos de parámetros físicos (momento de fuerza, trabajo y potencia)¹¹. También podríamos mencionar que constituye un modo objetivo de medir la fuerza realizada tanto en un movimiento analítico sobre un eje articular (isocinéticos en cadena abierta) como un movimiento complejo que implique varias articulaciones (isocinéticos en cadena cerrada)^{11,7}.

Los isocinéticos no son sólo un medio de evaluación, sino también un sistema adecuado para la reducción y entrenamiento muscular, así como, el diagnóstico en el campo de la biomecánica⁷. Las unidades de medida para fuerza son Newton (N) y para potencia Watt (W)¹.

2.- La **Dinamometría isocinética** es una técnica que estudia la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable¹. Constituye además un método avanzado de evaluación de la capacidad de un grupo muscular para desarrollar un momento torsional de fuerza¹.

En las evaluaciones se suelen utilizar varias velocidades, velocidades lentas (hasta 60°/s), intermedias (90 ó 120°/s) y rápidas (180-300°/s), dependiendo de la articulación, grupo muscular, movimiento y protocolo específico^{1, 11, 6}.

Durante la evaluación del movimiento isocinético se realizará el estudio con velocidades de movimiento baja, media y alta, que nos facilitará evaluar la coherencia total de la prueba cuando se requiere definir un déficit muscular^{5,1,11}. El ejercicio de baja velocidad movilizará principalmente fibras de tipo I, mientras que el ejercicio de alta velocidad movilizará fibras de tipo II^{5, 11}.

La mayor ventaja de los dinamómetros modernos es la posibilidad de objetivar, en una gráfica, las curvas de fuerza/arco de movimiento y 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 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, por lo tanto los dinamómetros isocinéticos se han utilizado actualmente en la rehabilitación, especialmente 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 movimiento^{2, 18}.

3.- **Ejercicio isocinético** hace referencia a un tipo específico de contracción muscular caracterizado por el desarrollo de una velocidad angular constante y programable, con una resistencia ajustable, que constituye un método de reeducación muscular complejo ².

Debido a que en la vida cotidiana y en las actividades físico-deportivas es prácticamente imposible conseguir que la velocidad de ejecución de un movimiento, a través de un eje articular, sea constante, es necesario un instrumento específico que permita su ejecución ^{2,3}. La resistencia que es capaz de vencer un músculo depende de la fuerza que realice, de su grado de contracción previo y de la posición de la articulación, esta resistencia será mínima en las zonas del movimiento en la que el músculo es más débil y mayor cuanto más fuerza se puede realizar, así mismo en las posiciones de más eficacia el movimiento es más rápido y en las más desfavorables es más lento ^{2,6,11}. Esto da lugar a que a mayor fuerza, mayor velocidad esto nos permite dibujar una curva de velocidad-posición angular ². Los ejercicios dinámicos tienen limitada la carga a desplazar por la fuerza máxima que se puede realizar en la zona menos favorable para ejercer fuerza; es decir la máxima carga dinámica depende de la zona más débil del movimiento, lo cual nos genera como principales ventajas ser capaz de desarrollar fuerza, potencia, coordinación, propiocepción y fuerza del músculo esquelético, generar rendimiento muscular voluntario máximo del músculo sano en todo el campo cinético de la articulación, siempre que este se realice en ausencia de dolor muscular o articular, ayuda al desarrollo de reclutamiento, así como al desarrollo de la exactitud de la fuerza, disminución del tiempo de inervación recíproca agonista-antagonista, las contracciones musculares son efectivas y se adaptan a la fatiga; y se acorta el tiempo de recuperación en determinadas lesiones ^{2,3,6,11}. En conclusión podríamos resumir que los isocinéticos tienen dos posibilidades de uso: la primera como una máquina de musculación, sofisticada y versátil, que sirve para ayudar y mejorar la rehabilitación de lesiones articulares y la segunda posibilidad es la de ser un instrumento preciso para la evaluación de la función muscular y valoración articular ^{2,7}. Estas dos modalidades tienen aplicación en el deportista y en la rehabilitación de lesiones del aparato locomotor, ya que se ha comprobado que la introducción de ejercicios isocinéticos acorta el tiempo de recuperación de determinadas lesiones y esto es importantísimo en el deporte profesional y que, por otro lado, la identificación de posibles alteraciones puede servir para la prevención de lesiones y actuación precoz ante alteraciones musculares ².

- Fuerza (N): Es el producto de la masa desplazada por la aceleración adquirida. Es lo que realmente realiza el músculo ¹.
- Potencia (W): Es el trabajo producido por el tiempo empleado, útil en tareas repetitivas. ¹

4.- **Cadena cinética**, este concepto se originó por primera vez gracias al científico en ingeniería alemana Franz Reuleaux (1829-1905), que es a menudo llamado el padre de la cinemática, el primer concepto propuesto fue “concepto de enlace” en su libro la Cinemática de la Maquinaria como un sistema rígido de enlace en el que se superponen varios segmentos rígidos: si ambos extremos de

este sistema se fijan de tal manera que no pueda ocurrir ningún movimiento en cualquier extremo, la aplicación de una fuerza externa provoca que cada segmento pueda recibir y transmitir fuerza para cada segmento adyacente, generando una reacción en cadena³. Posteriormente este concepto de cadena cinética fue elaborado y popularizado en la literatura de rehabilitación por Steindler en su libro de Kinesiología del cuerpo humano, el cual fue publicado en 1955³. Steindler³ propone que las extremidades deben ser consideradas como "solapamiento" de segmentos rígidos en serie y define la cadena cinética como "una combinación de varias articulaciones que se disponen sucesivamente y constituyen una unidad motora compleja."

La fuerza aplicada a uno de los segmentos produce movimientos en los demás segmentos de una manera predecible^{2,8}. En las extremidades inferiores cada segmento óseo, tales como el pie, pierna, muslo y pelvis se vinculan rígidamente con la articulación subastragalina, tobillo, rodilla y cadera, formando así la cadena cinética del miembro pélvico³.

Dillman³ propone que la clasificación se determinará en base a si el segmento terminal de la cadena es móvil o fija y si lleva una carga. Todas las actividades de la vida diaria y deportivas se pueden clasificar como uno de los siguientes: El concepto de cadena cinética abierta o cerrada y depende de la carga terminal del segmento⁸.

- Móvil sin carga (sistema de cadena abierta)
- Carga fija externa (sistema de cadena cerrada)
- Carga móvil externo (combinación de un sistema de cadena cerrada y abierta)

Más recientemente, Kibler define una actividad de cadena cerrada como una combinación secuencial de movimientos conjuntos en los que el segmento distal de la cadena cinética encuentra resistencia considerable, pero no tiene que ser fijo³.

4.1- Steindler³ hace referencia a la **cadena cinética abierta** como una combinación sucesiva de articulaciones en la que el segmento terminal (distal) se mueve libremente en el espacio.

Una de sus ventajas es que da resultados en el movimiento aislado en una articulación determinada y es eficaz cuando se requiere el fortalecimiento de grupos musculares seleccionados que se desean trabajar. Los ejercicios de cadena cinética abierta como una de sus principales desventajas es que producen mayor fuerzas en cizalla sobre la articulación de la rodilla, esto debido al incremento progresivo del momento agonista en relación con la adición de cargas y el menor aumento del momento antagonista requerido³.

Alkjaer^{3, 4, 5} reportó un incremento en 3 porciones del cuádriceps (vasto medial, lateral y recto femoral) con aumento de la carga y ningún efecto sobre la actividad del bíceps femoral

4.2- Steindler³ también menciona a la **cadena cinética cerrada** como una combinación sucesiva de articulaciones en la que en el segmento distal se le aplica una fuerza externa que prohíbe o restringe la libertad de movimiento.

Las principales ventajas de la cadena cinética cerrada según Steindler³ son: El ejercicio realizado en cadena cinética cerrada pueden ser adaptados con mayor facilidad a programas de rehabilitación, especialmente para trabajar la articulación de la rodilla debido a que las fuerzas experimentadas por los ligamentos cruzados son menores que en cadena cinética abierta. Se sugiere además la contribución de la actividad muscular a la estabilización activa de la articulación, debido a la contribución de la co-activación de los músculos antagonistas sobre las articulaciones participantes^{3, 5, 17}.

Otros de los beneficios obtenidos con la rehabilitación y la utilización de la cadena cinética cerrada incluyen: los principios de estabilidad proximal, proporcionar una base más estable para la función distal, mejoría de la propiocepción, el control neuromuscular y la estabilidad posteriormente funcional de la articulación^{3,5}.

5.-Tipos de contracción muscular

Existen dos tipos de contracción muscular: estática y dinámica.

La contracción dinámica a su vez se clasifica en:

- **La contracción dinámica concéntrica**, deriva del latín “con” (centrum) con un mismo centro, es decir, una contracción donde la tensión acerca los extremos del músculo hacia el centro, acortando su estructura. Son posibles cuando la resistencia (carga) es menor al potencial máximo del sujeto, lo cual genera una gran ventaja a la hora de iniciar programas de rehabilitación de forma temprana, generando menor riesgo de lesión en el paciente¹⁸.
- **La contracción excéntrica**, es un tipo de contracción donde la tensión separa los extremos del músculo, ocurre cuando la fuerza producida por el músculo es inferior a la carga externa aplicada, llevando a la unidad músculo-tendón a alargarse, absorbiendo energía mecánica¹⁸. Fick¹⁸ en 1882, observó que el músculo podía ejercer mayor fuerza cuando se estira mientras se contrae y posteriormente Hill¹⁸ en 1932 mostró que existía disminución de la liberación de energía en un músculo que se estiraba que cuando se contraía.

