



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

DIRECCIÓN REGIONAL CENTRO

DELEGACION SUR DEL DISTRITO FEDERAL

JEFATURA DE PRESTACIONES MÉDICAS

UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI

COORDINACIÓN CLÍNICA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD

ESTANDARIZACIÓN ISOCINÉTICA DE MÚSCULOS FLEXORES Y EXTENSORES DE RODILLA

TESIS DE POSGRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

INVESTIGADOR PRINCIPAL

Dr. Fernando Segura Martínez

Médico Residente de 3° año de la especialidad de Medicina Física y Rehabilitación.
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Sur Siglo XXI.

ASESORES:

Dra. Angélica Elizabeth García Pérez

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación.
Maestría en Investigación Clínica.
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Sur Siglo XXI.

Dra. Gladys Pech Moguel

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación.
Alta especialidad en Rehabilitación Ortopédica y Rehabilitación Laboral.
Médico de base encargada del Laboratorio de Isocinesia de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Sur Siglo XXI.

MÉXICO, D. F.

ENERO, 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.

AUTORIZACIÓN

DR. JAIME ALFREDO CASTELLANOS ROMERO

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

DRA. ILIANA DE LA TORRE GUTIERREZ

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

DRA. MARIA DEL CARMEN MORA ROJAS

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN
COORDINACIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI

ASESORES

DRA. ANGÉLICA ELIZABETH GARCÍA PÉREZ

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN
PROFESORA ADJUNTA DE LA ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA DE
REHABILITACIÓN
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI

DRA. GLADYS PECH MOGUEL

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN
MÉDICO DE BASE ENCARGADA DEL SERVICIO DE ISOCINECIA DE LA
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia: mis padres María de Lourdes Martínez Reyes y Fernando Segura Molina, mis hermanos: Santiago, Ana y Daniel; a cada uno de ustedes que me ha apoyado incondicionalmente, siempre están presentes en mis logros y alegrías pero también en las adversidades.

A mis compañeros de generación, aprendí de cada uno de ustedes, de quienes me llevo algo, tienen mi cariño y admiración.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesoras, la Dra. Angélica E. García y la Dra. Gladys Pech gracias por su apoyo y por sus enseñanzas en este proyecto, por haber estado ahí a pesar de los reveses durante la realización de este trabajo, fueron pieza fundamental para su elaboración.

A mi jefa de enseñanza, la Dra. María del Carmen Mora Rojas quien siempre me ha apoyado en los aspectos académico y personal, mi admiración profunda hacia usted.

Gracias a mis maestros por su tiempo y por su enseñanza: Dra. Georgina Hernández, Dra. Grisel Lupercio, Dra. Elga B. Sugei Aguilera, Dra. Iliana De la Torre, Dra. María del Carmen Troncoso, Dra. Ofelia Sánchez, Dra. Rocío Juárez, Dra. Verónica Ramírez, Dr. Ángeles Weintraub, Dr. Carlos Landeros, Dr. Ernesto Delgado, Dr. José A. Zárate, Dr. Mario Mejía.

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

ÍNDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCION	8
MARCO TEÓRICO	11
ANTECEDENTES	16
JUSTIFICACION	19
PREGUNTA DE INVESTIGACION	21
OBJETIVOS	22
MATERIAL Y MÉTODOS	23
TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO	23
TAMAÑO DE LA MUESTRA	24
CRITERIOS DE SELECCIÓN	25
PROCEDIMIENTOS	26
VARIABLES METODOLÓGICAS	28
CONSIDERACIONES ÉTICAS	32
RESULTADOS	33
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	54
SUGERENCIAS	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	59

RESUMEN

ESTANDARIZACIÓN ISOCINÉTICA DE MÚSCULOS FLEXORES Y EXTENSORES DE RODILLA

Segura Martínez F³, Pech Moguel G², García Pérez A.^{11,3} Consulta Externa, ²Laboratorio de Isocinesia; Unidad de Medicina Física y Rehabilitación siglo XXI. Delegación Sur, D.F., UMFR Siglo XXI.

Introducción. La dinamometría isocinética constituye un método avanzado de evaluación de la capacidad de un grupo muscular para valorar torque (fuerza), potencia y trabajo. Esta evaluación proporciona información útil sobre: la función articular de la rodilla; el riesgo de lesión, y la estabilidad dinámica de la rodilla ¹⁰. Lo que permite obtener índices de la fuerza muscular, potencia y trabajo isocinéticos, parámetros que deben ser estandarizados antes de poder ser utilizados legítimamente en el ámbito clínico y de la rehabilitación físico-deportiva¹¹.

Esto permitirá obtener información confiable sobre los índices de fuerza, potencia y trabajo a utilizar para categorizar a pacientes y/o deportistas (estudio de validez) así como valorar la eficacia del tratamiento utilizado (estudio de fiabilidad absoluta) en pacientes con patología articular de rodilla.

Actualmente no se cuenta con parámetros de normalidad en población mexicana por lo que en el presente estudio se pretende realizar una estandarización en el Instituto Mexicano del Seguro Social.

Objetivo. Estandarizar los valores de referencia isocinética de los músculos flexores y extensores de rodilla en sujetos sanos.

Metodología. Diseño: Estudio transversal descriptivo. Sujetos: Individuos sanos de 20 a 60 años de edad, ambos sexos, derechohabientes, sin antecedentes de cirugía de rodillas y/o lesiones previas. Procedimientos: Se realizó historia clínica y exploración física completa; valoración por medio del dinamómetro isocinético CON-TREX MJ de músculos cuádriceps e isquiotibiales bilateral, determinando el torque, potencia y trabajo total concéntrico a diferentes velocidades. Lugar: Laboratorio de Isocinesia de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI.

Análisis estadístico: Se utilizó estadística descriptiva expresada en tablas y prueba de correlación de Pearson para variables isocinéticas considerándose significativa una $p \leq 0.05$.

Resultados. Se encontró para cuádriceps un torque en Nm (valorado a velocidad de 60°/seg) de: 116.0, y de 76.2 para isquiotibiales; la potencia en W (valorada a velocidad de 180°/seg) para cuádriceps fue de 275.0, y de isquiotibiales de 184.2; el trabajo en J/kg (valorado a velocidad de 300°/seg) para cuádriceps de 0.78, isquiotibiales de 0.63. Se estableció asociación estadísticamente significativa con una $p < 0.05$ para las variables género, peso y talla en relación al torque de cuádriceps e isquiotibiales

Discusión. Los valores de torque obtenidos, son comparativamente menores a los referidos como normales en población inglesa adulta joven sin patologías; considerando que las características antropométricas de la muestra estudiada son factores importantes para la variación de los mismos²⁴. Los valores obtenidos para la potencia y el trabajo no fue posible compararlos con tablas de referencia debido a que no existen estudios en los que se haya realizado una estandarización de dichos parámetros.

Conclusiones. El torque para cuádriceps en Nm a 60°/seg fue de 116.0 y de isquiotibiales de 76.2. La potencia para cuádriceps en W a 180°/seg fue de 275.0 y para isquiotibiales de 184.2. El trabajo en J/Kg a 300°/seg para cuádriceps fue de 0.78 y para isquiotibiales de 0.63

Sugerencias. Se sugiere el uso de los valores obtenidos en el presente estudio como parámetro de referencia para la población mexicana y continuar con protocolos de estudio.

Palabras clave: Cuádriceps, isquiotibiales, isocinesia, torque, potencia, trabajo.

INTRODUCCIÓN

El sistema locomotor pasivo consiste en el esqueleto óseo, conectado por articulaciones que incluyen cartílago, ligamentos y tendones. El sistema locomotor activo se compone de la musculatura esquelética que transforma la energía química acumulada en tensión mecánica y ésta en trabajo. El músculo es el motor de los movimientos y genera una tensión que es asignada al esqueleto a través de los tendones. El aporte de energía a la musculatura permite la función motriz³.

Para iniciar realmente un movimiento se precisa un “software” adecuado, como componente que gobierna y controla el sistema. Estos procesos de gobierno y control de movimientos se suman además a procesos funcionales que otorgan una posición central en la motorización humana, para el suministro óptimo de energía. Éstos coordinan, controlan y corrigen los procesos con movimientos arbitrarios y por lo tanto definen la cantidad y calidad de las ejecuciones motoras³.

El sistema nervioso central se encarga de la coordinación sensomotora del sistema locomotor y postural. Controla la realización de movimientos intencionados. El cuerpo se ve suministrado con “software de sistema” básico durante el desarrollo motriz. Durante el crecimiento, los procesos de aprendizaje constituyen la estructura básica que afectan al acto del movimiento así como a la capacidad de moverse. En el aprendizaje motriz diario a lo largo de toda la vida, en el deporte y en el trabajo, y adquiriendo nuevos movimientos, el cuerpo humano normalmente entra en la rutina de la propia “actualización” como proceso para extender y ponerse al día en su nivel de capacidades y aptitudes³.

La dinamometría isocinética es la técnica que estudia la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable⁴.

Los avances técnicos e informáticos de los últimos años han permitido diseñar aparatos que brindan una información cada vez más precisa, fiable y manejable, por lo que estamos asistiendo a un aumento del número de prestaciones y de dinamómetros isocinéticos instalados en nuestro país, que a su vez incide sobre el número de investigaciones realizadas con los mismos¹⁴.

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 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 ello¹⁴.

Los dinamómetros isocinéticos se han utilizado en la rehabilitación, especialmente de la rodilla, como medio de 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 movimiento¹⁵.

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 entrenamiento¹⁵.

Por ello, los aparatos isocinéticos tienen dos posibilidades de uso: la primera como una máquina de musculación, sofisticada y versátil, que en manos de fisioterapeutas sirve para ayudar y mejorar la rehabilitación de lesiones articulares. La segunda posibilidad es la de ser un instrumento preciso para la evaluación de la función muscular y valoración articular¹¹.

La evaluación por dinamometría isocinética está siendo usada en las últimas décadas como método para determinarse el patrón funcional de fuerza y equilibrio muscular fundamentalmente a través de las variables isocinéticas “pico de torque” y “relación de equilibrio agonista/antagonista”¹⁹.

Los índices de fuerza de la articulación de la rodilla descritos en la literatura científica pueden agruparse en dos tendencias: a) índices de fuerza bilateral, e b) índices de fuerza unilateral. Los índices de fuerza bilateral estudian el posible desequilibrio muscular que podría existir entre la fuerza de un segmento corporal en comparación a su homónimo opuesto (desequilibrio bilateral)¹¹.

Por otro lado, los índices de fuerza unilateral hacen referencia a la posible modificación-alteración que podría existir entre la fuerza de la musculatura agonista y antagonista al movimiento articular ¹ (desequilibrio unilateral). Así, determinados autores recomiendan la exploración de ambos índices de fuerza isocinética (bilateral y unilateral) porque podrían proporcionar información muy útil a clínicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo sobre: *a*) la función articular de la rodilla; *b*) el riesgo de lesión (LCA y musculatura isquiosural), y *c*) la estabilidad dinámica de la rodilla ¹⁵.

