



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN  
INSITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI**

**ESTANDARIZACIÓN DE TORQUE, POTENCIA Y TRABAJO MEDIANTE UN  
DINAMÓMETRO ISOCINÉTICO DE LOS MÚSCULOS FLEXORES Y  
EXTENSORES DE COLUMNA LUMBAR EN ADULTOS CLÍNICAMENTE  
SANOS EN LA UMFRSXXI**

**T E S I S D E P O S G R A D O**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

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

**DRA. VIRIDIANA ALEJANDRA ZAPATA MIRANDA**

**TUTOR DE TESIS :  
DRA. MARIA DEL CARMEN MORA ROJAS  
ASESOR DE TESIS :  
DRA. GLADYS PECH MOGUEL**

**CIUDAD DE MÉXICO**

**2017**



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.

## **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 GUTIÉRREZ**  
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

## **ASESOR**

---

### **DRA. GLADYS ANTONIA PECH MOGUEL**

Médico especialista en Medicina Física y Rehabilitación  
Alta Especialidad en Rehabilitación Ortopédica y Rehabilitación Laboral  
Médico de base encargada del servicio de isocinecia de la Unidad de Medicina Física y  
Rehabilitación Siglo XXI

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres que gracias a su apoyo, cariño y comprensión he logrado este sueño.

A mis hermanos por su cariño y que han sido apoyo en todo momento.

A mis asesores de tesis por motivarme y ayudarme en la elaboración de esta obra.

A todos los médicos que han contribuido en mi formación.

Y a todas aquellas personas que participaron y me ayudaron de una u otra forma en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>ANTECEDENTES</b> .....	10
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	13
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	28
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	29
<b>HIPOTESIS</b> .....	29
<b>OBJETIVOS</b> .....	30
<b>VARIABLES METODOLOGICAS</b> .....	30
<b>CRITERIOS DE SELECCIÓN</b> .....	36
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	37
<b>TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO</b> .....	37
<b>ASPECTOS ESTADISTICOS</b> .....	38
<b>TAMAÑO DE LA MUESTRA</b> .....	38
<b>PROCEDIMIENTOS</b> .....	39
<b>ANÁLISIS ESTADISTICO</b> .....	42
<b>RESULTADOS</b> .....	43
<b>DISCUSIÓN</b> .....	54
<b>CONCLUSIONES</b> .....	58
<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS</b> .....	60
<b>RECURSOS</b> .....	61
<b>FACTIBILIDAD</b> .....	62
<b>DIFUSION</b> .....	62
<b>TRASCENDENCIA</b> .....	62
<b>SUGERENCIAS</b> .....	63
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	64
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....	67
<b>ANEXOS</b> .....	68

## RESUMEN

---

### “ESTANDARIZACIÓN DE TORQUE, POTENCIA Y TRABAJO MEDIANTE UN DINAMOMETRO ISOCINÉTICO DE LOS MÚSCULOS FLEXORES Y EXTENSORES DE COLUMNA LUMBAR EN ADULTOS CLINICAMENTE SANOS EN LA UMFRSXXI”

Zapata Miranda Viridiana Alejandra<sup>1</sup>, Mora Rojas María del Carmen<sup>2</sup>, Pech Moguel Gladys<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Consulta Externa UMFRSXXI. <sup>2</sup> Coordinación de Educación e Investigación en Salud UMFRSXXI. <sup>3</sup>Laboratorio de Isocinecia UMFRSXXI. Delegación Sur, D.F., IMSS.

**Introducción:** El dinamómetro isocinético es un instrumento objetivo para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos que genera momento torsional o fuerza.<sup>1</sup> Actualmente no se cuentan con parámetros de referencia isocinéticos de la musculatura lumbar en población sana mexicana.

**Objetivo.** Medir los valores isocinéticos de torque, potencia y trabajo en músculos flexores y extensores de columna lumbar en adultos sanos.

**Material y métodos.** Estudio transversal, descriptivo. Se recolectó una muestra de 157 individuos clínicamente sanos que firmaron consentimiento informado, de mayo a septiembre del 2017 en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI. Se realizó análisis de registros mediante un dinamómetro isocinético. Para el análisis estadístico se utilizó ANOVA, intervalo de confianza 95% y Kolmogórov-Smirnov considerándose significativa una  $p < 0,05$ .

**Resultados.** 95 mujeres de 20 a 60 años de edad (38.8 años  $\pm$  11.57), talla 1.58 metros ( $\pm$  0.06), peso (63.69 kilogramos  $\pm$  10.52), IMC 25.2588 kg/ m<sup>2</sup>  $\pm$  3.59. Se obtuvieron 62 hombres de 20-59 años de edad (38.16 años  $\pm$  10.82), talla 1.72 metros ( $\pm$  0.09), peso (75.05 kilogramos  $\pm$  12.03), IMC de 25.3047 kg/ m<sup>2</sup>  $\pm$  2.82. No hay una diferencia estadísticamente significativa entre las distintas velocidades de prueba.

**Conclusiones.** Existe correlación directa entre género, peso y talla para los valores de isocinéticos, no así para la edad, el índice de masa corporal, la ocupación y la escolaridad.

**Infraestructura y experiencia de grupo:** es factible, contamos con la infraestructura y personal capacitado para su realización.

**Palabras clave.** Isocinecia, torque, estandarización.

## INTRODUCCIÓN

---

La dinamometría isocinética es la técnica que evalúa la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable.<sup>1</sup>

La medida de la fuerza muscular es una forma de evaluar la efectividad de los programas terapéuticos siendo la dinamometría isocinética un buen método para ello. <sup>1</sup>

Dentro del campo de la rehabilitación es necesario realizar estas mediciones con alta precisión con la finalidad de establecer un parámetro de referencia, para realizar correlaciones de estos valores con la capacidad funcional del paciente.<sup>2</sup>

La determinación del comportamiento normal de la musculatura flexora y extensora de la columna lumbar durante la valoración isocinética, es necesaria en la práctica terapéutica. Sólo a partir de la normalidad podremos plantear sus alteraciones, estudiarlas y analizarlas. Dentro de la complejidad que conlleva la determinación de lo que se considera normal resulta imprescindible la simplificación del problema a una muestra concreta de la población, que a su vez represente a una amplia mayoría de individuos susceptibles de padecer algún tipo de patología de la columna lumbar.