Una contracción excéntrica, ocurre cuando el momento de fuerza creado por la acción muscular sobre cualquier extremo de una articulación es en dirección opuesta al movimiento angular de la palanca, también ocurre cuando la velocidad de movimiento de una extremidad

está desacelerado, o su posición está siendo descendida lentamente, entre los beneficios de este tipo de contracción implica¹⁸:

- Desarrollar mayores picos de fuerza: la fuerza producida por la contracción excéntrica es mayor de 13.5% mayor que la isométrica y 39.7% mayor que la concéntrica.
- Una posible inversión del orden de reclutamiento de unidades motoras: existe un orden de reclutamiento según el tipo de fibras de unidades motoras durante las contracciones concéntricas e isométricas. La contracción excéntrica recluta en primer lugar unidades motoras de umbral alto (fibras rápidas).
- Menor activación muscular: durante las contracciones excéntricas se produce una menor activación de unidades motoras en comparación con contracciones concéntricas, por lo que cada unidad motora necesita producir una fuerza superior, y sus fibras musculares soportan mayor carga
- Menor gasto energético: Asmussen¹⁸ y Bigland^{18,4} concluyeron que los requerimientos de oxígeno del ejercicio excéntrico eran menores en comparación con el ejercicio concéntrico equivalente (53-59%).

2. MARCO CONTEXTUAL.

Desde su nacimiento en la década de los sesenta la dinamometría isocinética ha ido integrándose de forma lenta, pero en constante progresión en el mundo de la Fisioterapia y la medicina deportiva, de tal forma que cada vez son más reconocidas y experimentadas sus valiosas cualidades en la evaluación y tratamiento del músculo esquelético¹.

La evaluación y el ejercicio isocinéticos de la musculatura flexoextensora de la rodilla es sin duda una de las prácticas más habituales en el ámbito de la Fisioterapia para la recuperación funcional del deportista^{1, 2,16}. Los programas de rehabilitación han empleado para la restauración funcional de la capacidad de las articulaciones después de las lesiones de ligamentos de rodilla cualquiera de las cadenas cinéticas^{1,2,6}. Ahora se sabe que el reclutamiento muscular y los patrones de movimiento conjuntos varían en función del tipo de cadena cinética implicado, la naturaleza y la fisiología del músculo subyacente, así como, las contracciones que participan en la ejecución del movimiento de la articulación (por ejemplo, isotónico, isométrico o isocinético son conceptos estrechamente relacionados pero independientes)^{1,6,11}.

A pesar de cierta controversia, los ejercicios de cadena cinética cerrada han ganado más popularidad en la última década, tradicionalmente más utilizados que los ejercicios en cadena cinética abierta, ya que muchos médicos creen que los ejercicios de cadena cinética cerrada son más funcionales y más seguro que los ejercicios de cadena abierta, ya que se producen menores tensiones, las cuales pueden ser una amenaza para la curación y las estructuras reparadas^{2, 3, 6}.

- La **cadena isocinética cerrada** es la cadena más utilizada en rehabilitación debido a que se ha encontrado que los ligamentos de rodilla experimentan menores fuerzas de cizalla⁴. Escamilla^{2, 4,5} encontró contracciones de agonista y antagonista (co-contracciones musculares), lo que sugiere la contribución de la actividad muscular a la estabilización activa de la articulación. Además el índice de co-contracción ha mostrado ser una variable fiable para cuantificar la coactivación de grupos musculares agonistas y antagonistas durante ejercicios dinámicos multiarticulares^{4, 5, 6, 16}.

- La **cadena isocinética abierta** fue investigada Agaard⁵, Albersberg⁶, Kellis¹⁶, quienes mencionan que no existe ninguna prueba que haya informado de una relación entre la cantidad de co-contracción y la fuerza de cizalla anterior en la rodilla.⁶

Aumentando el momento agonista requerido durante los ejercicios de cadena abierta (adición de carga), existe una mayor actividad electromiográfica de los músculos agonistas^{4, 5}. La actividad electromiográfica de los músculos antagonistas también se incrementa pero este aumento es menor al momento agonista requerido⁴.

En el trabajo de Oklahoma City se menciona que a medida que la rodilla se mueve durante todo su rango de movilidad se observó que el trabajo requerido para levantar la carga externa (peso), requiere un incremento del momento en el brazo de palanca y la fuerza de resistencia (peso) aumenta⁴. Este fenómeno requiere de un aumento de la producción de fuerza del cuádriceps a 30° de la extensión de la rodilla, acción que hace que exista una traslación anterior de la tibia, lo que resulta en una alta fuerza de cizallamiento en la rodilla⁴. En contraste, en una extensión de la rodilla realizada en una cadena cinética cerrada, a través de la co-contracción simultánea de los músculos isquiotibiales y los cuádriceps existe significativamente menor estrés y mayor estabilidad a través de la articulación de la rodilla^{4,5}.

Las aplicaciones clínicas más frecuentes en la utilización de las cadenas isocinéticas han sido en los últimos años según Steindler³:

- Rehabilitación posterior a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior

Durante las últimas décadas, las técnicas de cadena cinética cerrada han sido utilizadas como método de rehabilitación de elección para mejorar los resultados funcionales después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA)³. Los primeros estudios aleatorios controlados comparativos de ejercicios en cadena cinética abierta (CCA) y cadena cinética cerrada (CCC) en la lesión del LCA se realizaron en 1995³. Se demostró que los ejercicios de CCC son seguros, eficaces, y podrían ofrecer la ventaja de un menor estrés en el injerto en fase de curación y menos dolor patelofemoral³. Estudios más recientes han demostrado que los ejercicios de CCC producen menos dolor y laxitud, así como, mejores resultados subjetivos que hacer ejercicios de CCA posterior a la reconstrucción del LCA³. Se propone que este beneficio en los resultados de los ejercicios en CCC se debe a la cocontracción de los músculos cuádriceps, isquiotibiales y gemelos, lo cual disminuye las fuerzas de cizallamiento entre la tibia y el peroné, y el incremento de las fuerzas de compresión de las articulaciones, mejorando así la estabilidad de la articulación y la protección del injerto^{3,5}.

- Síndrome de dolor patelofemoral

A mediados de la década de 1990 se comenzó a estudiar la utilización de ejercicios en cadenas cinéticas en síndrome patelofemoral, sin embargo estudios más recientes, han revelado que el estrés rótulo-femoral puede ser igualmente alta en los dos tipos de ejercicios, es decir tanto en CCC como en CCA³. Se ha encontrado que las fuerzas de compresión son igualmente altas en casi la totalidad de flexión de rodilla con ejercicios en CCC y en extensión completa con ejercicios CCA³.

En la actualidad, la mayoría de los protocolos recomienda incluir una combinación de ambos tipos de ejercicios para el manejo del síndrome de dolor patelofemoral^{3,4,5}.

El entrenamiento de resistencia en la fase aguda por lo general se inicia con ejercicios isométricos en CCA a 30 ° - 45 ° flexión de la rodilla.³ En la fase subaguda, se progresan gradualmente los ejercicios

en CCA a un arco corto, seguido por un largo arco de movilidad según la tolerancia del paciente³. En la fase crónica, se debe hacer hincapié en los ejercicios de CCC³.

En conclusión las cadenas cinéticas se han utilizado ampliamente en la ingeniería biomecánica durante décadas³. La aplicación de este concepto en la medicina del aparato musculoesquelético, lesiones deportivas, y rehabilitación del amputado permite la prescripción de los programas de ejercicios individualizados^{3, 5, 6}. Un programa de rehabilitación integral debe integrar una mezcla de ejercicios de CCC y CCA determinados por la situación clínica³.

Valores normativos de fuerza, potencia y trabajo de la musculatura flexoextensora de rodilla correspondiente a los valores medios de todas las pruebas individuales realizadas en cadena cinética abierta, en una población sana:

**Valores normativos medios correspondientes a la tabla 1.
para la flexoextensión de la rodilla en sedestación**

	Extensión	Flexión
PT N • m (fuerza)	212 N • m	131 N • m
Trabajo Julios	203 J	142 J
Potencia	128 W	88 W

**González S. et al. Determinación de la normalidad en la evaluación isocinética de rodilla.
Fisioterapia 2002; 24: 141-146.**

En las investigaciones realizadas Tourny¹⁷ menciona que a través de varios deportes consideran como valor normativo de 0.6 para la relación de la fuerza a 60°/s que aumenta hasta 0.8 con el aumento de la velocidad de movimiento. Se ha sugerido que la relación de la fuerza de menos de 0.6 indicaría un desequilibrio de fuerza entre los cuádriceps y los tendones isquiotibiales, lo que podría predisponer a una a la lesión de rodilla. Estos resultados de dichas pruebas que utilizaron la relación de la fuerza y la relación del control dinámico (DCR = par máxima excéntrica de los isquiotibiales / par máxima concéntrica del cuádriceps) pueden ser de gran utilidad para describir el equilibrio muscular que a su vez pueden ser utilizados en la prevención de lesiones de rodilla.