A pesar del extensivo uso que en la actualidad se está haciendo de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la articulación de la rodilla como elementos de identificación y predicción de posibles lesiones del LCA y de la musculatura isquiosural, existen pocos estudios que determinen valores de referencia a tomar para su empleo como parámetros para el retorno seguro a sus actividades del paciente con lesión de rodilla o del deportista al entrenamiento y/o competición¹⁶.

Es importante un análisis crítico y exhaustivo de la literatura científica que permita identificar el grado de validez y de fiabilidad de los índices de fuerza bilateral y unilateral de la articulación de la rodilla. Todo este conocimiento permitirá disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente justificado sobre qué índices de fuerza, potencia y trabajo utilizar para categorizar a pacientes y/o deportistas, y monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados para el mantenimiento o mejora de la estabilidad dinámica de la rodilla.

MARCO TEÓRICO

El concepto de la isocinesia se introdujo por James Perrine a finales de los años 60; permite una cuantificación objetiva de las variables de la fuerza muscular como lo son el torque máximo, la potencia, el trabajo y la fatiga, entre otras¹⁶.

Desde su nacimiento en la década de los sesenta la dinamometría isocinética ha ido integrándose al 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 esquelético. La dinamometría isocinética constituye un método avanzado de evaluación de la capacidad de un grupo muscular para desarrollar torque¹¹.

La evaluación por dinamometría isocinética está siendo usada en las últimas décadas como método para determinar el patrón funcional de fuerza y equilibrio muscular fundamentalmente a través de las variables isocinéticas “pico de torque” y “relación de equilibrio agonista/antagonista¹⁹”.

En la mayoría de las actividades, el músculo trabaja de manera mixta por medio de contracciones concéntricas y excéntricas, dependiendo del tipo de actividad. La contracción excéntrica se define como una contracción en la cual la resistencia es mayor que la tensión ejercida por un músculo determinado, de forma que este se alarga; posee una mayor ventaja mecánica, menor consumo de energía por unidad de tensión producida y puede generar una mayor tensión que la contracción concéntrica¹⁴.

La contracción concéntrica se define cuando un músculo desarrolla una tensión suficiente para superar una resistencia, de tal forma que este se acorta y moviliza una parte del cuerpo venciendo dicha resistencia; trabaja con menor estrés los elementos elásticos del músculo, sin embargo el consumo de energía es mayor¹⁵.

La selección de una velocidad baja (30°/seg - 60°/seg) obliga al grupo muscular a trabajar a su máxima capacidad, estimula fibras musculares rápidas tipo II y produce un incremento de la capacidad de la fibra muscular para utilizar energía metabólica en forma de ATP a partir de reservas de glucógeno, permitiendo durante una prueba, analizar la fuerza muscular y potencia de un grupo articular en estudio. Las velocidades medias y altas

(60°/seg- 300°/seg) aplica cargas relativamente pequeñas durante periodos sostenidos de tiempo, estimulando fibras lentas tipo I, en las cuales ocurren procesos metabólicos que incrementan la capacidad del músculo para obtener energía a través de oxidación de las grasas, produciendo una estimulación a nivel mitocondrial de enzimas oxidativas, aumentando la capitalización del músculo y durante la evaluación permitiendo valorar la resistencia muscular del grupo articular estudiado ⁹.

La evaluación de la fuerza en grupos flexores y extensores de rodilla se puede realizar mediante una evaluación isocinética; ésta utiliza un dinamómetro asociado a un sistema computacional que informa la fuerza muscular expresada en porcentajes o en torque máximo (PT), que es el resultado del esfuerzo multiplicado por la distancia medida en Newtons-Metro (Nm) y el trabajo muscular que en el gráfico registrado en el análisis es el área debajo de la curva del torque realizado en cada ángulo de movimiento expresado en Joules¹⁴.

El balance muscular representa la relación entre el grupo de músculos flexores y extensores de rodilla y es la herramienta más útil para medir la fuerza muscular, teniendo normalmente valores que fluctúan entre 50 y 70%, utilizándose 60% como corte para determinar un balance muscular fuerte o débil con predominio extensor o flexor (> 60% o < 60%) ¹⁹.

La utilización de los resultados de una evaluación isocinética posibilita una nueva herramienta y estrategia para la restructuración del plano de entrenamiento deportivo, pues permite una sensible identificación de la función muscular ⁷.

Además, se pueden determinar valores de referencia para la función muscular, en especial prediciendo el riesgo de lesiones ¹⁰.

La dinamometría isocinética utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar la capacidad muscular en datos cuantitativos, a velocidad constante. Es un sistema objetivo de evaluación de la fuerza muscular en movimiento, en términos de momento de fuerza, trabajo y potencia. Los dinamómetros isocinéticos pueden clasificarse en dos categorías: sistema pasivo y sistema activo ¹⁴.

El sistema pasivo utiliza freno mecánico, magnético, hidráulico o eléctrico y puede usarse en las modalidades de ejercicio isocinético concéntrico, isotónico o isométrico. Los sistemas activos disipan la fuerza producida por una persona o producen fuerza para trabajar sobre la persona, y pueden utilizarse para ejercicios isocinéticos excéntricos, concéntricos, isotónicos e isométricos ⁵.

El sistema de evaluación isocinética está formado por tres elementos: un goniómetro, que facilita la medida de arco del movimiento, un taquímetro, que indica la velocidad de realización del movimiento, y un dinamómetro, que ofrece el valor del torque desarrollado en cada instante ¹⁴.

La valoración isocinética aporta una serie de datos, el más importante es el momento de fuerza o torque de cada arco de movimiento, que gráficamente se representa como una curva en función del tiempo. La punta de momento de fuerza o pico de torque representa el valor más alto del momento de fuerza registrado durante el test e indica la máxima fuerza que el grupo muscular analizado es capaz de desarrollar ⁴.

La evaluación unilateral de la relación existente entre la máxima fuerza de la musculatura extensora y flexora de la articulación de la rodilla ha sido tradicionalmente determinada a través del empleo de dispositivos isocinéticos y expresada cuantitativamente por medio del llamado «índice de fuerza convencional» ⁴.

Este índice isocinético es calculado como el cociente entre el momento o pico de fuerza máxima (PFM) o *peak torque* isocinético de la musculatura flexora y la musculatura extensora de rodilla medido durante contracciones concéntricas (FR/ERCON). Un índice convencional de fuerza unilateral FR/ERCON menor de 0,50-0,60 ha sido asociado con un incremento significativo (de hasta 17 veces) de la probabilidad de sufrir lesiones del LCA y desgarros de la musculatura isquiosural ⁵.

El área bajo la curva del torque representa el trabajo muscular. Otras medidas aportadas y útiles en la valoración de la capacidad muscular son la potencia o producto del trabajo por la unidad de tiempo, y la resistencia a la fatiga durante las contracciones isocinéticas consecutivas ¹¹.

En el trazado gráfico que aporta el estudio isocinético se analiza la pendiente de la primera parte de la curva del torque, el espacio intercurva, la pendiente de la segunda parte de la curva y la morfología de la curva. La pendiente de la primera parte de la curva indica la rapidez con la cual el músculo alcanza el máximo momento de fuerza. Cuanto menor es este tiempo más cerca está el sujeto de su rendimiento máximo. El espacio intercurva es el tiempo transcurrido entre el cese de la actividad del grupo muscular agonista del movimiento y el inicio de la actividad muscular antagonista ¹¹.

No existen morfologías de la curva patognomónicas de ninguna patología pero los ejercicios que ocasionan sintomatología dolorosa producen una caída en el trazado de la curva y un déficit momentáneo de fuerza en correspondencia con el dolor o alteración biomecánica ⁹.

El Dinamómetro electrónico ofrece la posibilidad de realizar:

- Evaluación funcional.
- Evaluación diagnóstica.
- Rehabilitación.
- Entrenamiento.

Permitiendo identificar y cuantificar defectos funcionales, y comparar resultados, para valorar, por una parte, la eficacia de los programas y por otra, la eficacia del tratamiento en cada paciente, su evolución y progreso, así como el momento adecuado del alta⁹.

Isocinéticos ventajas:

Acomodan la resistencia (carga dinámica de un músculo a lo largo del recorrido (ROM).

Proporcionan máxima resistencia a lo largo del espectro de velocidades.

Alto factor de seguridad, mínimo riesgo para el paciente.

Mínimo dolor post-ejercicio debido a que la mayor parte de los isocinéticos son contracciones concéntricas.

Ejercicio a altas, medias y bajas velocidades angulares.

Desarrollo del control de la fuerza.

Desarrollo del reclutamiento.

Disminución del tiempo recíproco de inervación de las contracciones agonista/antagonista.

Eficacia de la contracción muscular.

Supervisión objetiva de los programas y progresión submáxima y máxima.

Especificidad de movimiento (aislamiento muscular).

Feed-back del paciente.

Isocinéticos desventajas:

Costo de los equipos.

Falta de carga excéntrica y estímulo a los músculos.

Tiempo de uso excesivo del equipo si se ejercita o evalúa más de una articulación.

Contraindicaciones relativas

Dolor.

Arco de movilidad limitado.

Derrame articular.

Contraindicaciones absolutas

Lesión de tejidos blandos en curación.

Dolor severo.

Arco de movilidad muy limitado.

Derrame articular severo

El sistema de entrenamiento *CON-TREX* ofrece un amplio espectro para entrenamientos. Además de entrenar habilidades convencionales como la fuerza, resistencia, energía de aceleración y flexibilidad, se pueden optimizar procesos de control del movimiento humano. Por un lado se puede realizar la práctica de coordinación intra e intermuscular, mediante la correcta programación de cargas. Por otra parte, movimientos específicos y típicos de la vida cotidiana, profesional y de ocio, se pueden “rehabilitar/readoptar”. Las características fuerza-tiempo de estos movimientos pueden ser simulados con la ayuda de los aparatos. Esta forma de influencia directa se puede ejercer en patrones de movimiento individual de los pacientes. En caso necesario pueden ser corregidos, mejorados y nuevamente aprendidos³.

ANTECEDENTES

La dinamometría isocinética representa actualmente uno de los métodos más objetivos de cuantificación de la fuerza muscular humana en condiciones dinámicas, habiéndose demostrado en numerosas publicaciones la fiabilidad, validez y reproducibilidad de las variables obtenidas, por lo que cada vez se utiliza con más frecuencia en la clínica.

Slocker y cols en 2002 realizaron un trabajo donde se estudió la fuerza muscular isocinética de la articulación de la rodilla y las variables antropométricas más significativas de los individuos analizados. La muestra fue de 60 sujetos jóvenes voluntarios y sanos (30 hombres, 30 mujeres).

Se determinaron: 1º) Momento máximo de fuerza (Nm) y momento máximo/peso corporal (%), en la extensión y en la flexión a 60º/s en ambos miembros inferiores mediante test isocinéticos (dinamómetro Biodex). 2º) Perímetro de muslo, perímetro de pierna y longitud de miembro inferior.

Aparecieron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables a favor del lado derecho menos en la variable longitud del miembro inferior. Igualmente el factor sexo determinó diferencias en todas las variables a excepción del perímetro del muslo, siendo estas mayores en los varones. Por último, el análisis de correlación entre las distintas variables, permitió constatar algunas interdependencias entre las variables morfológicas y de actividad muscular que pueden ser aplicadas en el campo clínico⁷.