El concepto de ejercicio isocinético se refiere a la evaluación de la actividad muscular ante una velocidad constante predeterminada con una resistencia que puede ser variable en un rango de movimiento determinado. Este concepto fue ideado por James Perrine e introducido en la literatura científica en 1967 por Hislop, Perrine, y Thistle.<sup>2</sup> La contracción isocinética es la contracción muscular que acompaña a velocidad constante los movimientos de las extremidades alrededor de una articulación. La resistencia del dinamómetro es igual a las fuerzas musculares aplicadas en todo el rango de movimiento. Este método permite la medición de las fuerzas musculares en condiciones dinámicas y proporciona una carga óptima de los músculos.<sup>3</sup>

Los dinamómetros isocinéticos pueden ser utilizados para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos para generar una fuerza o momento torsional y también como una modalidad de ejercicio para restablecer el nivel de fuerza y como modalidad de ejercicio



para el restablecimiento del nivel de fuerza previa a una lesión de un grupo de músculos, o simplemente como entrenamiento.<sup>1</sup>

Los avances técnicos e informáticos en los últimos años han permitido desarrollar aparatos que brindan una información cada vez más precisa, fiable y manejable. Por lo que actualmente existen dispositivos que permiten la evaluación y entrenamiento a velocidades angulares. Cuando la velocidad del movimiento iguala o excede el límite de la velocidad preestablecida, el dinamómetro produce una contrafuerza equilibradora que garantiza una velocidad constante.<sup>1</sup>

El método isocinético es un sistema de valoración que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular. Los sistemas isocinéticos actuales permiten evaluar las diferentes modalidades de ejercicio como el movimiento continuo pasivo, isométrico, isotónico e isocinético, tanto en modalidad concéntrico como excéntrico, en cadena cinética cerrada o abierta e incluso hoy en día, se empieza a introducir por algunos fabricantes el denominado modo balístico. Con el registro de los datos de las fuerzas obtenidas a través de las pruebas isocinéticas, se elaboran una serie de tablas y gráficos y su interpretación permiten una objetiva y correcta valoración funcional de los grupos musculares estudiados.<sup>1</sup>

Algunas de las ventajas del ejercicio isocinético son:

- 1) Los músculos pueden ejercitarse a su potencial máximo en todo el alcance cinético de la articulación,
- 2) el ejercicio isocinético es intrínsecamente más seguro que el ejercicio isotónico por el hecho de que el mecanismo de resistencia del dinamómetro se desembraga cuando el paciente empieza a experimentar dolor o malestar,
- 3) el ejercicio podrá ser gradual y fácilmente mantenido dentro de los límites sin dolor del campo cinético de la articulación a unas velocidades que reduzcan al máximo el peligro potencial de la lesión articular.<sup>3</sup>

Por otra parte, la cuantificación de los valores del balance muscular agonista-antagonista nos sirve de referencia para prescribir el ejercicio terapéutico necesario de manera adecuada, con la finalidad de prevenir la incidencia de lesiones.<sup>1</sup>

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 investigaciones.<sup>1</sup> Por ello, son un instrumento preciso para la evaluación de la función muscular y valoración articular. La medida de la fuerza muscular es una forma de evaluar la efectividad de los programas de entrenamiento y rehabilitación siendo la dinamometría isocinética un buen método para ello.<sup>3</sup>

Los valores obtenidos a través de la evaluación isocinética con equipos para columna han sido descritos por diferentes investigadores. Sin embargo, los diferentes protocolos y equipos han contribuido en la variabilidad de los resultados. Sólo un limitado número de investigadores han reportado la confiabilidad y validez de sus pruebas.<sup>1</sup>

## ANTECEDENTES

---

Los intentos de valoración de la fuerza muscular tienen más de un siglo de antigüedad. Para ello se disponía fundamentalmente de pruebas manuales y se comenzaban a desarrollar máquinas dinamométricas rudimentarias.<sup>4</sup> Fue con la aparición de cuadros paralíticos secundarios a poliomielitis cuando surgió la necesidad de acercarnos a la posibilidad de cuantificar la fuerza desarrollada por determinados grupos musculares.<sup>4</sup>

De forma paralela al desarrollo de estas pruebas manuales de función muscular surgió la aplicación de máquinas, evidentemente rudimentarias, para medir la carga que podía ser desplazada por la acción de un grupo muscular.<sup>4</sup>

Desde el inicio de la dinamometría isocinética con Hislop y Perrine en 1967 y posteriormente su aplicación en la potenciación muscular con Thistley, Se ha tenido gran interés en el conocimiento del comportamiento muscular de la columna lumbar en un dinamómetro isocinético, por lo que existen diversos protocolos, los cuales se han empleado para crear bases de datos en sujetos asintomáticos.

A diferencia de otras regiones corporales que han sido menos evaluadas isocinéticamente en comparación con la columna; por lo que es de resaltar que la columna lumbar y cervical se han encontrado en la inquietud de los investigadores por lo que varios de estos, han presentado valores de momentos de fuerza isométricos máximos y mediciones de la flexibilidad para la columna.<sup>5, 6, 7, 8,9.</sup>

Los primeros protocolos de ensayo dinámico se realizaron contra niveles de resistencia fijos, crearon tablas porcentuales para velocidades máximas, velocidades medias, momentos de fuerza medios y potencia. Otros investigadores utilizaron protocolos dinámicos contra resistencia relativa y se publicó una pequeña base de datos para varones sanos normales<sup>9</sup>.