Daneshjoo¹⁶ menciona que el pico torque de ambos músculos en la pierna no dominante en todas las velocidades angulares trabajadas mostró una mayor tendencia que la pierna dominante¹⁶. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre la pierna dominante y la no dominante¹⁶.

3. MARCO REFERENCIAL.

González S. et al² menciona que la determinación del comportamiento normal de la musculatura flexoextensora de la rodilla durante el ejercicio isocinético, supone un compromiso infranqueable a la hora de progresar en el campo de la investigación y la práctica terapéutica. Y que sólo a partir de la normalidad podremos plantear sus alteraciones, recogerlas, estudiarlas, reproducirlas y justificarlas, bien a raíz de errores en el procedimiento de aplicación, en la ejecución del ejercicio o en el diagnóstico clínico.

Expuso las observaciones extraídas a partir de la experiencia clínica desarrollada con individuos sanos en cadena cinética abierta a fin de establecer una base sólida en el constante progreso de la isocinética².

En el desarrollo de la prueba isocinética, se empleó para su ejecución de la misma un dinamómetro isocinético modelo Lido-Active Multijoint II. La selección de los parámetros del test de evaluación representa probablemente a uno de los ejercicios más practicados por todo profesional relacionado con la isocinética².

- Articulación: la rodilla.
- Movimiento: extensión/flexión.
- Posición: sedestación.
- Modalidad de contracción: concéntrica.
- Velocidad de la prueba: 60°/seg.
- Rango articular de movimiento (ROM): 90° a 0°.
- Número de repeticiones del movimiento: tres.

El comportamiento de los músculos isquiotibiales durante la evaluación isocinética pone de manifiesto la capacidad de contracción rápida de los mismos². Si bien desarrollan una fuerza máxima menor que la de su antagonista, en torno al 60%, lo hace más rápidamente, reduciendo así las diferencias en cuanto a la potencia muscular se refiere².

A diferencia del cuádriceps, los músculos flexores son capaces no sólo de alcanzar rápidamente su momento de fuerza máximo, sino de mantener valores elevados del mismo más allá de la mitad del rango articular del movimiento, si bien esta situación es sin duda favorecida por la posición sedente². Este hecho pone de manifiesto el papel estabilizador que desempeñan los músculos isquiotibiales cuando la rodilla se encuentra flexionada y adquiere especial protagonismo en individuos con insuficiencia del ligamento cruzado anterior². Este autor realizó un protocolo similar al presente estudio con la finalidad de determinar valores normativos de fuerza, potencia y trabajo de la musculatura

flexoextensora de rodilla en individuos sanos no solo con la finalidad de obtener valores normativos, sino, también considerar de algún modo las alteraciones fisiológicas normales o sus desviaciones patológicas, sin embargo dicho estudio se realizó en cadena cinética abierta, a una sola velocidad (60°/seg baja) y en un ángulo de flexoextensión de rodilla en 0-90° ².

Daneshjoo¹⁶ en su trabajo realizado con jugadores de fútbol menciona que la fuerza y la flexibilidad son dos de los indicadores clave en el rendimiento físico de los futbolistas. Particularmente durante los movimientos dinámicos que se realizan durante la práctica del fútbol, el equilibrio en la fuerza y la flexibilidad entre las piernas dominantes y no dominantes proporcionan estabilidad articular. A si mismo la fuerza y flexibilidad asimétricas entre las dos extremidades y el cociente de la fuerza recíproca (índice de co-contracción) entre los músculos agonistas y antagonistas en especial en los miembros pélvicos desempeñan según los informes un papel importante en los deportes que se realizan patrones cinéticos asimétricos como lo es el fútbol. Fousekis et al¹⁶ menciona que la mayoría de los jugadores de fútbol se ven obligados a utilizar particularmente uno de los miembros inferiores para golpear de balón y esta preferencia es la posible causa de la asimetría en la flexibilidad y la fuerza de las extremidades inferiores entre las dos piernas o entre los músculos agonistas y antagonistas.

La asimetría de la fuerza y flexibilidad de las articulaciones o extremidades inferiores pueden ser la causa de un control inadecuado de los movimientos del cuerpo, uno de los primeros estudios en este campo se llevó a cabo por Knapik¹⁶.

Es interesante que los resultados arrojados en este estudio realizado en atletas son contundentes y concordantes con los arrojados en estudios previos; ya que se informó que existía mayor frecuencia de lesiones las extremidades inferiores cuando los tendones isquiotibiales derechos eran 15 % más fuerte que los tendones izquierdos a 180°/s¹⁶. Estos resultados revelaron que la asimetría en la fuerza y la flexibilidad se asociaron negativamente con lesiones corporales en miembros inferiores de atletas universitarios del sexo femenino¹⁶. Brito¹⁶ encontraron una par máximo (pico torque) mayor en los músculos flexores y extensores de la rodilla de la pierna dominante que en la pierna no dominante en los jugadores de fútbol.

La relación de la resistencia entre los extensores y flexores de la rodilla está implicada como un factor importante en la predicción de la función de la rodilla y las posibles lesiones de la misma¹⁶

Hasta donde sabemos, sólo pocos estudios han investigado la asimetría de la fuerza de rodilla en jugadores profesionales de fútbol masculinos, con la finalidad de disminuir la incidencia de lesiones de rodilla¹⁶. Con respecto a las lesiones de rodilla se han visto cada vez más en jóvenes jugadores de fútbol profesional en el mundo, así como, la relación que existe entre la fuerza y la flexibilidad con las

lesiones de rodilla, el objetivo principal de este estudio fue investigar las asimetrías bilaterales y unilaterales de fuerza y flexibilidad en jóvenes futbolistas profesionales masculinos¹⁶. Este autor realizó el estudio con el objetivo de correlacionar la asimetría de fuerza muscular entre los miembros pélvicos y la de agonistas con antagonistas de la rodilla, sin embargo se realizó en cadena cinética abierta y en jugadores de fútbol de alto rendimiento, estos realizaron un test isocinético con un dinamómetro Biodex (Biodex Medical Systems)¹⁶. La ventaja de nuestro estudio es que es realizado en cadena cinética cerrada, modalidad que implica menor riesgo de lesión en ligamentos de rodilla ya que se experimentan menores fuerzas de cizalla, y esto nos genera mayor confianza a la hora de entrenar a pacientes con lesión de rodilla o posoperados¹⁶. Además de que no podemos tomar los valores normativos del estudio realizado por Daneshjoo, debido a que no fue un estudio diseñado para estandarizar valores normativos de fuerza isocinética, además de que fue realizado en jugadores de fútbol de alto rendimiento y sin comorbilidades, lo cual no sería fiable a la hora de trabajar con pacientes que han sufrido lesiones previas de rodilla¹⁶.

Daneshjoo A¹⁶ define como anormalidad musculoesquelética de los músculos de la rodilla al desequilibrio de fuerza bilateral en más del 10%.

Liebensteiner C.¹⁸ realizó un estudio con el objetivo de determinar el efecto del género sobre la fuerza, la actividad muscular y la alineación de la rodilla en el plano frontal mediante el ejercicio excéntrico máximo en prensa de piernas¹⁸. Es un estudio que reclutó tanto hombres como mujeres, en el que se realizaron pruebas isocinéticas máximas al igual que en nuestro estudio, sin embargo Liebensteiner¹⁸ utilizó ejercicio excéntrico debido a que correlacionan la estabilidad de la rodilla con la integridad del ligamento cruzado anterior y durante la práctica deportiva con frecuencia se reportan lesiones del ligamento cruzado anterior debido a un mecanismo sin contacto, durante maniobras de aceleración y desaceleración, así como, el aterrizaje cuando se realizan saltos, actividades en las que se utilizan principalmente contracciones excéntricas¹⁸.

Al igual que en estudios anteriores incluyendo el de Daneshjoo y Gonzales^{2,16} se menciona como principales mecanismos patogénicos de rodilla un control neuromuscular alterado (co-contracción de isquiotibiales reducida y el valgo de rodilla¹⁸. El hecho de que los desgarros del ligamento cruzado anterior y el valgo son más comunes en las mujeres, pudo haber sido el motivo de especulación que la cinemática y el control neuromuscular difiere entre hombres y mujeres, especialmente durante las contracciones excéntricas¹⁸.

En el procedimiento de estudio se utilizó electromiografía de superficie posterior a la limpieza de la piel y el manejo de la impedancia eléctrica, los electrodos se colocaron sobre el vientre del vasto lateral, medial, bíceps femoral, semitendinoso, peroneo largo y gastrocnemio medial, posterior al calentamiento fueron colocados en el sistema de medición isocinética CONTREX, mismo equipo

utilizado en nuestro estudio¹⁸. Se colocaron sensores de movimiento para realizar el análisis de movimiento en dos dimensiones (plano frontal y sagital) de forma simultánea¹⁸.