Yoon y cols. 1991 refieren que los valores isocinéticos pueden afectarse por muchos factores como la edad, género, posición durante la prueba, velocidad angular, efecto de la gravedad sobre el torque y características antropométricas ²⁴.

Yoon y cols. en 1991 reportaron que el torque durante una prueba isocinética disminuye al incrementar la velocidad angular con o sin corrección de la gravedad. Esta disminución del torque ha sido atribuida a diferentes patrones de activación neurológica de unidades motoras a diferentes velocidades ²⁴.

Heewet y cols. en 2007, reportaron en una revisión sistemática que la corrección de la gravedad antes de la valoración isocinética muestra cambios significativos en la relación de cuádriceps/isquiotibiales entre hombres y mujeres al incrementar la velocidad de movimiento angular. Este incremento en el torque de isquiotibiales se debe a un mecanismo reflejo que actúa con el fin de estabilizar y proteger el ligamento cruzado anterior a altas velocidades ²⁰.

En un estudio realizado en 2011 por Laura A. Wojcik al evaluar los torques de miembro pélvico, describió que existen diferencias entre hombres y mujeres, siendo más notables en periodos post-fatiga. Esta autora sugiere como probable causa, diferencias antropométricas, fisiológica y de organización postural, que aún no han sido ampliamente estudiadas ²².

Saudi, Abdulrahman S. encontró que únicamente para el caso de la flexión, el torque en concéntrico es un 9.3% mayor de lado derecho (lateralidad dominante) comparado con el izquierdo, no encontrando diferencias en extensión. Esto tiene lógica si consideramos el predominio de lado dominante aunque puede considerarse normal hasta un 20% de diferencia con el lado no dominante¹.

La mayoría de los estudios de estandarización se realizan en pacientes jóvenes sin ninguna patología. Laura A. Wojcik, no encontró diferencias significativas con la edad, por ello algunas tablas de referencia consultadas en la literatura mundial, no establecen valores en base a reagrupación por edad, sino únicamente por género ²².

B. Danneskiold-Samsoe, en 2009, al medir los valores isocinéticos de rodilla, encontró como hallazgo en todos los grupos de edad, para la flexión y extensión, que la máxima fuerza isométrica está en la posición de 65 grados. El segundo hallazgo fue que tanto en el hombre como en la mujer la fuerza muscular declina con la edad ⁸.

La disminución del torque en individuos de edad avanzada es atribuida a la pérdida progresiva de fibras musculares en número y tamaño, anormalidades en las propiedades contráctiles de las fibras musculares, alteraciones metabólicas, de excitación-contracción y patrones de activación neuromuscular alterados⁶.

Wyatt y cols 1981 hicieron una comparación de los valores de torque de cuádriceps e isquiotibiales durante el ejercicio isocinético en 50 hombres y 50 mujeres de 25 a 34 años de edad, se realizaron pruebas a 60, 180 y 300°/seg, concluyendo que los valores de torque disminuyeron a medida que la velocidad de ejercicio aumenta, los valores de torque de cuádriceps fueron significativamente mayores que de isquiotibiales en cada prueba, la relación entre los valores del torque de cuádriceps e isquiotibiales aumenta significativamente a medida que aumenta la velocidad de la prueba y que los valores de torque de rodilla dominante y no dominante diferían significativamente en los hombres, pero no para las mujeres²³.

JUSTIFICACIÓN

La ergometría isocinética ha tenido una gran difusión ya sea en el campo de la valoración funcional, como en el de la rehabilitación y en el de la determinación de la fuerza muscular del deportista.³

La articulación de la rodilla es ciertamente la que con mayor facilidad se adapta al ejercicio isocinético, gracias a la ausencia de dificultad en la realización de la flexo-extensión y a la comodidad de la posición del paciente.³

El entrenamiento isocinético ha demostrado ser una valiosa herramienta y no debe dejarse de lado a la hora de diseñar un programa rehabilitador, especialmente si se trata de un deportista.³

El método isocinético es útil para determinar la severidad de una lesión, determinar el estado para la reincorporación a la actividad deportiva, laboral, y/o realizar investigación clínica.

El estudio del rendimiento muscular puede basarse en la evaluación isocinética; aunque todavía son necesarias la interpretación y descripción de las curvas normales para que la valoración isocinética pueda utilizarse como referente en el seguimiento del entrenamiento deportivo o el diseño de programas que permitan la prevención de lesiones en el deporte.¹

Es importante un análisis crítico y exhaustivo de la valoración isocinética en población sana para establecer el estándar que permita identificar los índices de fuerza bilateral y unilateral de la articulación de la rodilla. Este conocimiento permitirá disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente aceptado sobre qué valores de referencia utilizar para categorizar a sus pacientes y/o deportistas (estudio de la validez) y/o monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados (estudio de la fiabilidad absoluta) para el mantenimiento o mejora de la estabilidad dinámica de la rodilla.

En México se cuenta con poca evidencia sobre este tipo de estudios realizados con valores establecidos en la población sana, lo cual podría ser de utilidad para posteriores estudios en pacientes con diversas patologías de rodilla. Estos valores pueden ayudar a realizar valoraciones más apropiadas para población mexicana comparando los resultados obtenidos en los pacientes con parámetros objetivos que nos ayuden a valorar y brindar un tratamiento más adecuado para patologías específicas de rodilla.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los valores de torque, potencia y trabajo de los músculos flexores y extensores de rodilla en población mexicana sana?

¿Existe diferencia entre los valores isocinéticos obtenidos y los establecidos por la literatura internacional?

OBJETIVOS

Objetivo general

Estandarizar los valores de referencia isocinéticos de torque, potencia y trabajo para los músculos flexores y extensores de rodilla con dinamómetro isocinético CON-TREX MJ en población mexicana sana.

Objetivos específicos

Comparar los valores isocinéticos de torque, potencia y trabajo obtenidos de músculos flexores y extensores de rodillas por género, con los reportados por otros autores en la literatura internacional.

Determinar los valores isocinéticos de cuádriceps e isquiotibiales (torque, potencia y trabajo a 60°, 180° y 300°/ seg respectivamente) en rodilla derecha e izquierda por género.

MATERIAL Y METODOS

TIPO DE ESTUDIO:

Clínico.

DISEÑO DEL ESTUDIO:

Transversal descriptivo.

TIPO DE MUESTREO:

No probabilístico de casos consecutivos.

AMBITO GEOGRAFICO:

IMSS. UMFR Siglo XXI. Calzada del Hueso S/N. Colonia La Floresta, Delegación Coyoacán.

TAMAÑO DE LA MUESTRA:

El tamaño de la muestra se realizó mediante la estimación de una proporción en una población finita.

$$n = \frac{N p q}{(N - 1) D + pq} \frac{B^2}{4}$$

$$D = \frac{B^2}{4}$$

n = Tamaño de la muestra.

N= Total poblacional.

p = Proporción de interés.

q = 1 - p

B = Magnitud del límite de error

N = 731 individuos sanos

p = 12 %

q = 1 - p = 0.988

B = 2 % = .02

$$n = \frac{N p q}{(N - 1) D + p q} \quad D = \frac{B^2}{4} = \frac{(.02)^2}{4} = 0.0001$$

$$n = \frac{(731) (.012) (0.988)}{(730) (.0001) + (.012) (0.88)}$$

$$n = \frac{866.736}{0.084856}$$

$$n = 102$$

CRITERIOS DE SELECCIÓN.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Individuos sanos de 20-60 años de edad

Ambos géneros.

Nacidos en México.

Derechohabientes del IMSS

Que no presenten patología articular y/o dolor articular de rodillas.

Que acepten participar voluntariamente en el estudio mediante firma de carta de consentimiento informado.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Individuos con antecedentes de cirugía de rodilla o fracturas en miembro pélvico.

Sujetos con lesiones de nervio periférico en miembros pélvicos.

Individuos con gonartrosis grado II, III y IV y/o con dolor que impida realizar la prueba.

Sujetos con lesiones musculares que condicionen dolor en el momento de la prueba.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN:

Sujetos que por algún motivo no puedan concluir la valoración isocinética.

PROCEDIMIENTOS

SUJETOS

Se captaron 88 individuos sanos que aceptaron participar mediante firma de consentimiento informado; a cada voluntario se le realizó historia y valoración clínica, con énfasis en pruebas de estabilidad articular y valoración de estudios de imagen radiológicas en posición anteroposterior (AP) y lateral de ambas rodillas, así como registro del peso, la talla, el índice de masa corporal y la presencia de comorbilidades.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de isocinesia donde se cuenta con equipo necesario y en condiciones adecuadas para la realización del mismo.

De dicha muestra fueron eliminados 2 sujetos debido a que uno de ellos presentó dolor articular moderado en rodilla derecha el cual le imposibilitó continuar con la prueba, el segundo sujeto no logró realizar la prueba de forma eficiente durante la evaluación isocinética, por no lograr el coeficiente de variación de torque tanto para flexores como extensores de rodilla esperado para tal valoración.

Valoración Isocinética.

Se colocó al sujeto en posición de sedestación sobre el asiento del CON-TREX MJ con rotación del asiento a 0° y con ángulo de inclinación del respaldo a 85°.

Se ajustaron las longitudes del asiento y respaldo de tal manera que los muslos estén completamente encima del asiento y el respaldo tenga contacto directo con la cadera. Se ajustó el dinamómetro isocinético al eje de la articulación valorada con un arco de movilidad de 90°. Se posicionó el dinamómetro en el lado seleccionado para la prueba, colocándose fijadores supracondíleos, se fijó al sujeto mediante el ajuste de cinturones de seguridad a nivel de tórax, la porción móvil del brazo que está adaptado al dinamómetro fue fijada a cada pierna del sujeto en la unión del tercio medio con el distal.

Fue llevado a cabo por parte del sujeto de estudio un calentamiento previo en posición sedente con movimientos activos sin resistencia de flexión y extensión de la rodilla bilateral durante 2 minutos; posteriormente se realizaron los movimientos con fuerza submáxima como prueba de familiarización con el equipo.

Se analizaron los grupos musculares implicados en la flexión y en la extensión de rodilla utilizando un dinamómetro isocinético CON-TREX MJ: modalidad isocinético clásico con contracción en modo concéntrico/concéntrico con el sujeto en sedestación, a 3 velocidades y con un torque máximo de 300 Nm.

Ejercicios isocinéticos de rodilla realizados:

Flexión-extensión a 60°/seg (5 repeticiones) descanso de 60 seg.

Flexión-extensión a 180°/seg (5 repeticiones) descanso de 60 seg.

Flexión-extensión a 300°/seg (20 repeticiones) descanso de 60 seg.

Se utilizó motivación verbal y retroalimentación a través del monitor del equipo.

Los resultados fueron graficados por el equipo de cómputo del CON-TREX y divididos por número de repeticiones y velocidad para su comprensión y análisis. Se registraron los resultados en hoja de captación individualizada de cada paciente.

Los resultados para el análisis estadístico se seleccionaron en base al mayor torque máximo obtenido durante la evaluación (pico de torque), así como la potencia y trabajo obtenidos.

VARIABLES METODOLOGICAS

VARIABLE INDEPENDIENTE

Dinamometría isocinética.