Posteriormente se han publicado mayores bases de datos tanto para hombres como mujeres asintomáticas.<sup>5,7</sup> Este tipo de protocolos corresponden a bases normativas para la población en general y no se encuentran disponibles de manera gratuita. De estos el que tiene mayor significancia estadística es el realizado por Timm K, en 1995 con una muestra de 27,176 sujetos normales (13, 497 mujeres y 13, 679 hombres, con rangos de edad de

10-79 años) en 5 categorías laborales (industrial, profesional, servicio, estudiantes y pensionados) a velocidades concéntricas de 30, 60, 90, 120 y 150 / s para la flexión / extensión y en las rotaciones derecha e izquierda.<sup>10</sup>

Ng JFK, et al en 2003, teniendo como objetivo examinar los cambios en el par de salida resultantes de la fatiga, así como los cambios en las medidas de electromiografía de los músculos del tronco durante la rotación axial isométrica y comparar estos cambios entre las direcciones de rotación axial. Se realizó el estudio en una muestra de 23 hombres sin antecedentes de dolor de lumbar. El par primario en el plano transversal y los pares de acoplamiento en planos sagital y coronal también se midieron. El par de acoplamiento, la tasa de fatiga y cambios de activación de los músculos del tronco, así como el aumento de la variabilidad durante la fatiga al esfuerzo de rotación axial, podrían afectar a la carga interna y la estabilidad de la columna vertebral.<sup>11</sup>

Berumen H, et al en 2005, estudiaron 73 pacientes asintomáticos divididos en 2 grupos, con el objetivo de establecer los valores de fuerza y trabajo de los músculos del tronco sometidos a ejercicios isocinéticos. En el estudio se sometieron los grupos a una rutina de ejercicios isocinéticos con movimientos de flexión-extensión y rotación izquierda y derecha y se valoró el promedio de fuerza y trabajo por repetición en relación con el peso corporal a velocidades angulares de 60, 90 y 120°/ segundo. Utilizando el equipo Cybex Back Systems de flexo-extensión y rotacional del tronco. Así mismo, se valoraron los ángulos de la columna dorsolumbar y cadera. Dentro de los resultados, en el sexo femenino se apreciaron diferencias significativas en talla e índice de masa corporal entre los subgrupos de edad. En el sexo masculino no hubo diferencias en los promedios de los datos antropométricos por subgrupo de edad y sólo en 5 variables relacionadas con fuerza y trabajo hubo diferencias significativas.<sup>1</sup>

Larivière C, et al en 2006. Desarrollaron un estudio con 16 hombres y 15 mujeres que realizaron contracciones máximas voluntarias (fuerza) y una prueba de fatiga hasta el agotamiento (fatiga= tiempo hasta el agotamiento), mientras que se coloca en un dinamómetro estático para medir L5 / S1 al momento de la extensión. Los varones fueron más fuertes que las mujeres, pero mostraron significativamente un tiempo de fatiga más corto en comparación con las mujeres. Este último resultado es corroborado por los índices de electromiografía de fatiga.<sup>12</sup>

Cruz E, et al en 2008. Realizaron un estudio en donde el objetivo fue comparar valores isocinéticos de flexo extensores del tronco. Se valoraron en total 32 pacientes, 10 (31 %) masculinos y 22 (68.8 %) femeninos. Las mujeres presentaron diferencias significativas entre escolaridad y peso. Se encontró que la funcionalidad y la fuerza muscular de las mujeres están determinadas por la edad. Y el peso influye en la fuerza del tronco y la funcionalidad en los hombres. <sup>13</sup>

Danneskiold et al, en 2009 desarrollaron un modelo para la comparación de la fuerza muscular isocinética, de las principales articulaciones en individuos sanos de edades de 20-80 años. Se obtuvo como resultado que la fuerza muscular en los hombres disminuye a partir de los 25 años en un 54 %, y en un 89% a partir de los 79 años. Para las mujeres la fuerza muscular se encuentra más asociada al peso, y solo se correlaciona con la edad a partir de los 40 años a los 75 años de edad, con una disminución que va del 48 al 92%. Para la mayoría de los músculos los hombres son 1.5 a 2 veces más fuertes que las mujeres, y para los hombres de edades más avanzadas obtuvieron valores de fuerza similares a los que presentan las mujeres más jóvenes del grupo. <sup>14</sup>

Ridao N, et al en 2009. Estudiaron 64 pacientes (50 hombres, 14 mujeres), con una edad media de 45 años (rango: 33–55), que fueron evaluados con un dinamómetro para conocer la fuerza concéntrica y excéntrica de los músculos extensores de la columna lumbar. La mayoría de los hombres realizaban trabajos en la construcción y las mujeres trabajos de manipulación o en cadenas de montaje. En el 68% de las pruebas se registraron parámetros indicativos de esfuerzo máximo. Como resultados encontraron que las mujeres tienen valores de fuerza de columna lumbar en torno al 60% del valor en hombres. Los déficits obtenidos en las contracciones concéntricas son superiores a las obtenidas en las excéntricas. Concluyen que la dinamometría isocinética de columna lumbar permite hacer una estimación sobre la funcionalidad de la columna. <sup>15</sup>

Cho KH, et la en 2014. Desarrollaron un estudio en donde se incluyeron 60 sujetos sanos sin dolor lumbar participaron en este estudio. Se realizó la medición mediante dinamómetro isocinético de la fuerza de los flexores del tronco y los extensores. Dentro de los resultados se encontró que el sexo, la edad y la fuerza del tronco fueron significativamente diferentes en ambos grupos. <sup>16</sup>

## MARCO TEÓRICO

---

El isocinético es medida y conocimiento de la función articular. Se puede definir el método isocinético como un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular.<sup>3</sup>

También podríamos indicar que constituyen 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).<sup>3</sup>

Su finalidad es expresar el movimiento en términos de momento de fuerza, de potencia, de trabajo, como variables cuantitativas, lo que facilita su manipulación y su tratamiento estadístico. <sup>3</sup>

### MOVIMIENTOS ISOMÉTRICOS, ISOTÓNICOS E ISOCINÉTICOS

La ejecución de gestos por las articulaciones en el ser humano se puede clasificar en tres categorías. La primera de ellas es una ejecución estática, sin movimiento, que expresamos como fuerza isométrica. Las otras dos son ejecuciones dinámicas como el movimiento isocinético y el movimiento isotónico.<sup>3</sup>

En la contracción muscular isométrica la distancia entre el origen y la inserción muscular permanece constante, por tanto, no hay un movimiento como resultado de la contracción: la velocidad de movimiento es cero y el trabajo muscular es también cero.