Se realizó primeramente una medida inicial isométrica máxima en cadena cinética cerrada estable y otra inestable, posterior a dicho ensayo se llevó a cabo la prueba que consistía en contracción excéntrica máxima de cuádriceps a una velocidad de 0.2 m/s, velocidad intermedia, de las cuales se analizaron los 3 mejores picos de fuerza de los seis realizados y se promediaron para obtener un pico de fuerza medio, así mismo se calculó la relación entre cuádriceps e isquiotibiales.¹⁸

Este estudio es novedoso ya que los parámetros de fuerza, actividad muscular y la cinemática estudiada de la pierna no mostraron diferencias de género significativas en la pérdida de fuerza entre la realización de la cadena cinética cerrada estable y la inestable, así como, en la actividad muscular (reclutamiento en los músculos) de la mayoría de los músculos investigados. Es el primer autor en estudiar dichas diferencias en prensa de piernas, sin embargo el pico máximo de fuerza y la fuerza media si mostró diferencias significativas entre ambos sexos; una de las cosas más relevantes es que se alcanzaron mayores picos de fuerza durante la realización de la cadena cinética cerrada estable en el press de piernas, lo que apoya a la forma en la que se realizó nuestro estudio (cadena cinética cerrada estable en press de piernas marca CONTREX LP)¹⁸.

Con respecto a la actividad muscular este estudio nos muestra al igual que diversos autores que se necesita una actividad muscular coordinada para la estabilidad dinámica de la rodilla¹⁸. Especialmente que la co-contracción de los músculos isquiotibiales puede proteger a los individuos de sufrir lesión de ligamento cruzado anterior¹⁸

2. I. Planteamiento del problema

¿Cuáles son los valores normativos de referencia de fuerza y potencia isocinética, y cuál es la relación agonista antagonista, así como relación interlado en cadena cinética cerrada a diferentes velocidades para miembros pélvicos en población adulta sana?

2. II. Justificación

Magnitud

La rodilla es una articulación sometida a grandes requerimientos mecánicos, posee una amplia movilidad y estabilidad que depende de múltiples estructuras musculares, tendinosas y ligamentosas⁸. Todo ello explica la frecuencia de una amplia gama de patologías que pueden afectar a toda la rodilla

o solo alguno de sus elementos⁸. Ante la lesión de dicha articulación existe una amplia gama de manejo disponible; tanto quirúrgicos y no quirúrgicos entre los no quirúrgicos los ejercicios en cadena cinética abierta como cerrada, los cuales mejoran los síntomas clínicos y subjetivos de los pacientes con dolor anterior de rodilla. En cuanto a los resultados de la funcionalidad, los ejercicios en cadena cinética cerrada son más efectivos en el tratamiento de los pacientes con síndrome de dolor femororrotuliano y pacientes posoperados de reconstrucción de ligamento cruzado anterior^{2,8}.

El dolor femororrotuliano o rotuliano es reconocido como uno de los desórdenes más comunes, pero también más problemáticos de la extremidad inferior. Aparece tanto en la población general como en la deportista¹⁹. Las mujeres suelen tener una mayor incidencia de este tipo de dolor¹⁹.

Pese a su gran incidencia, no existe consenso sobre su definición, clasificación, diagnóstico, etiología y tratamiento¹⁹. La mayor parte del tratamiento asume que su etiología es puramente estructural y biomecánica (condromalacia y mala alineación), motivo por el cual el manejo kinesiológico es importante, además el trabajo en cadena cinética cerrada proporciona mayor estimulación propioceptiva y mayor similitud con las actividades de la vida diaria y deportiva^{2,5}.

Los datos internacionales y nacionales, mencionan que la patología de rodilla es una de las más estudiadas por ser una de las más frecuentes en los servicios de rehabilitación ortopédica³. Durante las últimas décadas, las técnicas de cadena cinética cerrada ha sido utilizada como método de rehabilitación de elección para mejorar los resultados funcionales en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior³.

Trascendencia

Este estudio propone establecer valores isocinéticos normativos a tomar como referencia en miembros pélvicos, con la finalidad de obtener la máxima capacidad muscular: fuerza, potencia, estabilidad de rodilla y prevención de lesiones por alteraciones biomecánicas en los estabilizadores activos y pasivos de la rodilla, en pacientes con patología degenerativa de rodilla, posoperados y lesiones deportivas. Se generarán dichos valores tanto a velocidades lentas y rápidas con la finalidad de obtener valores de referencia para el manejo de fuerza y potencia, los cuales podemos utilizar con distintas finalidades en etapas tempranas de rehabilitación

Vulnerabilidad

Es fundamental estandarizar los valores normativos de fuerza isocinética en población adulta, susceptible de patologías musculoesqueléticas de miembro pélvico, en cadena cinética cerrada ya que si conocemos la media en la población de dichos valores podemos aplicarlos como referencia

objetivo durante el proceso de rehabilitación fijando una meta previa al tratamiento, con los menores riesgos y mayores beneficios que nos brinda este tipo de entrenamiento con respecto a otro tipo de entrenamiento convencional (isométricos e isotónicos)^{1, 2, 3, 6}.

Entre los beneficios que nos aporta el entrenamiento de cadena cinética cerrada es la disminución del riesgo de los miembros inferiores a ser sometidos a fuerzas de tensión y cizalla en la articulación tibiofemoral y femororrotuliana, generados durante ejercicios en cadena cinética abierta, lo cual implica menor riesgo para la reparación y curación de estructuras y tejidos, así como establecimiento temprano de la estabilidad en las articulaciones implicadas en la cadena cinética, proporciona una base más estable para la función distal y deambulación, mejoría de la propiocepción, el control neuromuscular y la estabilidad posteriormente funcional de la articulación^{1,3,5,6}. Todos estos beneficios que proporciona el método de entrenamiento en cadena cinética cerrada más los proporcionados por los del ejercicio de tipo isocinético (obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular, lo que facilita su manipulación y su análisis estadístico), nos brinda una gran ventaja a la hora de tratar patologías osteoarticulares, ligamentarias, y posoperados de cadera, rodilla y tobillo que proporciona los mayores beneficios en un corto periodo de tiempo con el menor número de riesgos para esta gran población^{1,3,5, 17}. Es por este motivo que es de suma importancia tener valores de referencia de normatividad para poder comparar y medir las mejoras obtenidas en el programa de rehabilitación al que se somete a este tipo de pacientes, ya que como se mencionó anteriormente hasta la fecha no existe estandarización de valores normativos en población mexicana y es de suma importancia ya que son de las patologías ortopédicas más comunes en nuestra población^{3, 7,11}.

La descripción cuantitativa del rendimiento muscular normal basada en las curvas isocinéticas nos permitirá determinar y a menudo justificar sus alteraciones a la hora de establecer programas de prevención y de reeducación muscular, ya que sólo a partir de la normalidad podremos plantear sus alteraciones, estudiarlas, reproducirlas y justificarlas; así como fijar un objetivo previo al tratamiento de las mismas^{1,3}.

Se han realizado múltiples estudios para la rehabilitación en patología de rodilla, sin embargo en su mayoría se han llevado a cabo en cadena cinética abierta las cuales generan cierta cantidad de cocontracción, al aplicar fuerzas externas, así como, fuerza de cizallamiento en la parte anterior de la rodilla y una correlación positiva entre la fuerza de cocontracción del antagonista y la fuerza de cizallamiento^{1, 2, 3, 5, 6, 8}.

En segundo lugar, aumentando el momento agonista requerida durante los ejercicios de cadena abierta (la adición de cargas) conduce a una mayor actividad de los músculos agonistas, la actividad del antagonista también aumenta, pero este aumento es menor que la del momento agonista requerido para la disminución de la fuerza de cizallamiento que a su vez nos permita los beneficios de la rehabilitación con la técnica isocinética, sin embargo con la cadena cinética cerrada el índice de cocontracción aumentaría con la adición de carga para estabilizar activamente la articulación de la

rodilla, lo cual es crucial para la realización más fisiológica de las actividades de la vida diaria de los pacientes, a todo esto sumando los beneficios de la modalidad del ejercicio de tipo isocinético^{1,3,17, 18}.

Factibilidad

El estudio se realizó con equipo de valoración isocinética modelo CONTREX – LP, para la realización de la cadena cinética cerrada de miembros pélvicos. Los individuos adultos sanos masculinos y femeninos estudiados, correspondieron a derechohabientes del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre. Las mediciones se realizaron en el área de isocinesia del Servicio de Medicina Física Y Rehabilitación del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre.

2. III. Hipótesis

Es posible lograr la estandarización de valores de referencia isocinéticos de fuerza y potencia, así como equilibrio interlado en cadena cinética cerrada para miembros pélvicos en población mexicana adulta sana.

2. IV. Objetivo general

Estandarizar los valores normativos isocinéticos en cadena cinética cerrada para miembros pélvicos en población mexicana sana entre 18 y 45 años de edad.

2. V. Objetivos específicos

Estandarizar los valores normativos de fuerza (N) isocinética en cadena cinética cerrada a velocidades de 0.1 y 0.3 m/s, para miembros pélvicos en población Mexicana entre 18 y 45 años de edad sanos.

Estandarizar los valores normativos de potencia (W) isocinética en cadena cinética cerrada a velocidades de 0.1 y 0.3 m/s, para miembros pélvicos en población Mexicana entre 18 y 45 años de edad sanos.

Fuerza (N): Es el producto de la masa desplazada por la aceleración adquirida. Es lo que realmente realiza el músculo.