VARIABLES DEPENDIENTES

Torque.

Potencia.

Trabajo.

VARIABLE INDEPENDIENTE

Dinamometría isocinética.

Definición conceptual: Método avanzado de evaluación de la capacidad de un grupo muscular para desarrollar momento torsional de fuerza ¹⁵.

Definición operacional: La evaluación de los parámetros isocinéticos se realiza a una velocidad fijada con una resistencia variable que se acomoda totalmente al individuo a lo largo del ROM. Por tanto, la velocidad es constante y preseleccionada mientras que la resistencia varía hasta compensar la fuerza aplicada en cada punto del ROM.

Indicador: No cuenta con indicador específico, requiere de conocerse el parámetro a evaluar (torque, potencia, trabajo).

Variable: Cualitativa.

Tipo de variable: Nominal.

Nivel de medición: Acorde al parámetro a evaluar: torque, potencia, resistencia; los cuales son descritos dentro de las variables dependientes.

VARIABLES DEPENDIENTES

Torque

Definición conceptual: también llamado momento máximo, mayor valor del momento muscular desarrollado en el arco de recorrido estudiado, es la relación directa entre la fuerza aplicada y la distancia del punto de aplicación de la misma al eje de movimiento ¹⁶.

Definición operacional: mediante dinamómetro isocinético se calcula la interacción de tres factores. La primera es la fuerza real generada por los propios músculos. En segundo lugar la longitud de la extremidad o grupo muscular aplicación de la fuerza, que determina cuánto

se puede aplicar apalancamiento. El tercer factor es el ángulo formado por el brazo de momento y la articulación, a la vez que se aplica la fuerza.

Indicador: Newtons-metro (Nm), determinados en dinamómetro.

Variable: Cuantitativa.

Tipo de variable: Continua.

Nivel de medición: Razón.

Potencia

Definición conceptual: Es la capacidad para producir fuerza a lo largo de un ROM en un tiempo determinado.

Definición operacional: La potencia incorpora tiempo y trabajo, permitiéndonos así realizar determinaciones mucho más apropiadas de la actual función muscular. Corresponde a la fuerza realizada a lo largo del recorrido en relación con el tiempo requerido, calculado mediante dinamómetro isocinético.

Indicador: Watts (W), determinados en dinamómetro.

Variable: Cuantitativa.

Tipo de variable: Continua.

Nivel de medición: Intervalo.

Trabajo.

Definición conceptual: Es la suma del trabajo realizado en cada repetición de la serie efectuada.

Definición operacional: Suma del trabajo desarrollado por músculos flexores y extensores de rodilla tras una serie de repeticiones, calculado mediante el dinamómetro isocinético.

Indicador: Julios (J), determinados en dinamómetro.

Variable: Cuantitativa.

Tipo de variable: Continua.

Nivel de medición: Intervalo.

VARIABLES DEMOGRAFICAS

Género

Definición conceptual: Condición orgánica que distingue al hombre de la mujer.

Definición operacional: Se considera de acuerdo a lo reportado en la ficha de identificación y por las características fenotípicas observadas durante la aplicación del cuestionario.

Indicador: Características fenotípicas observables o registradas en la ficha de identificación.

Variable: Cualitativa.

Tipo de variable: Nominal.

Escala de medición: Dicotómica.

Edad

Definición conceptual: Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento

Definición operacional: se establece el tiempo que ha vivido una persona medido en años por la información en la ficha de identificación.

Variable: Cuantitativa.

Tipo de variable: Continua.

Escala de medición: Intervalo.

Peso

Definición conceptual: Es la medida de la masa corporal expresada en kilogramos.

Definición operacional: Se establece el peso mediante valoración por medio de báscula.

Variable: Cuantitativa.

Tipo de variable: Continua.

Escala de medición: Intervalo.

Talla

Definición conceptual: Es la altura que tiene un individuo en posición vertical desde el punto más alto de la cabeza hasta los talones en posición de “firmes”, se mide en centímetros (cm).

Definición operacional: Se establece la talla en metros o en centímetros mediante un estadímetro.

Variable: Cuantitativa.

Tipo de variable: Continua.

Escala de medición: Intervalo.

Índice de masa corporal

Definición conceptual: Es la relación que existe entre el peso y la talla. Sirve para identificar: Bajo Peso, Peso Normal, Sobrepeso y Obesidad.

Definición operacional: se obtiene al dividir el peso en kilogramos entre la estatura en metros elevada al cuadrado, como se observa en la siguiente fórmula: $IMC = \text{Peso (Kg)} / \text{Talla (m)}^2$.

Indicador: Peso (en kilogramos) dividido entre la talla (en metros), al cuadrado kg/m^2 : Bajo peso (menor a 18.5); rango normal (18.5-24.9), sobrepeso (25-29.9), obesidad (mayor o igual a 30), obesidad mórbida (mayor o igual a 40).

Variable: Cualitativa

Tipo de variable: Ordinal.

Escala de medición: Politémica.

CONSIDERACIONES ETICAS

El estudio fue sometido a Comité Local de Investigación en Salud para su aprobación.

El estudio se realizó en seres humanos y se calificó de riesgo mínimo y se respalda en los siguientes documentos:

Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial en los Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en seres Humanos adaptada por la 8va Asamblea Médica Mundial, Helsinki Finlandia en Junio de 1964, ensamblada por la 29va Asamblea Médica Mundial en Tokio Japón en octubre de 1975, por la 35va Asamblea Mundial de Venecia Italia en octubre de 1983, la 41va Asamblea Médica Mundial de Hong Kong en septiembre de 1989 con última revisión en la 48va Asamblea General de Summerset West Sudáfrica en octubre de 1996 y la 52ava Asamblea General de Edimburgo Escocia en octubre del 2000.

Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial se vincula al médico con la fórmula “velar solícitamente y ante todo por la salud de mi paciente”

Código de Nuremberg que en su primera disposición señala es absolutamente esencial el consentimiento informado o voluntario del sujeto humano.

Informe Belmont que habla sobre los principios éticos y directrices para la protección de sujetos humanos en investigación siendo un reporte de la Comisión Nacional para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y del Comportamiento del 18 de Abril de 1979.

RESULTADOS

ESTADISTICA DESCRIPTIVA

El total de la muestra fue de 86 sujetos, la distribución por género fue de 48 (55.8%) del género masculino y 38 (44.2%) del género femenino.

EDAD

El promedio de edad en hombres fue de 35.4 ± 8.9 , la edad mínima de 20 años y máxima de 59 años; en mujeres de 31.1 ± 6.8 , la edad mínima de 21 años y máxima de 53 años. (*Ver tabla 1*).

TALLA

El promedio de talla en hombres fue de 1.69 ± 0.05 m, la talla mínima de 1.51m y máxima de 1.86m; en mujeres el promedio fue de 1.62 ± 0.06 m, la talla mínima de 1.45m, máxima de 1.78m (*ver tabla 1*)

PESO

El promedio de peso en hombre fue de 74.1 ± 7.6 , el peso mínimo fue de 51kg, máximo de 93kg; en mujeres el promedio fue de 63.6 ± 8.1 , el peso mínimo fue de 48kg, máximo de 85kg (*ver tabla 1*)

INDICE DE MASA CORPORAL (IMC)

El promedio de índice de masa corporal en hombres fue de 25.8 kg/m^2 , el IMC mínimo de 18.0 kg/m^2 , máximo de 30.5 kg/m^2 ; en mujeres el promedio fue de 24.2 kg/m^2 , el IMC mínimo de 18.6 kg/m^2 , máximo de 31.7 kg/m^2 (*ver tabla 1*).

Tabla 1. Estadística descriptiva de edad, talla, peso e IMC por género en sujetos sanos de la UMFRSXXI

Género		Mínimo	Máximo	Promedio
Hombre	Edad (años)	20	59	35.4±8.9
	Talla (m)	1.51	1.86	1.69±0.05
	Peso	51	93	74.1±7.6
	IMC (kg/m ²)	18.0	30.5	25.8±2.6
Mujer	Edad (años)	21	53	31.1±6.8
	Talla (m)	1.45	1.78	1.62±0.06
	Peso	48	85	63.6±8.1
	IMC (kg/m ²)	18.6	31.7	24.2±2.7

Fuente: UMFRSXXI

PROMEDIO DE VALORES ISOCINETICOS DE CUADRICEPS E ISQUIOTIBIALES DERECHO E IZQUIERDO

TORQUE

El promedio de torque (valorado a 60°/seg) para cuádriceps derecho fue de 115.7±39.0Nm, cuádriceps izquierdo de 116.4±41.9Nm, promedio de torque global en cuádriceps: 116.5Nm (*véase tabla 2*).

El promedio de torque (valorado a 60°/seg) para isquiotibiales derechos fue de 76.6±30.8Nm, isquiotibiales izquierdos de 75.9±30.2Nm, promedio de torque global en isquiotibiales: 76.2Nm (*véase tabla 2*).

POTENCIA

El promedio de potencia (valorado a 180°/seg) para cuádriceps derecho fue de 274.9±97.5W, cuádriceps izquierdo de 275.2±89.5W, promedio de potencia global en cuádriceps: 275.0 W (*véase tabla 2*).

El promedio de potencia (valorado a 180°/seg) para isquiotibiales derechos fue de 187.0±64.4W, isquiotibiales izquierdos de 181.5±60.2W, promedio de potencia global en isquiotibiales: 184.2 W (*véase tabla 2*).

TRABAJO

El promedio de trabajo (valorado a 300°/seg) para cuádriceps derecho fue de 0.79±0.32J/kg, cuádriceps izquierdo de 0.78±0.27J/kg, promedio de trabajo global en cuádriceps: 0.78J/Kg (*véase tabla 2*).

El promedio de trabajo (valorado a 300°/seg) para isquiotibiales derechos fue de 0.63±0.19J/kg, isquiotibiales izquierdos fue de 0.63±0.21J/kg, promedio de trabajo en isquiotibiales: 0.63 J/kg (*véase tabla 2*).

Los resultados obtenidos para los valores promedio de torque expresado en Nm, potencia en W y trabajo en J/Kg para los músculos cuádriceps e isquiotibiales del grupo valorado por miembro pélvico y de forma global se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Promedio de valores isocinéticos de músculos flexoextensores de rodilla a diferentes velocidades en población sana de la UMFRSXXI

Músculos a diferentes velocidades	SUJETOS DE ESTUDIO SANOS (RODILLA BILATERAL)		
	Derecha	Izquierda	Global
TC (60°/seg)	115.7±39.0	116.4±41.9	116.5
TI (60°/seg)	76.6±30.82	75.9±30.2	76.2
POT C (180°/seg)	274.9±97.5	275.2±89.5	275.0
POT I (180°/seg)	187.0±64.4	181.5±60.2	184.2
TRAB C (300°/seg)	0.79±0.32	0.78±0.27	0.78
TRAB I (300°/seg)	0.63±0.19	0.63±0.21	0.63

Torque en Nm, Potencia en W, Trabajo en J/Kg.

Fuente: UMFRSXXI

TC: Torque de cuádriceps.

TI: Torque de isquiotibiales.

POT C: Potencia de cuádriceps.

POT I: Potencia de isquiotibiales.