En el movimiento isotónico se produce una contracción contra una carga o masa constante. Como consecuencia de esta modalidad de contracción se produce un cambio entre la distancia que existe entre el origen y la inserción del músculo, o sea, un movimiento. Si se produce un acortamiento de la distancia hablamos de una contracción isotónica en modalidad concéntrica.<sup>3</sup>

Por el contrario, si se produce una elongación del músculo, hablamos de una modalidad de contracción excéntrica. En el movimiento isotónico la velocidad del movimiento es variable

a lo largo del recorrido del movimiento manteniéndose constante la resistencia que se desplaza durante todo el recorrido articular. El movimiento isocinético viene definido por mantener una velocidad angular de movimiento constante durante todo el recorrido articular. Esta velocidad será programada, y la resistencia se va a acomodar a la propia biomecánica articular. Al igual que los isotónicos, puede realizarse de forma concéntrica y excéntrica. En el ejercicio isocinético la resistencia se adapta a la fuerza externa opuesta, de forma que el músculo conserva el rendimiento máximo en la totalidad del arco de movimiento.<sup>3</sup>

Si en el trabajo isotónico la fatiga del sujeto implica una reducción progresiva del ROM al no variar la carga externa impuesta, en el trabajo isocinético el ROM será mantenido a pesar de la fatiga muscular al acomodarse la resistencia a la tensión ejercida contra el dinamómetro, que a modo de par de fuerzas mecánicas se expresa en el concepto momento o torque y cuya expresión de medida es N·m (Newton·metro).<sup>4</sup>

Una situación similar se produce ante el dolor articular durante el trabajo muscular: en el modo isotónico la aparición del dolor implicará la detención de la actividad. En el modo de trabajo isocinético el arco doloroso disminuirá, que no suprimirá, la tensión muscular ejercida adaptándose el dinamómetro al mismo en el recorrido concreto, el cual una vez sobrepasada permitirá de nuevo ejercer el 100% de efectividad a la hora de medir el rendimiento muscular.<sup>4</sup>

Si hacemos una breve y sinóptica comparación de estos dos métodos de trabajo tendremos:

## **ISOTÓNICOS**

El trabajo isotónico utiliza diversas formas de resistencia externa, directa o indirecta, las cuales, debido a los cambios de la palanca de trabajo a lo largo del movimiento, ejercen diverso grado de ventaja mecánica sobre la articulación, desfigurando los resultados y ofreciendo la máxima resistencia únicamente en los extremos del ROM, siendo ineficaz en el resto del recorrido. El modo de contracción ejercida determina la clasificación de método isotónico concéntrico o método isotónico excéntrico según la tensión muscular sea ejercida en acortamiento o en elongación del músculo analizado.<sup>4</sup>

### Equipamiento

Los equipos isotónicos pueden ser divididos en dos grupos:

1. De resistencia fija: halterios, pesos.
2. De resistencia variable: bancos con compás de acoplamiento, en el cual la resistencia es acomodada en función del ángulo formado entre el brazo de empuje y el de resistencia.

### Ventajas

1. El aumento de fuerza es claramente percibido por el sujeto, lo cual es motivante para él.
2. Se puede cumplir el principio de desbordamiento de fuerza trabajando en sectores de recorrido cercanos.
3. Los equipos y medios técnicos son variados.
4. La secuencia de contracción muscular concéntrica/excéntrica se suele cumplir.
5. Su coste es bajo y la facilidad de aplicación e interpretación de datos elevada.

### Desventajas

1. El máximo esfuerzo es realizado en la parte más débil del arco de recorrido, es decir, al principio y final del mismo.
2. No es posible acomodar su funcionamiento al pasar por arcos dolorosos articulares.
3. La fatiga muscular hace disminuir el recorrido articular efectivo.
4. Parámetros como velocidad, trabajo y potencia no se pueden medir.
5. El trabajo excéntrico acusa frecuentes mialgias postejercicio.

## **ISOCINÉTICO**

El trabajo muscular isocinético implica una velocidad de ejecución constante a lo largo de todo el arco de recorrido articular acomodada a la generación de tensión muscular.<sup>4</sup>

Comparado con el modo de trabajo isotónico presenta una serie de ventajas y desventajas que analizaremos a continuación.

### Ventajas

1. El modo de trabajo muscular se acomoda a los arcos dolorosos, fatiga, etc., obteniendo en todo momento el máximo esfuerzo contráctil.
2. Las fuerzas compresivas articulares son minimizadas con el fenómeno de acomodación al tiempo que la lubricación intraarticular es máxima.



3. La velocidad de ejecución se acerca a los valores denominados «funcionales», permitiendo la realización de pruebas diagnósticas funcionales.

4. La aparición de mialgias postesfuerzo es mínima.

#### Desventajas

1. Elevado coste de los equipos.

2. Pocos profesionales familiarizados con la técnica.

3. El equipo sólo puede trabajar sobre una articulación y en un solo plano.

Los equipos isocinéticos han introducido una serie de términos y expresiones propias de su uso y es necesario su conocimiento para poder interpretar de modo correcto los resultados obtenidos.<sup>4</sup>

Los ejercicios isocinéticos se realizan a una velocidad prefijada con una resistencia variable que se acomoda al individuo a lo largo del arco de movimiento (ROM). Ayudan al desarrollo de reclutamiento, así como al desarrollo de la exactitud de la fuerza y existe una disminución del tiempo de inervación recíproca agonista-antagonista. Las contracciones musculares son efectivas y se acomodan al dolor y a la fatiga.<sup>3</sup>