Potencia (W): Es el trabajo producido por el tiempo empleado. Útil en tareas repetitivas

3. DISEÑO METODOLOGICO

3. I. Tipo de estudio

Se trata de un estudio transversal, observacional (no experimental), que cuenta con una fase descriptiva y una fase comparativa, prospectivo, abierto.¹⁵

3. II. Universo de estudio: población demografía, criterios de inclusión, exclusión y eliminación.

Población, demografía

Pacientes sanos de ambos géneros, edad entre 18 y 45 años de edad, derechohabientes del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre; quienes realizarán ejercicio isocinético en cadena cinética cerrada para miembros pélvicos mediante la utilización de equipo CON-TREX LP.

Criterios de inclusión

1. Pacientes que desearán participar en el estudio.
2. Derechohabientes del ISSSTE.
3. Habitantes del Distrito Federal.
4. Considerar como requisito fundamental que de manera inicial para formar la muestra se supere un examen clínico con objeto de descartar toda patología muscular, capsuloligamentaria u osteocondral de la rodilla.
5. Pacientes sin enfermedad cardiovascular.
6. Mujeres y hombres entre 18 y 59 años de edad.
7. Individuos con IMC no menor a 18 y no mayor a 34.9.

Criterios de exclusión

Se excluyeron a todos aquellos pacientes que no desearon participar en él estudio y que además presentaron las siguientes condiciones:

- Inflamación o edema de tejidos blandos periarticulares y/o derrame articular.
- Alteraciones morfofuncionales de la articulación coxofemoral, femoropatelar y de tobillo.
- Inestabilidad lateral, anteroposterior y rotatoria de cadera, rodilla y tobillo.

- Lesión de los meniscos.
- Insuficiencias y/o desequilibrios musculares manifiestos.
- Sin enfermedad arterial periférica.
- Aquellos pacientes que sean deportistas amateur o alto rendimiento.

Criterios de eliminación

- Aquellos que presenten respuestas cronotrópicas y presoras elevadas durante el calentamiento.
- Aquellos que presenten dolor muscular o precordial durante la prueba que les impida la realización de la prueba.

3. III. Aspectos éticos

Se procedió a firmar la carta de consentimiento informado (Anexo I), el cual se encuentra acorde con la Declaración de Helsinki; y obedeciendo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la salud, artículo 17, se considera una Investigación con Riesgo Mínimo.

Se explicó al participante que el objetivo de este estudio es estandarizar los valores de normatividad de fuerza isocinética en cadena cinética cerrada para miembros pélvicos en población adulta sana sedentaria.

Se detalló que su participación consistiría en realizar una prueba en equipo de ejercicio isocinético, posteriormente se informó sobre los posibles riesgos, inconvenientes y/o molestias, tales como mareo, fatiga, calambres, fatiga muscular y mialgias en extremidades inferiores, que cederán con el reposo; en caso de así presentarse, se le realizaría una revisión en dicho momento, se determinaría la severidad de dicha molestia, así como, su aplicación de tratamiento en caso de ser necesario.

El participante conservó su derecho de retirarse del estudio en cualquier momento en que lo considerase conveniente y no será identificado en publicaciones que puedan resultar de esta investigación.

3. IV. Tamaño de la muestra

La muestra del estudio se captará mediante muestreo simple consecutivo para formar el grupo de estudio.

Fue estandarizado un valor isocinético en una población española de 60 sujetos sanos, en cadena cinética abierta², para lo cual tomaremos como muestra representativa de una población suficiente

para estandarización de valores isocinéticos, aplicando la fórmula estadística para cuando se conoce la población.

3. V. Definiciones de variables

Variable	Unidades	Tipo de variable
Fuerza isocinética	Newton (N)	Cuantitativa
Potencia isocinética	Watt (W)	Cuantitativa

Parámetros isocinéticos^{1,8}:

El torque y el momento son cantidades vectoriales.

La magnitud del torque o del momento de una fuerza sobre un punto es igual a la magnitud de la fuerza por la longitud de la distancia más corta entre el punto y la línea de acción de la fuerza, que se conoce como brazo de palanca o del momento.⁸

El momento de fuerza (o torque) isocinética es el producto de la fuerza generada por el músculo multiplicado por la distancia al centro de rotación instantánea. Indica el valor más alto del momento de fuerza registrado durante el test. Puede ser considerado como la máxima fuerza que un grupo muscular es capaz de desarrollar a una velocidad angular de movimiento, y podremos siempre relacionarlo con el ángulo de movimiento en que ha sido obtenido.

La potencia vendrá dada por el producto del valor del trabajo por la unidad de tiempo. Se presenta como potencia media obtenida, dividiendo el trabajo total entre el tiempo empleado en la ejecución del test.

3. V. Procedimiento

Previo consentimiento informado (anexo 1), se realizó una consulta inicial donde se valoró si el paciente cumplió con los criterios de inclusión para el estudio, ya determinados, y se realizó una evaluación rehabilitatoria general con determinación de la presencia o no de datos clínicos que nos orientaran a inflamación en rodilla, así como, arcos de movilidad, contracturas musculares, examen manual muscular, maniobras especiales para verificar la ausencia de inestabilidad en miembros pélvicos. Esta evaluación se realizó una hora previa del inicio de su sesión de evaluación.

A su llegada al área de rehabilitación ortopédica se llevó a cabo la toma de signos vitales (frecuencia cardíaca, tensión arterial, talla y peso). Para verificar que se cumplan parámetros normales.

Se llevó a cabo una sesión de calentamiento de tipo ejercicio aeróbico en banda sin fin a una intensidad del 50% de la frecuencia cardíaca máxima durante 5 minutos, determinada por la fórmula de Astrand:

Frecuencia Cardíaca máxima = $220 - \text{edad}$.

A este valor teórico se calculará su 50%



Se empleó para la ejecución de la prueba un dinamómetro isocinético modelo CON-TREX LP human kinetics (Zurichstrasse 69, CH-86 00 Dubendorf, Schweiz), asimismo se aplicó un software adicional 1.7.3- build 007, interfaz inteligente para la interpretación de la isocinética, el manejo y análisis de datos.



Se colocó al paciente en el equipo isocinético en sedestación, (flexión de cadera de 90° y rodilla de 30°) fijándolo con los cinturones de seguridad para mantenerlo sujeto adecuadamente y evitar compensaciones con otros grupos musculares no implicados en la valoración.

Se seleccionó en el equipo:

Articulación: miembros pélvicos en cadena cinética cerrada (cadera, rodilla, tobillo)

- Movimiento: extensión/flexión.
- Posición: sedestación.
- Modalidad de contracción: concéntrica/concéntrica
- Velocidad de la prueba: .1 y .3 m/s
- Número de repeticiones del movimiento: 10.

Se realizó 3 repeticiones como muestra para la adecuada familiarización del paciente con el equipo.

Posteriormente se llevó a cabo una serie de 10 repeticiones a 0.1 m/s bilateral, y se observaron las gráficas y los valores obtenidos de fuerza, potencia y trabajo.





Al término de la serie se analizaron los signos vitales (FC, TA)

10 minutos posteriores se llevó acabo otra serie de 10 repeticiones a 0.3 m/s y de la misma forma se analizaron los resultados tomando como referencia el de mayor valor.

Las pruebas realizadas cumplieron una serie de requisitos, de carácter cualitativo, para ser consideradas de correcta ejecución, respetando así las características propias de la evaluación isocinética. Estos requisitos fundamentales a cumplir por el modelo son:

- Que no se hayan realizado movimientos compensatorios con el miembro contralateral, así como a través del tronco.
- Que hayan alcanzado en algún momento la velocidad angular preestablecida.
- Completar ininterrumpidamente el número de repeticiones de la prueba.
- Completar en cada repetición el rango articular de movimiento preestablecido.
- Realizar un esfuerzo voluntario máximo durante toda la prueba.

IV. RESULTADOS

IV.1 El análisis de los datos se realizó con los siguientes métodos estadísticos:

1. Promedio de los valores (μ)
2. Desviación estándar
3. Prueba t Student (t) para las diferencias entre géneros, considerando estadísticamente significativo un valor $p < 0.05$.
4. El análisis estadístico se realizó con el programa Microsoft Office Excel 2010 ®.

Se obtuvieron los valores a velocidades rápidas y 3 minutos posterior a velocidades lentas, todo esto posterior a 5 minutos del calentamiento en la banda sin fin. Cabe aclarar igualmente, que en los parámetros donde comparativamente no se encontraron diferencias interlado estadísticamente significativas en los resultados, se tomaron dichos valores como variables sumadas para determinar mayor población a promediar, ya que significó que la temporalidad durante las mediciones y las condiciones a las que fueron sometidos los individuos, no produjeron cambios significativos en esta capacidad.

Los resultados globales promedio se encuentran en la tabla 1. La significancia estadística de la variabilidad a velocidades lentas se analizará posteriormente.