TRAB C: Trabajo de cuádriceps.

TRAB I: Trabajo de isquiotibiales.

PROMEDIOS DE TORQUE DE CUÁDRICEPS E ISQUIOTIBIALES BILATERAL EN HOMBRES SANOS

El promedio de torque (valorado a 60°/seg) en Nm para el género masculino en el músculo cuádriceps fue: derecho de 130.8±42.3, izquierdo de 137.0±42.2; el promedio de torque de isquiotibiales (valorado a 60°/seg) fue: derechos de 89.4±33.6, izquierdos de 91.3±30.6 (véase tabla 3).

Tabla 3. Torque de cuádriceps e isquiotibiales bilateral en hombres sanos de la UMFRSXXI

	Cuádriceps		Isquiotibiales	
	Derecho	Izquierdo	Derechos	Izquierdos
Promedio	130.8	137.0	89.4	91.3
Desv. típ.	42.3	42.2	33.6	30.6
Mínimo	61.2	67.2	41.7	40.9
Máximo	234.1	212.6	160.0	163.2

Torque en NM

Fuente UMFRSXXI

PROMEDIOS DE POTENCIA DE CUADRICEPS E ISQUIOTIBIALES BILATERAL EN HOMBRES SANOS

El promedio de potencia (valorado a 180°/seg) en Watts (W) para el género masculino en el músculo cuádriceps fue: derecho de 311.0± 104.4, izquierdo de 310.0±93.7; el promedio de potencia de isquiotibiales (valorado a 180°/seg) fue: derechos de 209.2±68.1, izquierdos de 209.9±55.8 (véase *tabla 4*).

Tabla 4. Potencia de cuádriceps e isquiotibiales bilateral en hombres sanos de la UMFRSXXI.

	Cuádriceps		Isquiotibiales	
	Derecho	Izquierdo	Derechos	Izquierdos
Promedio	311.0	310.0	209.2	209.9
Desv. típ.	104.4	93.7	68.1	55.8
Mínimo	118.7	116.5	97.7	84.7
Máximo	542.0	480.3	403.8	328.0

Potencia en Watts.

Fuente: UMFRSXXI

PROMEDIOS DE TRABAJO DE CUADRICEPS E ISQUIOTIBIALES BILATERAL EN HOMBRES SANOS

El promedio de trabajo (valorado a 300°/seg) en J/kg para el género masculino en el músculo cuádriceps fue: derecho de 0.84±0.36; izquierdo de 0.82±0.27; el promedio de trabajo de isquiotibiales (valorado a 300°/seg) fue: derechos de 0.67±0.20, izquierdos de 0.68±0.20 (véase tabla 5).

Tabla 5. Trabajo de cuádriceps e isquiotibiales bilateral en hombres sanos de la UMFRSXXI

	Cuádriceps		Isquiotibiales	
	Derecho	Izquierdo	Derechos	Izquierdos
Promedio	0.84	0.82	0.67	0.68
Desv. típ.	0.36	0.27	0.20	0.20
Mínimo	0.06	0.35	0.27	0.34
Máximo	1.92	1.41	1.17	1.13

Trabajo en J/Kg.

Fuente: UMFRSXXI

PROMEDIOS DE TORQUE DE CUÁDRICEPS E ISQUIOTIBIALES BILATERAL EN MUJERES SANAS

El promedio de torque (valorado a 60°/seg) en Nm para el género femenino en el músculo cuádriceps fue: derecho de 96.8±23.8, izquierdo de 90.4±23.1; el promedio de torque de isquiotibiales (valorado a 60°/seg) fue: derechos de 60.4±16.1, izquierdos de 56.6±14.9 (véase tabla 6).

Tabla 6. Torque de cuádriceps e isquiotibiales bilateral en mujeres sanas de la UMFRSXXI

	Cuádriceps		Isquiotibiales	
	Derecho	Izquierdo	Derechos	Izquierdos
Promedio	96.8	90.4	60.4	56.6
Desv. típ.	23.8	23.1	16.1	14.9
Mínimo	56.1	49.1	30.0	32.5
Máximo	148.6	139.9	101.3	93.3

Torque en NM

Fuente UMFRSXXI

PROMEDIOS DE POTENCIA DE CUADRICEPS E ISQUIOTIBIALES BILATERAL EN MUJERES SANAS

El promedio de potencia (valorado a 180°/seg) en Watts (W) para el género femenino en el músculo cuádriceps fue: derecho de 229.3±64.7, izquierdo de 231.1±60.8. El promedio de potencia de isquiotibiales (valorado a 180°/seg) fue: derechos de 158.8±46.8, izquierdos de 145.7±44.8 (véase *tabla 7*).

Tabla 7. Potencia de cuádriceps e isquiotibiales bilateral en mujeres sanas de la UMFRSXXI

	Cuádriceps		Isquiotibiales	
	Derecho	Izquierdo	Derechos	Izquierdos
Promedio	229.3	231.1	158.8	145.7
Desv. típ.	64.7	60.8	46.8	44.8
Mínimo	88.6	91.4	60.3	59.1
Máximo	353.3	386.0	296.6	272.5

Potencia en Watts.

Fuente: UMFR SXXI

PROMEDIOS DE TRABAJO DE CUÁDRICEPS E ISQUIOTIBIALES BILATERAL EN MUJERES SANAS

El promedio de trabajo (valorado a 300°/seg) en J/kg para el género femenino en el músculo cuádriceps fue: derecho de 0.74 ± 0.25 , izquierdo de 0.74 ± 0.28 ; el promedio de trabajo de músculos isquiotibiales (valorado a 300°/seg) fue: derechos de 0.57 ± 0.18 , izquierdos de 0.57 ± 0.20 (véase tabla 8).

Tabla 8. Trabajo de cuádriceps e isquiotibiales bilateral en mujeres sanas de la UMFRSXXI

	Cuádriceps		Isquiotibiales	
	Derecho	Izquierdo	Derechos	Izquierdos
Promedio	0.74	0.74	0.57	0.57
Desv. típ.	0.25	0.28	0.18	0.20
Mínimo	0.19	0.22	0.24	0.21
Máximo	1.30	1.49	0.92	1.27

Trabajo en J/Kg.

Fuente: UMFRSXXI

PROMEDIO DE VALORES ISOCINETICOS DE CUADRICEPS E ISQUIOTIBIALES DERECHO E IZQUIERDO POR GÉNERO

Los resultados globales obtenidos para los valores promedio de torque expresado en Nm, potencia en W y trabajo en J/Kg en los músculos cuádriceps e isquiotibiales por género y miembro pélvico valorado se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Promedio de valores isocinéticos de músculos flexoextensores de rodilla (derecha/izquierda) por género a diferentes velocidades en población sana de la UMFRSXXI

Músculos a diferentes velocidades	MASCULINO		FEMENINO	
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
TC (60°/seg)	130.8±42.3	137.0±42.2	96.8±23.8	90.4±23.1
TI (60°/seg)	89.4±33.6	91.3±30.6	60.4±16.1	56.6±14.9
POT C (180°/seg)	311±104.4	310.0±93.7	229.3±64.7	231.1±60.8
POT I (180°/seg)	209.2±68.1	209.9±55.8	158.8±46.8	145.7±44.8
TRAB C (300°/seg)	0.84±0.36	0.82±0.27	0.74±0.25	0.74±0.28
TRAB I (300°/seg)	0.67±0.20	0.68±0.20	0.57±0.18	0.57±0.20

Torque en Nm, Potencia en W, Trabajo en J/Kg.

Fuente: UMFRSXXI

TC: Torque de cuádriceps.

TI: Torque de isquiotibiales.

POT C: Potencia de cuádriceps.

POT I: Potencia de isquiotibiales.

TRAB C: Trabajo de cuádriceps.

TRAB I: Trabajo de isquiotibiales

ESTADISTICA INFERENCIAL

Se realizó estadística inferencial donde se establecieron pruebas de correlación de Pearson encontrándose asociación estadísticamente significativa con género, peso y talla con una $p < 0.05$

DISCUSIÓN

PROMEDIO DE RESULTADOS ISOCINÉTICOS EN RELACIÓN AL GÉNERO

Recordando, los promedios de torque de músculos cuádriceps (valorado a velocidad de 60°/seg) para ambos géneros, en la muestra estudiada fueron: derecho de 115.7±39.0Nm, izquierdo de 116.4±41.9Nm, global de 116.5Nm; torque de isquiotibiales derechos de 76.6± 30.8Nm, izquierdos de 75.9±30.2Nm, global de 76.2 Nm (*véase tabla 2*).

El promedio de torque (en Nm) en músculos cuádriceps para el género masculino fue: derecho de 130.8±42.3, izquierdo de 137.0±42.2; el promedio de torque en isquiotibiales fue: derechos de 89.4±33.6, izquierdos de 91.3±30.6. El promedio de torque para músculos cuádriceps para el género femenino fue: derecho de 96.8±23.8, izquierdo de 90.4±23.1; el promedio de torque en isquiotibiales fue: derechos de 60.4±16.1, izquierdos de 56.6±14.9 (*véase tabla 9*)

Biodex Medical Systems, realizó una base de datos de valores isocinéticos (*Isokinetic Testing and data interpretation: Normative data base*) que corresponde a valores de referencia para población inglesa establecida en una muestra adulta joven sin patologías. Dichos parámetros corresponden a los siguientes: promedio de torque para el género masculino obtenido en músculos cuádriceps: 256-343Nm, en el género femenino: 238-283Nm (*véase tabla 12*). No fueron determinados los valores de torque de músculos isquiotibiales en esta base de datos.

Con esto, se determina que en nuestra muestra, el promedio de torque se encuentra por debajo del promedio de torque para músculos cuádriceps del establecido en la base de datos de Biodex Medical Systems, estableciendo de la misma forma que el torque es mayor en el género masculino. Yoon y cols. 1991 refieren que los valores isocinéticos pueden afectarse por muchos factores como la edad, género, posición durante la prueba, velocidad angular, efecto de la gravedad sobre el torque y características antropométricas²⁴.

La evaluación isocinética de torque en músculos cuádriceps e isquiotibiales se realizó a la velocidad preestablecida de 60°/seg en todos los casos.

Davies y cols. en 1987 indicaron que en el contexto de evaluación isocinética, la fuerza se define a velocidades de 60°/seg o inferiores. Por tanto, si se evalúa la fuerza de un individuo, la velocidad preseleccionada se sitúa a 60°/seg o menor. Las velocidades que se usan frecuentemente son 30°/seg, 45°/seg y 60°/seg, sin embargo debe tenerse en cuenta que no deben evaluarse las articulaciones de forma regular a velocidades inferiores a 60°/seg porque se fuerza la articulación, provocando dolor e inhibición refleja que actúa negativamente en la prueba, y además porque estas velocidades no son funcionales⁹.

Yoon y cols. en 1991 reportaron que el torque durante una prueba isocinética disminuye al incrementar la velocidad angular con o sin corrección de la gravedad²⁴. Por este motivo no es de utilidad realizar una valoración isocinética del torque a velocidades mayores a 60°/seg, esto fue tomado en cuenta para realizar la estandarización del torque máximo en la muestra estudiada. La disminución del torque a velocidades mayores a 60°/seg ha sido atribuida a diferentes patrones de activación neurológica de unidades motoras a diferentes velocidades⁶.