## **DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA**

### FUNDAMENTOS

Existen, hoy en día gran diversidad de sistemas isocinéticos en el mercado, cada uno de ellos con unas características propias. Siguiendo la clasificación de Mc- Gorry, podemos dividir los dinamómetros en dos categorías: sistema pasivo y sistema activo. El sistema pasivo utiliza freno mecánico, magnético, hidráulico o eléctrico para disipar las fuerzas y puede usarse en las modalidades de ejercicio isocinético concéntrico, isotónico o isométrico. Los sistemas dinamométricos activos disipan la fuerza producida por una persona o producen fuerza para trabajar sobre la persona. Además de poseer las facultades de un sistema pasivo, pueden realizar ejercicios de modalidad isocinética excéntricos y pasivos. Este último sistema utiliza un servomotor electromecánico o un impulsor hidráulico como fuente generadora de trabajo positivo.<sup>3</sup>

El sistema isocinético actual permite evaluar en las diferentes modalidades de ejercicio, como el movimiento continuo pasivo (CPM), isométrico, isotónico e isocinético, tanto en ejercicio excéntrico como concéntrico y comienza a proponerse por algunos fabricantes el denominado “isocinético balístico”. De esta forma disponemos de la posibilidad de realizar el estudio de los grupos musculares agonista y antagonistas en los diferentes grados de movimiento.<sup>3</sup>

En esencia, el sistema de evaluación isocinética está formado por tres elementos: un goniómetro, que facilitará la medida del arco de movimiento; un taquímetro, que indicará la velocidad de realización del movimiento, y un dinamómetro, capaz de ofrecernos el valor del momento de fuerza desarrollado en cada instante. Estos datos serán analizados y relacionados entre sí por un sistema informático y éste ofrecerá una serie de datos resultantes.<sup>3</sup>

Un *sistema isocinético* es un dispositivo que consiste básicamente en un brazo móvil que se mueve a velocidad constante en un ángulo regulado de antemano. El paciente debe hacer toda la fuerza que pueda para contrarrestar el movimiento de la máquina, que cada dos centésimas de segundo registrará la fuerza ejercida por el paciente, pero seguirá su movimiento uniforme. Los datos son enviados y registrados en un programa informático. El paciente es sometido a una serie de ejercicios, realizados a diferentes velocidades de movimiento del brazo de la máquina y con diferente número de repeticiones, de acuerdo con un protocolo determinado previamente. El conjunto de estos ejercicios se denomina *prueba isocinética*.<sup>17</sup>

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 programable.<sup>17</sup>

Los avances técnicos e informáticos de los últimos años han permitido diseñar aparatos que brindan una información cada vez más precisa, confiable y manejable, por lo que se ha incrementado el número de dinamómetros isocinéticos instalados en México, lo que incide sobre el número de investigaciones realizadas con los mismos.<sup>17</sup>

Los dinamómetros modernos permiten obtener las curvas de fuerza / arco de movimiento y relacionar los diferentes valores entre sí y con los datos de otras pruebas. Constituyen un instrumento preciso para la evaluación de la función muscular y la valoración articular.

La medición de la fuerza muscular es una forma de evaluar la efectividad de los programas de entrenamiento y rehabilitación, y la dinamometría isocinética es un buen método para ello.

El ejercicio isocinético puede ser utilizado tanto para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos para generar una fuerza o momento torsional, como para restablecer el nivel de fuerza después de una lesión o, simplemente, como entrenamiento.

Por ello, los sistemas isocinéticos tienen dos posibilidades de uso: para ejercitar la musculatura y mejorar la rehabilitación de las lesiones articulares y para la evaluación articular y muscular.<sup>17</sup>

La dinamometría isocinética es una buena aproximación a la valoración de la fuerza muscular dinámica y nos permite medir y objetivar el déficit de movilidad y de fuerza de los extensores lumbares y en qué medida afecta la función lumbar. También valora la fuerza en un rango de movilidad predefinido y a una velocidad constante. Las pruebas dinamométricas de columna vertebral se realizan en el plano sagital, flexión y extensión, que es el que tiene mayor repercusión funcional; especialmente la extensión, que está más afectada en los procesos de dolor o disfunción lumbar.<sup>15</sup>

Los aparatos de CON-TREX son herramientas óptimas para analizar la resistencia estática y dinámica de una articulación y luego iniciar un entrenamiento de reconstrucción muscular que se puede controlar y corregir en cualquier momento. El entrenamiento de bio-retroalimentación bajo carga submáxima facilita no solamente la corrección eficiente del déficit muscular, sino también es un método para mejorar las capacidades de coordinación.

El CON-TREX MJ es un sistema de articulación múltiple para prueba y entrenamiento de las articulaciones en cadena abierta. Es una máquina motriz para múltiples articulaciones de máxima potencia, con la cual se puede entrenar o examinar de manera aislada casi cualquier articulación del cuerpo humano. Al usarla como aparato de prueba, se puede

medir el desarrollo de fuerza máximo de una persona o documentar la capacidad de carga estática y dinámica.

## COMPONENTES DE UN EQUIPO ISOCINÉTICO

Dentro de la gran variedad de equipos que actualmente están disponibles en el mercado, y son analizar sus características técnicas, existen una serie de aspectos comunes en lo referido a sus componentes básicos.<sup>4</sup>

### Dinamómetro

Constituye la esencia del equipo, pues en su interior alberga un mecanismo de tipo eléctrico o hidráulico que permite mantener la velocidad constante. El dinamómetro tiene un panel de control desde el que se controla su funcionamiento en lo referido a introducción de valores de velocidad o de ROM.<sup>4</sup>

Este panel en algunos equipos es una pieza independiente, denominada controlador, que puede funcionar sin conexión con el equipo informático que acompaña a la mayoría de los modelos.<sup>4</sup>

### Estación de datos clínicos

Constituido por un ordenador, su teclado y la impresora, permite el manejo, análisis y exportación de los datos recogidos durante las pruebas. La mayor parte de los equipos funcionan con sistemas operativos habituales (Windows).<sup>4</sup>