IV.2 Análisis demográfico

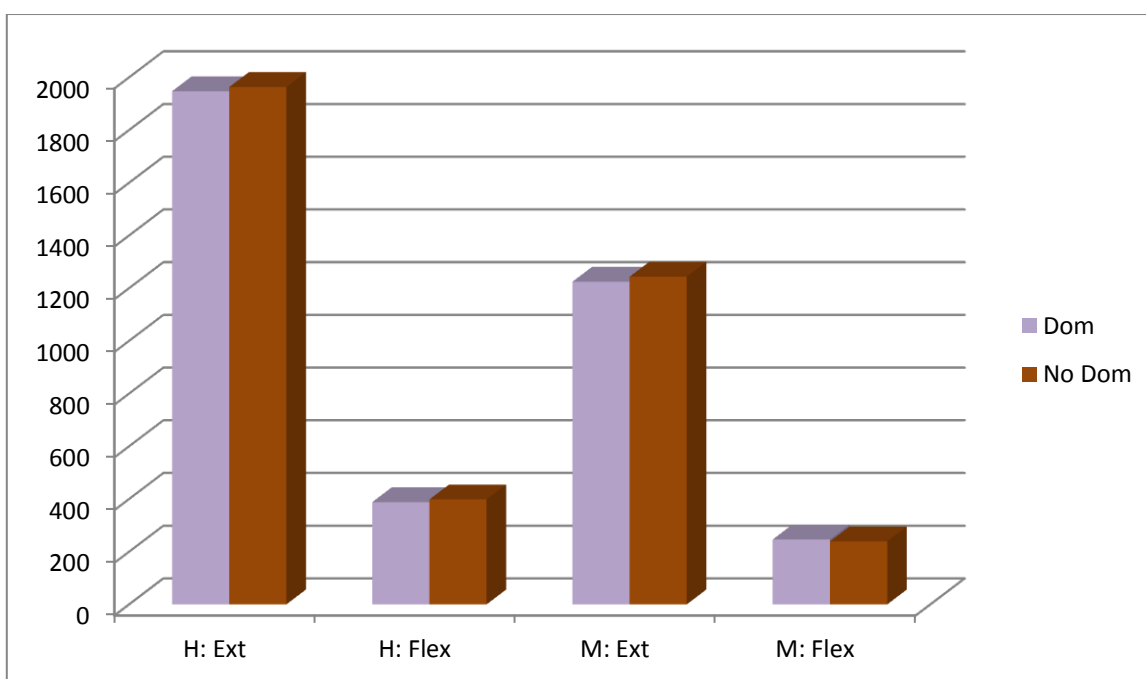
Participaron 52 sujetos con la finalidad de estandarizar valores normativos de fuerza, de los cuales 30 fueron del sexo masculino y 22 del sexo femenino; 3 con lateralidad zurda, dos hombres y una mujer. Se abarcó un rango de edad de entre 21-42 años, con una edad media en hombres de 30.8 (masculinos $S \pm 5.30$; femeninos $S \pm 4.27$), media de talla de 1.72 masculino; 161.4 femeninos (masculinos $S \pm 6.49$; $S \pm 5.69$), media de peso 76.78 para masculinos y 59.45 femeninos (masculino $S \pm 10.55$; femeninos 9.9).

IV.2 Diferencias interlado e intergénero

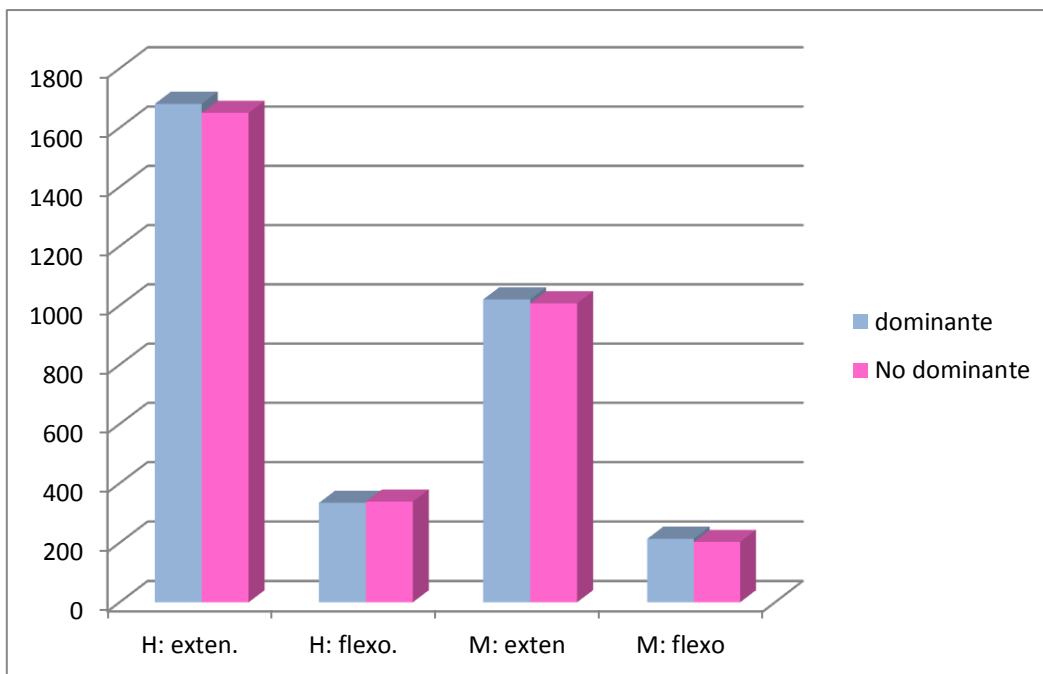
Los valores obtenidos entre hombres y mujeres tuvieron diferencias significativas de hasta 700 N menos para extensores y 200 para flexores (grafica 1), sin embargo podemos observar que no existe un diferencia significativa entre miembro pélvico dominante y no dominante tanto para extensores como flexores; comportándose de la misma forma en ambos géneros

Los valores interlado para hombres no mostraron diferencia estadísticamente significativa para extensores $p=0.43$, flexores $p=0.27$ ni a 0.1 m/s , ni a 0.3 m/s (grafica 1 y 2). Así mismo los valores al comparativo entre géneros mostraron diferencia estadísticamente significativa $p< 0.0001$ (grafica 1 y 2).

De tal manera que si tomamos en cuenta que no se encontró diferencia estadísticamente significativa interlado se obtuvieron 104 piernas (60 masculinos y 44 femeninos) como muestra, lo cual cumple como un numero representante significativo para tales fines en dicha población de género masculino y femenino.



Gráfica 1. Relación interlado entre extensores y flexores dominantes y no dominantes en Masculinos y femeninos a velocidad de 0.1 m/s



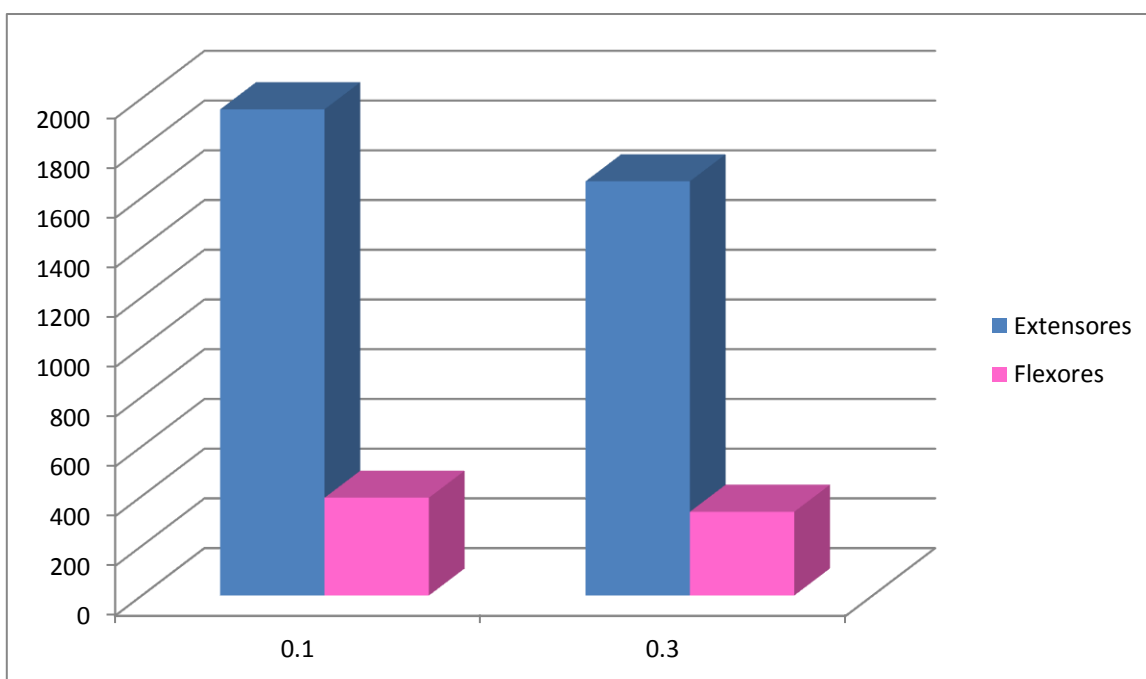
Gráfica 2. Relación interlado entre extensores y flexores dominantes y no dominantes en Masculinos y femeninos a velocidad de 0.3 m/s.

IV.3 Análisis estadístico

Para los valores de referencia tomamos en cuenta la media aritmética de los valores de la población y la desviación estándar. Se tomó el valor de la promedio de las 10 repeticiones a velocidad rápida y el segundo valor promedio de las 10 repeticiones posteriores a velocidad lenta, como se mencionó anteriormente, las medidas en las que no hubo diferencia estadísticamente significativa se sumaron el total de sujetos analizados. Dado que no hubo diferencia significativa interlado, se sumó la totalidad de valores, dando una muestra de 104 valores. Se obtuvieron valores para cada género dado que entre si, existió diferencia.