En el presente estudio, en el género masculino se observó una diferencia en disminución del torque del 5% de cuádriceps derecho en relación a la del cuádriceps izquierdo; en los sujetos del género femenino se obtuvo una diferencia en disminución del torque del 6% del cuádriceps izquierdo en comparación con el promedio obtenido para el cuádriceps derecho, ambos valores son considerados dentro de rangos de normalidad. Así mismo respecto a los músculos isquiotibiales se determinó que en los hombres hubo una mínima disminución del torque del 2% de isquiotibiales derechos respecto a los contralaterales y en mujeres una disminución del torque del 6% de isquiotibiales izquierdos en comparación con el torque promedio obtenido para

isquiotibiales derechos, ambos valores también considerados dentro de rangos normales.

Davies y cols 1987 mencionaron que las comparaciones bilaterales de grupos musculares se realizan para determinar si existen diferencias asimétricas. Diferencias menores del 10-15% habitualmente se consideran dentro de los límites normales a menos que el individuo practique un deporte altamente asimétrico, como lo es por ejemplo racketball, futbol, etc⁹.

A partir de los resultados de una prueba isocinética, se deben calcular las relaciones unilaterales de los músculos (agonistas/antagonistas). George Davies estableció que la relación cuádriceps/isquiotibiales (C/I) para hombres y mujeres a velocidad de 60°/seg es del 60-69%⁹. En el presente estudio la razón de equilibrio muscular de cuádriceps e isquiotibiales (C/I) se determinó del 68.3% para miembro pélvico derecho y del 66.6% para miembro pélvico izquierdo en hombres y del 62.3% para miembro pélvico derecho y 62.6% para miembro pélvico izquierdo en mujeres.

El torque no debe evaluarse a velocidades mayores ya que presentaría una disminución al incrementar la velocidad angular de movimiento durante la valoración isocinética, lo que puede correlacionarse con mayor riesgo de lesiones musculares o ligamentarias producidas por desequilibrio muscular⁹. Heewet y cols. en 2007, reportaron en una revisión sistemática que la corrección de la gravedad antes de la valoración isocinética muestra cambios significativos en la relación de cuádriceps/isquiotibiales entre hombres y mujeres al incrementar la velocidad de movimiento angular. Este incremento en el torque de isquiotibiales se debe a un mecanismo reflejo que actúa con el fin de estabilizar y proteger el ligamento cruzado anterior a altas velocidades. Así pues los individuos con una razón C/I < 0.75 presentan mayor riesgo de lesiones a altas velocidades²⁰.

En el presente estudio, respecto a la diferencia de torque obtenida entre ambos géneros en relación a cada miembro pélvico, se estableció que el torque es 26% menor para cuádriceps derecho y 34% menor para cuádriceps izquierdo en el género femenino respecto al masculino, así mismo se determinó que el torque es 32% menor para isquiotibiales derechos y 38% menor para isquiotibiales izquierdos en el género femenino en relación al masculino. En el estudio de Laura A. Wojick en 2011, al evaluar los torques de miembro pélvico, describió que existen diferencias entre hombres y mujeres, siendo más notables en periodos post-fatiga, esto probablemente debido a diferencias antropométricas, fisiológica y de organización postural, que aún no han sido ampliamente estudiadas²².

Wyatt y cols 1981 hicieron una comparación de los valores de torque de cuádriceps e isquiotibiales durante el ejercicio isocinético en 50 hombres y 50 mujeres de 25 a 34 años de edad, se realizaron pruebas a 60, 180 y 300°/seg, concluyendo que los valores de torque disminuyeron a medida que la velocidad de ejercicio aumenta, los valores de torque de cuádriceps fueron significativamente mayores que de isquiotibiales en cada prueba, la relación entre los valores del torque de cuádriceps e isquiotibiales aumenta significativamente a medida que aumenta la velocidad de la prueba y que los valores de torque de rodilla dominante y no dominante diferían significativamente en los hombres, pero no para las mujeres²³.

J. Arriaga en 2014 estableció en su estudio realizado en adultos mayores, que en el promedio de torque se observó una diferencia estadísticamente significativa entre cuádriceps e isquiotibiales con respecto al género, encontrándose mayor torque en el género masculino².

Todas las pruebas realizadas a más de 60°/seg son de valoración de potencia. Evaluar a las velocidades funcionales (180°/seg-300°/seg) probablemente haga que esta prueba sea la más importante⁹. En el presente estudio se encontró que el promedio de potencia fue simétrico tanto para cuádriceps como para isquiotibiales entre ambos miembros pélvicos en ambos géneros, siendo significativa la diferencia

del promedio de potencia intergénero tanto para cuádriceps como para isquiotibiales (véase *tabla 9*)

Es necesario resaltar que la potencia incorpora tiempo y trabajo, permitiéndonos así realizar determinaciones mucho más apropiadas de la actual función muscular. Se ha establecido que la valoración de potencia se realiza a más de 60°/seg siendo 60°/seg la velocidad de “fuerza”. Aunque evaluemos a 60°/seg la potencia también es función de dicha evaluación, ya que de hecho la potencia es la fuerza realizada a lo largo del recorrido en relación con el tiempo requerido. El motivo de evaluar a las velocidades contráctiles rápidas se debe a que las velocidades angulares de diversas actividades son muy rápidas. Varios estudios nos revelan que las velocidades angulares rápidas son frecuentes en actividades deportivas⁹.

Tal vez uno de los aspectos más valiosos y críticos de esta evaluación sea la capacidad de determinar los déficits funcionales. Conforme las velocidades de evaluación se aproximan a las velocidades funcionales (mayores a 60°/seg) las pruebas de potencia pueden presentar una debilidad significativa, normalmente mayor con el aumento de velocidad⁹.

Cuando el individuo realiza actividades rápidas necesita capacidad para generar fuerza en poco tiempo (potencia). Por tanto, las pruebas a velocidades lentas no son suficientes para determinar la normalidad⁹. Por ello deben también establecerse valores de normalidad a velocidades rápidas, lo cual fue otro de los objetivos de este estudio. Respecto a esto, no se pudieron comparar los resultados de potencia con valores de normatividad establecidos en otras poblaciones debido a que no existen estudios donde se haya obtenido promedios de dicho parámetro, sin embargo se ha hablado ya de la importancia del establecimiento de los mismos.

Para la valoración de resistencia, Davies recomienda que para pacientes de los que se precisa de una base de datos, se utilicen 20 repeticiones para valoración de capacidad de trabajo total de un grupo muscular y su fatigabilidad⁹. En el presente

estudio se determinó el trabajo a velocidad de 300°/seg realizando 20 repeticiones por cada grupo muscular evaluado en ambos géneros.

La compañía Cybex en un principio recomendó una prueba de potencia-resistencia a 180° o 240°/seg siendo determinada la resistencia por una disminución del 50% de la fuerza en un grupo muscular específico. Un problema que se presenta con este sistema es que conforme el músculo que se analice sea más débil, tendrían que realizarse más repeticiones porque el 50% del torque máximo es un esfuerzo submaximal. Otra de las desventajas de esta prueba es la motivación que necesita el paciente para mantener los esfuerzos submaximales durante los ejercicios. Debido a la acumulación de energía y al uso de fibras de contracción lenta, normalmente se pueden realizar más contracciones submaximales que maximales⁹.

Davies y cols 1987 demostraron que entre 20 y 30 repeticiones del cuádriceps el torque disminuye hasta al menos el 50%; por tanto se finaliza la prueba. El torque alto que aparece al final de la prueba de resistencia son las curvas pertenecientes a los isquiotibiales, esto probablemente debido a que el cuádriceps trabaja contra gravedad y los isquiotibiales a favor de la gravedad en la posición de sentado y a que el cuádriceps está en una posición en la curva fisiológica de longitud-tensión (curva de Blix) donde se encuentra en un estado de insuficiencia activa de las fibras musculares mientras que los isquiotibiales están en una posición alargada en la curva de Blix. Consecuentemente, los isquiotibiales pueden generar más fuerza durante periodos mayores debido a su posición óptima para continuar contrayéndose durante la prueba⁹.

PROMEDIO DE VALORES ISOCINETICOS EN RELACION AL MIEMBRO PELVICO VALORADO (DERECHO / IZQUIERDO)

En este estudio no se encontró diferencia significativa entre el promedio de torque de cuádriceps e isquiotibiales (valorados en modo concéntrico/concéntrico) de un miembro pélvico respecto al otro (véase *tabla 9*), incluyendo la relación muscular del balance cuádriceps/ isquiotibiales.

George J Davies determinó que diferencias menores del 10-15% habitualmente se consideran dentro de los límites normales. En este estudio no fue significativa la diferencia de torque entre ambos miembros pélvicos de sujetos del mismo género; siendo que en ambos géneros se encontraron diferencias interlado menores al 10%⁹.

P. Calmels y cols, al realizar este análisis isocinético de rodilla, encontraron solo diferencia significativa en el modo concéntrico, sin diferencia significativa entre este radio en lado derecho en modos concéntricos y excéntricos, para el caso de la rodilla, pero no así para el tobillo en donde se encontró diferencias en el modo concéntrico¹⁸.

Abdulrahman S. encontró que únicamente para el caso de la flexión, el torque en concéntrico es un 9.3% mayor de lado derecho (lateralidad dominante) comparado con el izquierdo, no encontrando diferencias en extensión¹.

J. Arriaga en 2014 en la muestra de adultos mayores que estudió, encontró un desbalance muscular en el torque de cuádriceps izquierdo a 60°/seg y a 180°/seg y torque de isquiotibiales izquierdos a 180°/seg probablemente causado por dolor durante la prueba o derrame articular subclínico y desbalances neuromusculares asociados a OA².

PROMEDIO DE VALORES ISOCINETICOS EN RELACION A LA EDAD

Se realizó una comparación de los promedios de torque de extensores de rodilla para ambos géneros en base a la edad, sin encontrar una diferencia estadísticamente significativa con los valores de referencia comparados, sin embargo al no tener valores normativos por grupos de edad, los resultados no pueden concluirse como anormales.

La mayoría de los estudios de estandarización se realizan en pacientes jóvenes sin ninguna patología, como en el caso de los valores de referencia que se tomaron a consideración para este estudio.

Laura A. Wojcik, no encontró diferencias significativas con la edad, esto explica porque en algunas tablas de referencia consultadas en la literatura mundial, no establecen valores en base a reagrupación por edad, sino únicamente por género²².

J. Arriaga 2013 realizó una comparación de los promedios de torque de extensores de rodilla para ambos géneros, no encontrando una diferencia significativa con los valores de normatividad utilizados, excepto para el torque de cuádriceps a 60°/seg en mujeres. En el hombre la declinación se presentó lineal durante la vida adulta, determinando que esta puede permanecer constante, aunque el decremento con la edad es lo generalizado².