### Sillones y accesorios

Forman el conjunto de utensilios que permiten efectuar la prueba deseada y la base sobre la cual el paciente es correctamente fijado. Los accesorios suelen ser específicos para cada articulación y van fijados, de una parte, al eje de rotación del dinamómetro, y de otra, a la extremidad testada, solidarizándola con aquél y permitiendo, por tanto, la medición del momento rotacional.<sup>4</sup>

Al conjunto del dinamómetro, controlador, accesorios y estación de datos se le denomina «hardware» del equipo, en tanto que al programa informático de manejo se le denomina

«software». El empleo independiente de alguna de las dos partes es un factor de elección a la hora de adquirir un equipo.<sup>4</sup>

## **APLICACIÓN DE LA DINAMOMETRÍA ISOCINÉTICA**

Para la realización de la prueba isocinética se tienen que considerar en todo momento una serie de premisas a considerar en todo momento una serie de premisas que serán imprescindibles en su ejecución.<sup>3</sup>

La instalación del paciente en la máquina debe de ser de forma que la adaptación hombre-máquina sea óptima para aislar los grupos musculares objetos de estudio e impedir la posibilidad de compensaciones por parte del paciente y realizar una fijación mediante cinchas lo más estables y seguras posibles.

Es imprescindible una perfecta alineación entre el eje de rotación de la articulación sometida a estudio y el eje de rotación del dinamómetro empleado para la prueba o el ejercicio. Algunos sistemas disponen, para una mejor alineación, de un sistema de rayos láser o infrarrojos que indicarán la posición exacta del eje de rotación.<sup>3</sup>

Todos los sistemas actuales cuentan con una corrección de la gravedad, que realizan de forma automática una vez colocado al paciente. Durante la realización de la corrección del componente de la gravedad es imprescindible que el paciente colabore realizando el movimiento sin resistencia alguna. La importancia de la corrección de la gravedad en la obtención de mediciones ha sido demostrada por diversos trabajos de autores como Smith, Perrine y Winter. La corrección de la gravedad influye en las fuerzas y en las relaciones de los grupos de los músculos recíprocos de las extremidades. La fiabilidad del método de corrección de la gravedad es esencial para las sesiones de control de la evaluación.<sup>3</sup>

Durante la realización de la prueba, es importante conseguir un ambiente relajado y un clima de confianza con el paciente, a fin de evitar posibles interferencias de los resultados.

Hoy en día, en función de nuestra experiencia, la fase de calentamiento previa de la prueba ha sido eliminada, ya que se utiliza en primer lugar el movimiento continuo pasivo, que, además de facilitar una serie de datos, servirá para el calentamiento articular.

Es imprescindible llevar a cabo un estudio clínico lo más completo posible antes de realizar la prueba con objeto de evitar complicaciones a lo largo de la misma, y además, permitirá programar un ROM acorde con el encontrado en el estudio del equilibrio articular pasivo manual.<sup>3</sup>

Clásicamente se han señalado una serie de contraindicaciones, tanto absolutas como relativas para la realización de la prueba.<sup>3</sup>

Con los últimos sistemas isocinéticos existente en el mercado, y considerando el excelente bloqueo del que disponen, y el disponer hoy en día de limitaciones exactas y seguras para el arco de movimiento donde no existe dolor, permite reducir a dos contraindicaciones para la realización de la prueba: la existencia de un ROM muy limitado y/o la existencia de lesiones de tejidos blandos u óseos en curación.<sup>3</sup>

Los protocolos de estudio, en la realización de la prueba isocinética, van a variar de acuerdo con el individuo objeto de estudio y en función de los fines que se pretenden lograr; éstos no son cerrados, sino que variarán de un estudio a otro.<sup>3</sup>

Normalmente en la realización del protocolo de estudio siempre se efectúa un mismo orden.

En primer lugar, se determina el ROM donde se va realizar dicho estudio, que debe ser un arco de movimiento fisiológico sin molestias álgicas. Seguidamente, se realiza la prueba para corrección del componente de la gravedad, y tras ello, se inicia la prueba propiamente dicha, comenzando con la realización del movimiento continuo pasivo, para realizar después el estudio del movimiento isotónico y posteriormente el movimiento isocinético a diversas velocidades, y terminamos con el estudio isométrico.<sup>3</sup>

A lo largo del protocolo se consideran una serie de intervalos de reposo entre cada serie de repeticiones. Este tiempo de reposo variará entre 30 y 60 s de acuerdo con el número de repeticiones que se vaya a realizar en cada serie, así como las características del individuo.

Durante el estudio del movimiento isocinético se realizará el estudio en velocidades de movimiento baja, media y alta, que nos facilitará evaluar la coherencia total de la prueba cuando se requiere definir un déficit muscular. <sup>3</sup>

El ejercicio de baja velocidad movilizará principalmente fibras de tipo I, mientras que el ejercicio de alta velocidad movilizará fibras de tipo II.

La valoración isocinética va a ofrecer una serie de datos que serán objeto de estudio y análisis. El dato más importante registrado es el torque o momento de fuerza, es decir, la fuerza desarrollada por el grupo muscular multiplicada por la distancia existente desde el eje de rotación al eje de aplicación de la fuerza. <sup>3</sup>

## **TERMINOLOGÍA ISOCINÉTICA**

El momento de fuerza medio se mide a partir del seguimiento completo de una o varias curvas isocinéticas consecutivas. <sup>3</sup>

Este momento de fuerza vendrá registrado para cada ángulo de ROM y gráficamente viene representado por una curva en función del tiempo (curva del momento de fuerza o curva MAP). La punta del momento de fuerza o máximo momento de fuerza, 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. Se obtiene a partir del punto más alto de una o varias curvas de momento de fuerza isocinéticas. <sup>3</sup>

Ángulo del momento máximo. Punto del arco de recorrido articular (ROM) en el cual es alcanzado el momento máximo (torque) por el músculo examinado, coincidiendo en la misma posición para una velocidad y recorrido similar. <sup>4</sup>

Coeficiente de varianza. Relación entre la desviación estándar y el valor medio de una población estadística, expresado en porcentaje, usado para determinar la reproductibilidad de la prueba. <sup>4</sup>