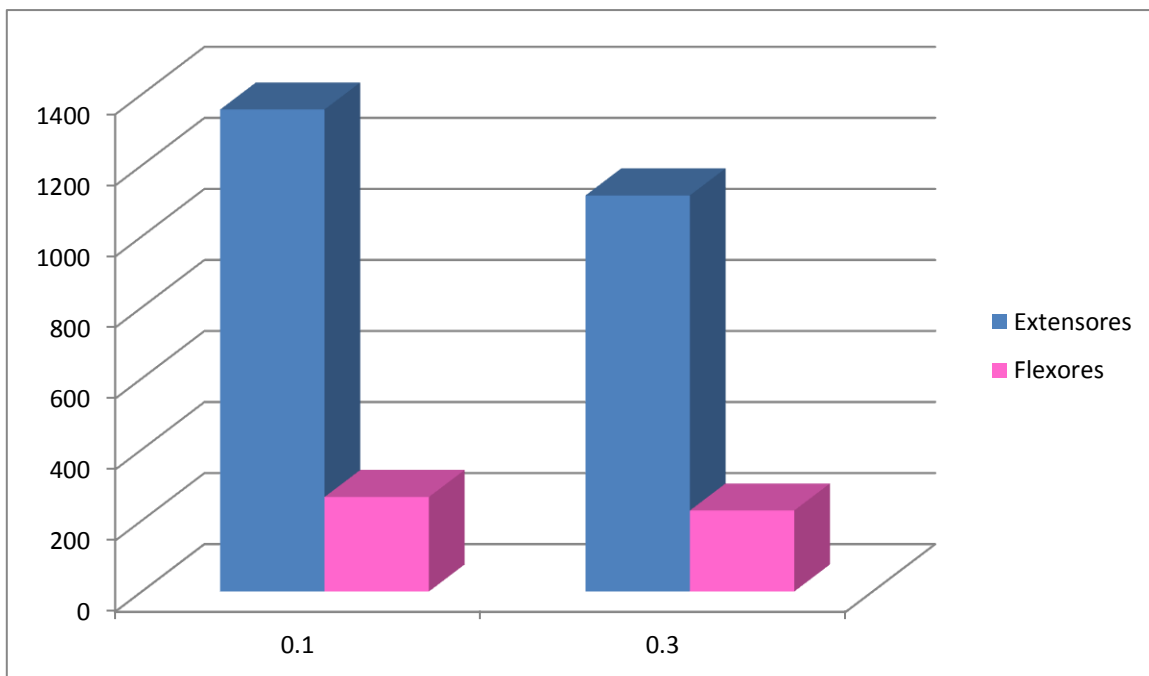
Cabe mencionar que los valores de fuerza y potencia se hicieron tanto para flexores como para extensores, así mismo se hizo el análisis por dominancia, esto debido a la paridad de diestros y zurdos de nuestra población. La fuerza (N) en extensores tuvo un promedio en masculinos de 1955.3, (S 355.5) 1357.1 en femeninos (S 275); la fuerza en flexores tuvo un promedio en masculinos de 393.03 (S 64.6) y 266.4 (S 36.7) en femeninos; los valores fueron obtenidos a una velocidad de 0.1 m/s. Para 0.3 m/s la fuerza en extensores fue en promedio de 1665.5 (S 291.7) para masculinos; y en femeninos 1115.65 (S 271.7); la fuerza en flexores 336.6 (S 53.9) en masculinos y femeninos 228.8 (S

27.8). La potencia (W) en extensores a 0.1 m/s 106.27 (S 32.5) en masculinos, en femeninos 62.20 (S 18.9), mientras que la potencia en flexores para masculinos 27.2 (S 20.0) y femeninos 15.39 (S 2.61). La potencia obtenida a velocidad de 0.3 m/s para extensores en masculinos fue de 201.8 (S 76.5) y para femeninos 115.72 (S 31.09); en los flexores 43.22 (S 13.19) en masculinos y en femeninos 27.27 (S 5.8) Aunque la mayoría de la literatura refiere que la diferencia interlado debe ser menor del 10%^{1,3,5}, en este estudio encontramos de manera notoria que en nuestra población el déficit es de 17%, sin embargo cuando analizamos la diferencia interlado para extensores no existió significancia estadística ($p=0.43$) y para flexores el déficit promedio fue de 21% con mismo resultado ($p= 0.27$), la relación entre extensores y flexores del miembro pélvico dominante es de 19% y de 20% para el miembro pélvico no dominante (Gráfica 3 y 4).



Gráfica 3. Relación entre flexores y extensores a ambas velocidades en hombres.

Como podemos observar en la gráfica que cuando se realizó el ejercicio isocinético, se obtuvo mayor fuerza al realizarlo a velocidades rápidas (0.1 m/s) que el realizado a velocidades lentas (0.3 m/s), al mismo tiempo se pudo observar que a mayor velocidad disminuye la relación agonista – antagonista viceversa, mismo comportamiento que podemos observar en el sexo femenino (gráfica 4).



Gráfica 4. Relación entre flexores y extensores a ambas velocidades en mujeres.

En lo referente a la potencia isocinética se encontró un incremento de la potencia entre mayor fue la velocidad programada de predominio en músculos extensores, con diferencia importante entre el sexo masculino y femenino.

IV.5 Valores de referencia

Una vez obtenido este análisis, determinamos estos valores como referencia por género para este grupo de edad. El concentrado de los valores se encuentra en la tabla 1.

Tabla 1. Valores de referencia obtenidos en cadena cinética cerrada a velocidad de 0.1 m/s

	Mujeres		Hombres	
	Valores	(S)	Valores	(S)
N. Extensores	1357.1	275.3	1995.3	355.5
N. Flexores	266.47	36.7	393.03	64.6
W. Extensores	62.20	18.9	106.27	32.5
W. Flexores	15.39	2.6	27.2	20.0
Relación Ago/ant. dominante	18.2%		20.03%	
Relación Ago/ant. no dominante	17.3%		20.7%	
				-

Tabla 2. Valores de referencia obtenidos en cadena cinética cerrada a velocidad de 0.3 m/s

	Mujeres		Hombres	
	Valores	(S)	Valores	(S)
N. Extensores	1115.45	271	1665	291
N. Flexores	228.82	27	336.36	53.9
W. Extensores	115.72	31	201.8	76.5
W. Flexores	27.27	5.0	43.22	13.19
Relación Ago/ant. dominante	19.33%		19.43%	
Relación Ago/ant. no dominante	23%		20%	

V. DISCUSION Y CONCLUSIONES

V.I Discusión

Este estudio se realizó en población adulta sana sedentaria de ambos géneros de edad entre los 21 y 42 años, durante un estudio transversal. Daneshjoo ¹⁶ realizó un estudio similar, sin embargo fue realizado en cadena cinética abierta en jugadores profesionales de fútbol, a pesar de que el tamaño de la muestra no fue pequeño, el grupo de edad fue de 18.9 ± 1.4 años, mientras que nuestro grupo de edad fue mayor, el del autor es un rango corto de edad para realizar una estandarización, debido a que la principal utilidad del ejercicio isocinético en medicina de rehabilitación, es la readaptación en etapas tempranas en pacientes con patología osteomuscular de miembros pélvicos, por ello podemos tener poblaciones de mayor edad, las cuales presentan modificaciones físicas importantes por el proceso mismo de la patología y el envejecimiento.

El estudio realizado por Gonzales¹, con la finalidad de estandarizar valores desafortunadamente cuenta con una muestra pequeña y además realizada solo en varones, además de la misma limitante que en el estudio de Daneshjoo, ya que fue realizada en cadena cinética abierta; nosotros por el contrario, obtuvimos muestra de ambos géneros y fue una población mayor. Sin embargo a pesar de dichas limitantes se pudo observar la importancia del índice de co-contracción (relación agonistas – antagonistas), el cual es indispensable para un adecuado equilibrio muscular en la rodilla y así prevenir lesiones ya sea en deportistas, en pacientes con patologías, ya que un adecuado índice nos proporciona mayor estabilidad de dicha articulación. En nuestro estudio se obtuvo una relación 1:4 en una velocidad de 0.1 m/s, y de 1:5 a 0.3 m/s, mientras que en el estudio mencionado que de 1:2, lo que representa que cuando se trata de un grupo aislado, el comportamiento es diferente a cuando se activa la cadena muscular completa (movimiento funcional). Ambos autores mencionados tuvieron muestras más pequeñas que la nuestra y además no se obtuvieron los beneficios que se agregan al ejercicio isocinético como lo sería realizarlo en cadena cinética cerrada. Liebensteiner ¹⁸, sin embargo realizó un estudio nuevo y muy útil debido a que su muestra fue significativa, obtuvo muestra de ambos géneros y su trabajo fue realizado en cadena cinética cerrada al igual que el nuestro en un equipo similar, sin embargo dicha cadena fue realizada de dos formas obteniendo que la cadena cinética cerrada estable es la mejor manera de realizar un programa de rehabilitación temprana, además del énfasis que hace sobre el índice co-contracción para una adecuada estabilidad de la articulación de rodilla, hallazgo similar al nuestro. La limitante de este estudio fue, que fue realizada a una velocidad media 0.2 m/s y de esta forma no podemos comparar el comportamiento de la fuerza y la potencia, así como la relación agonista-antagonista en relación a la velocidad y al objetivo que queramos lograr durante nuestro programa de rehabilitación.