A. Danneskiold-Samsoe, en 2009, al medir los valores isocinéticos de rodilla, encontró como hallazgo en todos los grupos de edad, para la flexión y extensión que la máxima fuerza isométrica está en la posición de 65 grados. Otro hallazgo fue que tanto en el hombre como en la mujer la fuerza muscular declina con la edad; sosteniendo que el hombre es más fuerte que la mujer en todas las velocidades angulares, con excepción del grupo de mayor edad en hombres (70 a 79 años), que presentó una declinación de la fuerza a una similar a la de la mujer, la cual

mantuvo su fuerza aun a pesar de la menopausia, y la declinación inició de los 50 a 59 años⁸.

Al avanzar la edad, la disminución del torque es atribuida a la pérdida progresiva de fibras musculares en número y tamaño, anormalidades en las propiedades contráctiles de las fibras musculares, alteraciones metabólicas, de excitación-contracción y patrones de activación neuromuscular alterados⁶.

PROMEDIO DE VALORES ISOCINETICOS EN RELACION AL IMC

No se encontró asociación significativa entre las variables isocinéticas y el IMC. A pesar de esto, en este estudio se observó que el promedio de IMC del total de hombres estudiados se encuentra en valores de referencia que indican sobrepeso (IMC promedio de 25.8) y en mujeres en valores que indican peso normal aunque prácticamente limítrofe (IMC promedio de 24.2). Algunos autores consideran que el sobrepeso y la obesidad son factores de riesgo altamente asociado para osteoartritis de rodilla y desequilibrios musculoesqueléticos¹². Una hipótesis propuesta es que el exceso de peso puede contribuir a un incremento de carga mecánica y alterar la dinámica de movimiento¹².

Por otra parte, en su estudio P. De vita , al evaluar la marcha de pacientes sin ninguna patología agregada encontró como hallazgo principal que el torque de extensores de rodilla en los obesos es equivalente al del grupo de peso normal cuando caminan a la misma velocidad y un torque extensor menor en la rodilla en pacientes obesos cuando caminan a una velocidad seleccionada por ellos mismos, comparada con la velocidad estándar. Así, el torque demuestra la habilidad de algunos individuos obesos a reorganizar la función neuromuscular y a reducir la carga total de la articulación de rodilla²¹.

CONCLUSIONES

El promedio de valores isocinéticos para torque, potencia y trabajo en hombre y mujeres sanos de la UMFR SXXI de forma general fueron los siguientes:

Torque en Nm (valorado a velocidad de 60°/seg) de cuádriceps: 116.0, de isquiotibiales: 76.2; potencia en W (valorada a velocidad de 180°/seg) de cuádriceps: 275.0, de isquiotibiales: 184.2; trabajo en J/kg (valorado a velocidad de 300°/seg) de cuádriceps: 0.78, de isquiotibiales 0.63.

Para el género masculino el torque promedio expresado en Newtons por metro (Nm) a velocidad de 60°/seg de cuádriceps derecho fue 130.8 ± 42.3 , cuádriceps izquierdo 137.0 ± 42.2 ; de isquiotibiales derechos fue 89.4 ± 33.6 , izquierdos 91.3 ± 30.6 . El promedio de potencia expresado en Watts (W) a velocidad de 180°/seg de cuádriceps derecho fue 311 ± 104.4 , izquierdo 310.0 ± 93.7 ; de isquiotibiales derechos fue 209.2 ± 68.1 , izquierdos 209.9 ± 55.8 . El promedio de trabajo expresado en Joules por kilogramo (J/kg) a velocidad de 300°/seg de cuádriceps derecho fue 0.84 ± 0.36 ; izquierdo de 0.82 ± 0.27 , de isquiotibiales derechos fue 0.67 ± 0.20 , izquierdos 0.68 ± 0.20

Para el género femenino el torque promedio expresado en Newtons por metro (Nm) a velocidad de 60°/seg de cuádriceps derecho fue 96.8 ± 23.8 , cuádriceps izquierdo 90.4 ± 23.1 ; de isquiotibiales derechos fue 60.4 ± 16.1 , izquierdos 56.6 ± 14.9 . El promedio de potencia expresado en Watts (W) a velocidad de 180°/seg de cuádriceps derecho fue 229.3 ± 64.7 , izquierdo 231.1 ± 60.8 ; de isquiotibiales derechos fue 158.8 ± 46.8 , izquierdos 145.7 ± 44.8 . El promedio de trabajo expresado en Joules por kilogramo (J/kg) a velocidad de 300°/seg de cuádriceps derecho fue 0.74 ± 0.25 ; izquierdo de 0.74 ± 0.28 , de isquiotibiales derechos fue 0.57 ± 0.18 , izquierdos 0.57 ± 0.20

Estos valores son comparativamente menores a los referidos como normales en población inglesa adulta joven sin patologías tomados como referencia de *Biodex Normative Data Base (Isokinetic testing and data interpretation)*, sin embargo no es posible concluir que sean anormales debido a diversos factores: posición durante la prueba, velocidad angular, efecto de la gravedad sobre el torque y, sobre todo, las características antropométricas de la muestra estudiada.

Respecto al promedio de torque se observó una diferencia estadísticamente significativa entre cuádriceps e isquiotibiales con respecto al género, peso y talla, encontrándose mayor torque en el género masculino, sin diferencias estadísticamente significativas en relación al miembro pélvico estudiado e IMC.

Los valores obtenidos para la potencia expresada en Watts y el trabajo expresado en Joules por kilogramo no fue posible compararlos con tablas de referencia de otras poblaciones debido a que no existen estudios en los que se haya realizado una estandarización de dichos parámetros, sin embargo ya se ha hablado de la importancia del establecimiento de valores de normalidad para las diversas poblaciones, ya que valorar la potencia nos permite realizar determinaciones mucho más adecuadas de la función muscular ya que nos permite valorar los déficits funcionales a velocidades apropiadas (funcionales) para determinar dicho valor isocinético y el trabajo nos permite valorar la resistencia y fatiga musculares de los músculos evaluados a las velocidades recomendadas.

SUGERENCIAS

Se sugiere el uso de los valores isocinéticos obtenidos en el presente estudio como parámetro de referencia para la población mexicana.

Es importante que se continúen realizando este tipo de protocolos para poder tomar de forma válida y fiable, como valores de referencia de normalidad los índices de torque, potencia y trabajo de la articulación de la rodilla obtenidos en una muestra significativa.

Todo este conocimiento permitirá disponer de información suficiente para crear un juicio de valor científico aceptado para categorizar a los pacientes, y evaluar la eficacia de los tratamientos aplicados para el mantenimiento o mejora de la función articular y estabilidad dinámica de la rodilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdulrahman S, Alangari H M. Normal isometric and isokinetic peak torques of hamstring and quadriceps muscles in young adult Saudi males. *Neurosciences*.2004;165-170.
2. Arriaga Rivera J. Análisis isocinético de rodilla en adultos mayores con gonartrosis Grado I-II de la UFRSXXI. Dirigida por Angélica E. García. Tesis de posgrado para obtener el título de Médico Especialista en Rehabilitación. Instituto Mexicano del Seguro Social. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina, 2014.
3. Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Sabore L. Fiabilidad absoluta de los índices convencional y funcional y momento máximo de fuerza isocinética de la flexión y extensión de rodilla. *Apunts Med Esport* .2012;47(174):55-64.
4. Balzopoulos V, Brodie D A. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sport Med*.1989; 8(2): 101-116.
5. Campbell D E, Glenn W. Rehabilitation of the flexor and extensor muscle strength in patients with meniscectomies, ligamentous repairs and chondromalacia. *Phys Ther*.1982; 62(1):10-5.
6. Clark DJ, Fielding RA. Neuromuscular contributions to age-related weakness. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2012; 67(1):41-7.
7. D'alessandro R L, Paolinelli Silveira E A, Saldanha dos Anjos M C, Da Silva A Texeira da Fonseca S. Analysis on the association between isokinetic 52 dynamometry of the knee's articulation and one-leg horizontal jump, hop test, in volleyball athletes. *Rev Bras Med Esport*.2005; 255-258.
8. Danneskiold-Samsoe B, Bartels E M, Bülow P M, Stockmarr A, Holm C. et al. Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol*.2009; 197(673):1-68.
9. Davies G J. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. 4th ed. Onalaska, S&S Publishers.1992; 35-50.
10. Devan M R, Pescatello L S, Faghri P, Anderson J. A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. *J Athel train*. 200;39(3):263-267.
11. González Secunza I, Fernández Chinchilla J, Zanoletty D, Sainz de Murieta y Rodeyro J, Ponce Pastrana C, Rodríguez Trías M. Determinación de la normalidad en la evaluación Isocinética de rodilla. *Fisioterapia*.2002; 24(3)141-146.
12. Graeme T. Harding C L, Dunbar MJ, Stanish WD, Astephen Wilson JL. Body mass index affects knee joints mechanics during gait with and without moderate knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*.2012; 20(11)1234-1242.
13. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of hamstring emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res*. 2007; 21(1) 41-47.
14. Huesa Jiménez F, García Díaz J, Vargas Montes J. Dinamometría Isocinética. *Rehabilitación*. 2005; 39: 288-296.
15. Huesa Jiménez, F. Isocinéticos, metodología y utilización. Madrid: Mapfre; 2000.
16. Lategan L. Isokinetic norms for ankle, knee, shoulder and forearm muscles in young south african men. *Isokinetic and Exercise Science*. 2011; 23-32.

17. Nerín MA et al. Evaluación isocinética de la musculatura flexoextensora de la rodilla en universitarios: estudio preliminar.
18. Paul M C, Nellen M, Van der Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and Eccentric Isokinetic Assessment of Flexor-Extensor Torque Ratios at the Hip, Knee and Ankle in a Sample Population of Healthy Subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997; 78(11)1224-30.
19. Terreri A, Ambrosio MA, Pedrinelli A, Albuquerque RF, Andrusaitis F, Greve JM, et al. Isokinetic assessment of the flexor-extensor balance of the knee in athletes with total rupture of the anterior cruciate ligament. *Hosp Clin Fac Med Sao Paulo.* 1999; 54(2) 35-8.
20. Timothy E.H, Myer GD, Zazulak B T. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverges between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J of Sci and Med in Sport .* 2008; 11(5) 452-459.
21. Vita DP, Hortobaqyi T. Obesity is not associated with increased knee joint torque and power during level walking. *Journal of Biomechanics.* 2003; 36 (9)1355-1362.
22. Wojcik LA., Maury A, Dinging Lin, Shibata PA. Madigan ML. Age and gender moderate the effects of licalized muscle fatigue on lower extremity joint torques used during quiet stance. *Human Movement Science.* 2011; 30(3) 574 – 583.
23. Wyatt MP, Edwards AM. Comparison of quadriceps and hamstring torque values during isokinetic exercise. *J Ortop Sports Phys Ther.* 1981; 3(2): 48-56.
24. Yoon T S, Park D S, Kang SW, Chun S, Shin JS. Isometric and isokinetic torque curves at the knee joint. *Younsei Medic Journal.* 1991; 32 (1) 33-42

ANEXOS

Tabla 10. Comparación de promedio de torque para cuádriceps por género y valores normativos de torque expresado en rangos.