Déficit. Índice de proporcionalidad de la diferencia entre ambas extremidades o entre grupos musculares. Uno de los más frecuentemente usados es el agonista/antagonista. <sup>4</sup>

Momento máximo (“pico de torque”). Mayor valor del momento muscular desarrollado en el arco de recorrido estudiado. El momento es la relación directa entre la fuerza aplicada y la distancia del punto de aplicación de la misma al eje del movimiento.<sup>4</sup>

Potencia. Es la relación entre el trabajo mecánico efectuado y el tiempo usado para ello, ofreciendo una visión de la intensidad del trabajo efectuado por el paciente. Habitualmente es usado el término «potencia media» para referirse al trabajo total (“total work”) dividido por el tiempo, índice éste de eficacia muscular.<sup>4</sup>

Rango anatómico. Recorrido articular medio en grados goniométricos de la articulación testada. El equivalente sajón es ROM.<sup>4</sup>

Rango máximo. Es el mayor recorrido articular efectuado por la articulación durante la realización de la prueba, que no suele coincidir con el rango anatómico.<sup>4</sup>

Rango isocinético (IROM). Arco de recorrido articular en el cual se alcanza y mantiene por el sujeto la velocidad de trabajo preseleccionada.<sup>4</sup>

Tiempo de inervación recíproca (TIR). Espacio que media entre el final de la contracción de un músculo agonista y el inicio de la contracción del antagonista.<sup>4</sup>

Trabajo total (total work). Es la suma del trabajo efectuado en cada repetición de la serie realizada. En pruebas isométricas este valor es relacionado con el tiempo que dura la contracción.<sup>4</sup>

La resistencia a la fatiga es la capacidad de un músculo para producir fuerza durante una serie de contracciones isocinéticas consecutivas. El índice de fatiga representa una medida de la fatiga durante el ejercicio muscular. Manifiesta el descenso del trabajo efectuado por el músculo durante una serie de contracciones máximas en un período de tiempo prefijado.<sup>3</sup>

Fundamentalmente, estos serán los datos que de forma resumida mostrará la prueba isocinética en forma de gráficos y tablas numéricas. Siempre ha de tenerse en cuenta la velocidad de realización del movimiento estudiado.<sup>3</sup>

Al igual que se puede realizar un estudio preciso de los valores obtenidos de parámetros de momento de fuerza, fatiga, potencia, trabajo, se puede realizar un estudio detallado del trazado gráfico que aportará el estudio isocinético.



En el estudio de la curva se analizará: la pendiente de la primera parte de la curva, 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 manifiesta la rapidez con la cual el músculo es capaz de conseguir el máximo momento de fuerza. Se denomina también "*time rate to torque development*" e indica el tiempo transcurrido desde el inicio de la contracción muscular y el instante de máximo momento de fuerza.<sup>3</sup>

Cuanto más perpendicular sean las gráficas obtenidas, menor será el tiempo empleado por el sujeto para llegar al momento máximo y, por tanto, más cerca se hallará de su máximo rendimiento en términos de fuerza explosiva (aquella que con la máxima aceleración consigue vencer una fuerza dada). Los trazados convexos son signo de normalidad contráctil, en tanto que los cóncavos indicarán es decir, un estado de hipotrofia muscular o hipofunción.<sup>3</sup>

El espacio intercurva es el tiempo transcurrido entre el cese de la actividad por parte del grupo muscular agonista del movimiento y el inicio de la actividad muscular antagonista. Se denomina "*reciprocal inervation time*" o tiempo de inervación recíproca. Watwins distingue dentro de estos dos sectores: 1. "*Reciprocal delay*", que corresponde al concepto de inervación recíproca y 2. "*Delay time*", que corresponde al intervalo de tiempo transcurrido entre el inicio del movimiento del segmento evaluado y la producción de un momento de fuerza registrado por el equipo. Su duración oscila entre 0,1 y 0,3 ms, y es menor en los sujetos entrenados y mayor en sujetos con déficit sensoriales.<sup>3</sup>

Para que una alteración de la morfología de la curva pueda ser significativa, ésta debe aparecer regularmente en las diversas contracciones efectuadas. Las alteraciones del trazado deben coincidir en las diversas series de estudio y corresponder al mismo grado de ROM.<sup>3</sup>

Desde los comienzos de la isocinética se ha intentado relacionar la morfología de la curva con patologías específicas. Los datos obtenidos tendrán que ser analizados desde distintas perspectivas: relacionándolos con los valores normativos establecidos, efectuando una evaluación comparativa entre el lado sano y el lado afecto de patología y analizando los cambios existentes a lo largo del tiempo.<sup>3</sup>

Los sistemas isocinéticos están siendo utilizados tanto para valoración como para tratamiento. Es indudable la capacidad de estos sistemas para realizar un programa completo de potenciación de una serie de grupos musculares, ejecutándose la potenciación con ejercicios isométricos, isotónicos e isocinéticos y además, podemos utilizar la posibilidad de realizar movimientos continuos pasivos de acuerdo con nuestra programación.<sup>3</sup>

Así mismo, no podemos olvidar su utilización como potenciación con ejercicios excéntricos. Tendremos que utilizar también, en cuanto su aplicación en tratamiento, el uso del sistema de biorretroalimentación de que dispone el aparato.