V.I Valores de referencia

Las mediciones isocinéticas en cadena cinética cerrada no han sido muy estudiadas y por lo tanto han sido poco difundidas, a pesar de todos los beneficios que en la literatura se mencionan acerca de ellos, ya que al trabajar la cadena completa del miembro pélvico, se distribuyen los vectores de fuerza y disminuyen las fuerzas de cizalla y de compresión patelofemoral en la articulación de la rodilla, lo cual es beneficioso en las etapas tempranas de rehabilitación, además de que se realizan movimientos más funcionales, útiles en las actividades de la vida diaria, dicha fuerza de cizalla se ha visto que es elevada al realizar programas en cadena cinética abierta. Por lo cual es difícil encontrar bibliografía referente a dicho tipo de programas en las diferentes bases de datos consultadas (Bidi – UNAM, EBSCO, MedLine, Cochrane Library), en donde se establezcan valores normativos para estas pruebas, no encontrándose dichos valores normativos en población mexicana lo que añade el interés en este estudio. En nuestra búsqueda bibliográfica encontramos como referencia de Liebensteiner¹⁸, en donde se realizaron ejercicios isocinéticos en cadena cinética cerrada, sin embargo se utilizó modalidad excéntrica de ejercicio la cual no es la indicada para la rehabilitación durante etapas tempranas ya que se requiere mayor esfuerzo muscular para poder vencer la resistencia y pudiera condicionarnos algún tipo de lesión, además de que se realizó a velocidad media 0.2 m/s, lo cual difiere de nuestra medición, y no se reportaron valores de referencia sino únicamente se estableció la relación de fuerza entre agonista-antagonista y de hombres y mujeres. Por otro lado se encontró que la fuerza de la diferencia interlado a baja velocidad no coincide con el <10% descrito por otros autores^{1,3,5}, siendo en nuestro estudio de 17% para extensores y 21% para flexores en hombres, pero no hubo diferencia significativa (p 0.43 y 0.27 respectivamente), mientras que en mujeres fue de 6% en extensores y 8% en flexores (p 0.40 y 0.25), este sí siendo comparable con los otros autores; mientras que a 0.3 m/s, la diferencia en hombres fue de 7% en extensores y 8% en flexores, y en mujeres 7% para ambos grupos musculares, coincidiendo con lo descrito en la literatura. Gonzales si realiza su estudio con la finalidad de estandarizar valores normativos de fuerza (Nm) y potencia (W), sin embargo la muestra no se consideró representativa y fue únicamente en varones, además que fue realizada en cadena cinética abierta a una velocidad media. Para el grupo extensor se encontró 212 Nm, para el grupo flexor 131 Nm; potencia (W), para el grupo extensor 203 W, para el grupo flexor 142 W, esto es interesante mencionarlo porque podemos observar el comportamiento agonista-antagonista (índice de co-contracción mayor), el cual es mayor del 50% lo cual nos condiciona mayor fuerza de cizalla y compresión sobre la rodilla lo cual nos puede condicionar lesiones, de aquí la importancia en nuestro estudio y la obtención de valores normativos de fuerza isocinética en una cadena diferente.

Es importante tomar en cuenta este patrón, ya que hablamos no solo de un movimiento monoaxial, sino una cadena muscular completa, donde el grupo más fuerte de flexores es el isquiotibial, mientras que los grupos flexores de cadera y extensores del tobillo producen menor fuerza, mientras que el

grupo extensor, compuesto por extensores de la cadera, de la rodilla y flexores del tobillo son músculos antigravitatorios, por lo que el desarrollo de fuerza será mayor. Sin embargo, es muy importante tomar en cuenta que debe existir un equilibrio, tanto entre los músculos antagonistas como en la lateralidad para ayudar a la prevención de lesiones coincidiendo con Daneshjoo¹⁶.

V.II Conclusiones

Se lograron establecer valores normativos de fuerza y potencia isocinética en ambos géneros, así como valoración del equilibrio interlado y la relación entre agonistas –antagonistas en cadena cinética cerrada a diferentes velocidades (0.1 y 0.3 m/s) en miembros pélvicos en población adulta sana mexicana en un grupo de edad de entre 21-42 años, los cuales podemos utilizar como referencia durante el entrenamiento isocinético en nuestros pacientes y así mismo poder valorar su adecuada evolución.

Se aceptó la hipótesis y se cumplieron los objetivos general y específicos cabalmente.

Se encontraron valores normativos mayores en el miembro pélvico no dominante que en el dominante, lo cual fue más notorio en masculinos y a velocidades bajas, esto quizá se deba a la poca adaptación de los participantes al equipo con el que se trabajó, por lo que se recomienda realizar una serie de adaptación previa al inicio del estudio y así mismo aleatorizar el miembro pélvico a trabajar primero.

Se recomienda para estudios posteriores que los grupos de edad sean más amplios a fin de poder obtener valores normativos en una mayor población que podría abarcar otro tipo de patología.

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

México, D.F., a ____ de _____ de 2012.

Por medio del presente, se me ha invitado a participar en el proyecto de investigación titulado “Estandarizar los valores normativos de fuerza isocinética en cadena cinética cerrada para miembros pélvicos en población adulta sana”. Se me ha explicado que el objetivo de este estudio es estandarizar los valores en población adulta sana en equipo isocinético CONTREX-LP para valorar fuerza, potencia y trabajo muscular de piernas.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en realizar una prueba en dicho equipo para medir mi fuerza. Se me ha informado ampliamente sobre los posibles riesgos, inconvenientes y/o molestias, tales como calambres o fatiga muscular en extremidades inferiores que cederán con el reposo, mareo, fatiga o sensación de falta de aire ante el esfuerzo físico; 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 que obtendrá la población con enfermedades de músculo, y osteoarticular de piernas, derivados de mi participación en el estudio.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente. El investigador principal se ha comprometido a proporcionarme la información actualizada que se obtenga durante el estudio.

Nombre y firma del paciente: _____

Investigador responsable: _____

Testigo 1: _____

Testigo 2: _____

* Ante cualquier aclaración o duda respecto a la realización de las pruebas del protocolo de estudio en cuestión, comunicarse con la Dra. Iliana Lucatero Lecona y con el Dra. Viridiana Reyes Bello. Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, 1er Piso, Tel directo 52005003, ambos pertenecientes al CMN 20 de Noviembre, I.S.S.S.T.E, con dirección en Av. Félix Cuevas No. 540. Col. Del Valle Deleg. Benito Juárez. CP 03229. *Dr. Abel Archundia García. Presidente del Comité de Ética. Ext. 14629.

BIBLIOGRAFIA

1. Martínez I. Generalidades sobre la dinamometría isocinética. Selección 1998; 7: 1-14.
2. González S. et al. Determinación de la normalidad en la evaluación isocinética de rodilla. Fisioterapia 2002; 24: 141-146.
3. Karandikar N. et al. Kinetic Chains: A Review of the Concept and Its Clinical Applications. Phys Med Rehabil 2011; 3: 739-745.
4. Gullaume R. et al. Influence of additional load on the moments of the agonist and antagonist muscle groups at the knee joint during closed chain exercise. Journal of Electromyography and kinesiology 2009; 19: 459-466.
5. Stensdotter K. et al. Quadriceps Activation in Closed and in Open Kinetic Chain Exercise. MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE 2003: 2043-2047.
6. Zeevi. Isokinetics Muscle Testing, Interpretation and Clinical Application. Singapur 2004; Churchill Livingstone: 49-103.
7. Meta N.E. et al. Isometric Muscle Torque in Children 5 to 15 Years of Age: Normative Data. Arch Phys Med Rehabil 2006; 87: 1091-1099.
8. Prentice D.M. Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva. Paidotribo 1997:94-105.
9. Bernand P.L. et al. Reproducibility of the time to peak torque and the joint angle at peak torque on knee of Young sportsmen on the isokinetic dynamometer. Annals of physical and Rehabilitation Medicine 2012; 346: 1-11.
10. Hogrel J.Y. et al. Development of a French Isometric Strength Normative Database for Adults Using Quantitative Muscle Testing. Arch Phys Med Rehabil 2007; 88: 1289-1297.
11. Jiménez F.H. et al. Dinamometría isocinética. Rehabilitación (Madrid) 2005;39:288-296.

12. Slocker de Arce A.M. et al. Diferencias de fuerza muscular para la extensión y la flexión de la rodilla mediante estudio isocinético. Alcalá de Henares (Madrid) 2001:1-8.
13. Gain H. et al. Fortalecimiento muscular en rehabilitación. Kinesioterapia 2003;1: 1-10.
14. Fort A.V. et al. Concepto actual del síndrome de dolor femorrotuliano en deportistas. Fisioterapia 2007; 29 214-22.
15. Sánchez T.L. et al. Guía metodológica para la elaboración de un protocolo de investigación en el área de la salud. Prado 2010:36-37.
16. Daneshjoo A. et al. Bilateral and Unilateral Asymmetries of Isokinetic Strength and Flexibility in Male Young Professional Soccer Players. Journal of Human Kinetics 2013;36:45-53.
17. Ibañez A, Koral J. Ejercicios excéntricos. Centro Internacional de Rehabilitación de Deportista Valencia 2003;20:1-19.
18. Liebensteiner M.C. et al. The effect of gender on force, muscle activity, and frontal plane knee alignment during maximum eccentric leg-press exercise. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012;20:510-516.