	Valores normativos expresado en rangos (Nm)		Promedio de torque en sujetos de estudio sanos de la UMFR Siglo XXI (Nm)			
	BIODEX MEDICAL SYSTEMS		Cuadriceps derecho		Cuadriceps izquierdo	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Velocidad angular						
60°/seg	256-343	238-283	130.8±42.3	96.8±23.8	137.0±42.2	90.4±23.1

Fuente: BIODEX MEDICAL SYSTEMS, UMFRSXXI

ISOKINETIC TESTING AND DATA INTERPRETATION

TABLA 11: Normative database

CURRENT RECORDED NORMATIVE GOALS (ENGLISH UNITS)

JOINT MOVEMENT AND POSITION	SPEED DEGREES/SECONDS	PEAK TORQUE/BW RANGE				FLEX/EXT RATIO		EXT ROT/INT ROT RATIO		ABD/ADD RATIO		DORSI/PLANTAR RATIO		EVER/INVER RATIO	
		MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE
Lumbar Flexion Semi Standing	60	114	121	*	*										
	90	*	*	*	*										
	120	*	*	*	*										
Lumbar Extension Semi Standing	60	150	162	*	*	49	49								
	90	133	139	*	*	59	59								
	120	145	150	*	*	51	51								
Shoulder External Rot. Mod. Neutral	60	13	17	10	13										
	180	11	15	8	12										
Shoulder Internal Rot. Mod. Neutral	60	19	26	14	18			64	71						
	180	17	23	13	17			66	71						
Shoulder Flexion Seated	60	25	34	23	30										
	180	22	29	20	26										
	300	9	12	21	27										
Shoulder Extension Seated	60	28	37	24	31	90	79								
	180	22	30	18	23	83	83								
	300	28	37	17	23	69	81								
Shoulder Abduction Seated	60	20	27	16	20										
	180	18	24	14	18										
Shoulder Adduction Seated	60	32	43	27	35					66	64				
	180	27	36	25	33					53	78				
Ankle Plantarflexion Seated	30	49	65	43	55										
	60	36	48	36	46										
	120	23	31	20	26										
Ankle Dorsiflexion Seated	30	13	17	16	21						26	39			
	60	11	15	15	20						31	43			
	120	9	12	11	14						39	54			
Ankle Eversion Seated	30	13	17	12	16										
	60	9	12	9	12										
Ankle Inversion Seated	30	12	16	14	19									87	81
	60	11	14	12	15									90	80
Knee Flexion Seated	*	*	*	*	*										
	*	*	*	*	*										
Knee Extension Seated	60	86	115	80	95	61	62								
	180	58	75	50	65	72	76								
	300	40	55	30	45	78	79								
Hip Flexion Supine	45	40	52	38	50										
	300	10	13	7	9										
Hip Extension Supine	45	63	82	57	77	64	66								
	300	34	44	28	37	29	25								
Elbow Flexion Seated	60	21	28	20	26										
	120	21	28	34	45										
Elbow Extension Seated	60	21	28	23	30	97	88								
	120	23	30	18	24	93	98								
Wrist Flexion Seated	60	4	7	4	7										
	120	2	4	2	4										
Wrist Extension Seated	60	2	4	2	4	57	57								
	120	2	4	2	4	97	97								

* THE BIODEX NORMATIVE DATABASE IS A COMPILATION OF PUBLISHED INFORMATION TO BE USED AS UNILATERAL GOALS. PEAK TORQUE TO BODY WEIGHT IS EXPRESSED IN A RANGE WHICH ENABLES THESE GOALS TO BE RECOMMENDED FOR VARIOUS GROUPS (PREPUBESCENT PATIENTS DO NOT APPLY)

TABLE 12: CURRENT RECORDED NORMATIVE GOALS (FOR METRIC UNITS)

JOINT MOVEMENT AND POSITION	SPEED DEGREES/SECONDS	PEAK TORQUE/BW RANGE				FLEX/EXT RATIO		EXT ROT/INT ROT RATIO		ABDI/ADD RATIO		DORSI/PLANTAR RATIO		EVER/INVER RATIO	
		MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE	MALE	FEMALE
Lumbar Flexion Semi Standing	60 90 120	340 * *	361 * *	* * *	* * *										
Lumbar Extension Semi Standing	60 90 120	447 396 432	483 414 447	* * *	* * *	49 59 51	49 59 51								
Shoulder External Rot. Mod. Neutral	60 180	39 33	51 45	30 24	39 36										
Shoulder Internal Rot. Mod. Neutral	60 180	57 51	78 69	42 39	54 51			64 66	71 71						
Shoulder Flexion Seated	60 180 300	75 66 27	101 86 36	69 60 63	89 78 80										
Shoulder Extension Seated	60 180 300	83 66 83	110 89 110	72 54 51	92 69 69	90 83 69	79 83 81								
Shoulder Abduction Seated	60 180	60 54	80 72	48 42	60 54										
Shoulder Adduction Seated	60 180	95 80	128 107	80 75	104 98					66 53	64 78				
Ankle Plantarflexion Seated	30 60 120	146 107 69	194 143 92	128 107 60	164 137 78										
Ankle Dorsiflexion Seated	30 60 120	39 33 27	51 45 36	48 45 33	63 60 42							26 31 39	39 43 54		
Ankle Eversion Seated	30 60	39 27	51 36	36 27	48 36										
Ankle Inversion Seated	30 60	36 33	48 42	42 36	57 45									87 90	81 80
Knee Flexion Seated	* *	* *	* *	* *	* *										
Knee Extension Seated	60 180 300	256 173 119	343 224 164	238 149 89	283 194 134	61 72 78	62 76 79								
Hip Flexion Supine	45 300	119 30	155 39	113 21	149 27										
Hip Extension Supine	45 300	188 101	244 131	170 83	230 110	64 29	66 25								
Elbow Flexion Seated	60 120	63 63	83 83	60 101	78 134										
Elbow Extension Seated	60 120	63 69	83 89	69 54	89 72	97 93	88 98								
Wrist Flexion Seated	60 120	12 6	21 12	12 6	21 12										
Wrist Extension Seated	60 120	6 6	12 12	6 6	12 12	57 97	57 97								

References:

1. Davies, G.: Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques (4th ed)., Onalaska, WI: S&S Publishers, 1992
2. Dvir, Z.: Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications, Edinburgh, United Kingdom: Churchill Livingstone, 1995
3. Perrin, D.: Isokinetic Exercise and Assessment. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1993



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN Y
POLITICAS DE SALUD
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD**

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre del estudio:	"ESTUDIO PRELIMINAR DE ESTANDARIZACIÓN ISOCINÉTICA DE MÚSCULOS FLEXORES Y EXTENSORES DE RODILLA".
Patrocinador externo:	No aplica.
Lugar y fecha:	Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI (Agosto 2014-Noviembre 2014)
Número de registro:	
Justificación y objetivo del estudio:	Es importante un análisis crítico y exhaustivo de la valoración isocinética en población sana para establecer el estándar que permita identificar los índices de fuerza de la articulación de la rodilla. Este conocimiento permitirá disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente aceptado sobre qué valores de referencia utilizar para categorizar a los pacientes y/o deportistas (estudio de la validez) y/o monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados (estudio de la fiabilidad absoluta) para el mantenimiento o mejora de la estabilidad dinámica de la rodilla, por ello se realizará este estudio con el objetivo de estandarizar los valores de referencia isocinética de los músculos flexores y extensores de rodilla en individuos sanos.
Procedimientos:	Se me ha explicado que mi participación consistirá en ser valorado mediante elaboración de historia clínica breve, así como valoración de parámetros isocinéticos para los músculos flexores y extensores de ambas rodillas por medio del dinamómetro isocinético CON-TREX MJ.
Posibles riesgos y molestias:	Se me ha mencionado que el posible riesgo es presentar dolor articular de rodillas o dolor muscular temporal.
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Contribuir en la aportar información para probable publicación científica. Así como conocer la fuerza, potencia y trabajo de los músculos flexores y extensores de rodilla en individuos sanos (cuádriceps e isquiotibiales).
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	EL investigador principal se ha comprometido a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee sobre los procedimientos que se llevaran a cabo, así como riesgos o beneficios o cualquier asunto en relación con la investigación.
Participación o retiro:	Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento que lo considere conveniente, sin que ello afecte la atención médica que recibo en el instituto.
Privacidad y confidencialidad:	Toda información será manejada de forma privada y confidencial, serán utilizados solo datos clínicos con fines de educación y científicos, sin identificación personal.
En caso de colección de material biológico (si aplica):	No aplica.
En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:	
Investigador Responsable:	Dra. Angélica E. García Pérez. Matricula: 99380951.Tel: 5535753040. Dra. Gladys Pech Moguel Mat: 99388186. Tel: 5529157887
Colaboradores:	Dr. Fernando Segura Martínez. Mat: 98384136 Teléfono: 044 55 85 79 01 54

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4° piso Bloque "B" de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230, Correo electrónico: comision.etica@imss.gob.mx

Nombre y firma del sujeto
Testigo 1

Nombre y firma del investigador
Testigo 2

Nombre, relación y firma

Nombre, relación y firma

Este formato constituye una guía que deberá completarse de acuerdo con las características propias de cada protocolo de investigación, sin omitir información relevante del estudio

Clave: 2810-009-013

HOJA DE CAPTACIÓN DE DATOS DEL SUJETO DE ESTUDIO

Nombre: _____.

Sexo: _____.

Edad: _____.

Ocupación: _____.

Lateralidad: _____.

Antecedentes de importancia y comorbilidades asociadas.

Responda las siguientes preguntas:	SI	NO
¿Ha presentado dolor articular de rodillas recientemente?		
¿Ha presentado algún golpe reciente a nivel de rodillas?		
¿Ha presentado dolor muscular a nivel de muslo o pierna?		
¿Realiza algún tipo de actividad física (ejercicio) más de 3 veces por semana?		
¿Tiene antecedentes de cirugía de rodilla?		

Presenta alguno de los siguientes diagnósticos:

Enfermedad cardíaca.		
Epilepsia		
Insuficiencia venosa		
Osteoporosis		
Embarazo		
Cáncer		
Artritis reumatoide		
Otros		

¿Cuáles? _____

Somatometría.

Peso	
Talla	
IMC	

Hoja de registro de parámetros isocinéticos UMFRSXXI

DESCRIPCION	DER	IZQ
Par media flex/ext		
Potencia media flex/ext		
Trabajo total flex/ext		

Evalúador: _____

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Estudio preliminar de estandarización isocinética de músculos flexores y extensores de rodilla en individuos sanos.

AGOSTO 2014	*Investigación en literatura e integración de protocolo de investigación.
AGOSTO 2014	*Presentación de protocolo de investigación al Comité Local para su aprobación.
SEPTIEMBRE/ OCTUBRE 2014	<ul style="list-style-type: none"> *Captación de sujetos sanos. * Elaboración de historia clínica y exploración física *Evaluación de los sujetos de estudio mediante el uso de dinamómetro isocinético CON-TREX MJ para valoración en músculos cuádriceps e isquiotibiales bilateral, determinando el torque y trabajo total concéntrico a diferentes velocidades.
OCTUBRE/ DICIEMBRE 2014	<ul style="list-style-type: none"> *Concentrado de datos y valoraciones. *Análisis estadístico de base de datos. *Realización de gráficos y tablas. *Resultados. *Redacción de discusión. *Elaboración de conclusiones y sugerencias. *Impresión de tesis.