Las medidas de fiabilidad más frecuentemente utilizadas en la literatura médica son: el coeficiente de correlación interclase (ICC) y el coeficiente de variación (CV). El coeficiente ICC es en realidad un análisis de la varianza del que existen fórmulas distintas de aplicación; la elección del tipo de coeficiente depende del propio diseño del estudio de fiabilidad.<sup>3</sup>

El coeficiente de variación es una medida de dispersión de los datos; ha sido ampliamente utilizado como parámetro para medir la fiabilidad, y por extensión se ha usado como parámetro para medir la colaboración en el esfuerzo máximo. Se toman habitualmente porcentajes inferiores al 10 % como valores de referencia para indicar una buena o mala colaboración en la prueba en sujetos sanos. Se admite que en pacientes puede darse como bueno hasta 15.<sup>3</sup>

Hay autores que cuestionan el tomar el coeficiente de variación como único parámetro a la hora de definir la colaboración del sujeto como insuficiente.<sup>3</sup>

El desarrollo cada día más amplio de los sistemas isocinéticos ha favorecido su utilización en diversos sectores de la medicina. Además de su aplicación práctica en la Rehabilitación, es frecuente su uso en Medicina Legal, Medicina Deportiva, Neurología, Geriátrica, y otras más.<sup>3</sup>

Uno de los fines de la Medicina Legal es evaluar de manera precisa cualitativa y cuantitativamente el tipo y el grado de lesiones osteoarticulares y definir la existencia de las consiguientes discapacidades y limitaciones funcionales. Con la utilización de los

isocinéticos se consigue realizar una medición de estas limitaciones desde un punto de vista totalmente objetivo.<sup>3</sup>

El análisis del miembro contralateral aportará un estudio comparativo entre miembro sano y afecto. Así mismo, al disponer de un registro informatizado podremos realizar un estudio evolutivo del cuadro clínico.<sup>4</sup>

## **APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS ESTUDIOS ISOCINÉTICOS**

### **Columna**

Finalmente, el estudio de columna presenta un problema particular con relación a otras articulaciones, y no es otro que la falta de una articulación simétrica con la que comparar.

La estrategia para definir déficit pasa pues por tres posibles soluciones: la comparación con datos normativos, el estudio de la relación flexoextensora y el estudio de índices globales. La primera alternativa obliga casi siempre a disponer de una base de datos propia dado que los valores vienen condicionados tanto por el protocolo de estudio que apliquemos como por el tipo o marca comercial del isocinético.<sup>3</sup>

El estudio de la relación flexoextensora ha estado unido al concepto clásico de que en el dolor lumbar crónico existe una pérdida del poder extensor de la columna.

Éste ha sido, por tanto, un parámetro que se ha utilizado habitualmente para matizar la intensidad del déficit descrito, aunque requiere de un análisis cuidadoso de la colaboración del paciente en la prueba.<sup>3</sup>

Y finalmente se han propuesto índices globales de la evaluación de la columna en los que se combinan los parámetros de fuerza, trabajo y potencia para dar un déficit global de la misma, aunque su uso no está muy extendido.<sup>3</sup>

Sea como fuese, el simple hecho disponer de un instrumento que objetiva el déficit y que al mismo tiempo permite evaluar la colaboración de un paciente convierte al isocinético cuando menos en una prueba funcional clínica que hay que tener muy en consideración dentro de la problemática que plantea la valoración del dolor de espalda.<sup>3</sup>

Las lesiones en la columna lumbar constituyen uno de los problemas médicos más frecuentes y de mayor costo económico en las sociedades industrializadas; en el mundo representa la segunda causa de dolor. <sup>17</sup>

Algunos de los indicios para el posterior desarrollo de los dolores a nivel lumbar son la rigidez y la incapacidad de estabilización de la columna vertebral debido a los desequilibrios entre los músculos flexores y extensores del tronco. <sup>18</sup>

La investigación biomecánica ha aumentado la comprensión de los mecanismos de lesión en la espalda baja y dolor, específicamente en cuanto a la capacidad de estabilizar la "zona neutral" de la columna lumbar con el control muscular tónica. <sup>19</sup>

Los músculos multifidos son estabilizadores importantes de la zona neutral de la columna lumbar, y la atrofia del músculo disminuye la capacidad de controlar la zona neutral y está fuertemente asociado con dolor lumbar.

Esta atrofia parece que ayuda a perpetuar un ciclo de retroalimentación inhibitoria que comienza con dolor en la columna vertebral, posiblemente derivada de los discos intervertebrales o articulaciones zigapofisiarias, seguido de la inhibición del reflejo de los músculos multifidos, y luego se atrofia y sustitución grasa del músculo. <sup>19</sup>

La mejoría del dolor lumbar no se traduce necesariamente en la reanudación de la función normal de los músculos multifidos, y la disminución de la función está probablemente implicado en el dolor lumbar recurrente. El entrenamiento muscular dirigido a enseñar a los pacientes para activar sus músculos multifidos lumbares es una característica importante de cualquier enfoque clínico para el paciente con dolor lumbar que demuestra la disfunción o atrofia de los músculos multifidos. <sup>19</sup>

Como consecuencia, el enfoque del tratamiento se ha desplazado a la reactivación y el fortalecimiento de los músculos más pequeños de la columna vertebral para mejorar la estabilización a largo plazo de la columna vertebral. La terapia de estabilización espinal se ha observado que es más eficaz en el tiempo en el tratamiento de dolor lumbar que la terapia de intervención y ejercicio mínimo solo, y también se ha observado para reducir el dolor, la discapacidad y la ingesta de medicamentos, así como las tasas de recurrencia. <sup>19</sup>

## JUSTIFICACIÓN

---

Debido a que actualmente existe el interés de información objetiva que fundamente la toma de decisiones terapéuticas, no solo enfocado principalmente para investigaciones clínicas, también es de suma importancia en la práctica clínica diaria, que se realiza en los consultorios, contar con un recurso que pueda sustentar de manera objetiva la evaluación clínica de la fuerza muscular.

Dentro de la práctica clínica diaria la región lumbar, es una de las regiones anatómicas que con mayor frecuencia demanda nuestra atención en la consulta médica; se menciona que la lumbalgia es la segunda causa de consulta en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación, con un total de 7, 854 consultas en el 2016, clasificada como lumbalgia inespecífica, con una prevalencia de 11.45 % <sup>20</sup>. Del total de los pacientes atendidos, un grupo mayor se encuentra en las edades comprendidas entre los 20 a los 60 años que corresponde al grupo de edad económicamente activo, ocasionando costos en los servicios de salud.

Por consiguiente, el presente estudio pretende aplicar de un instrumento de carácter objetivo en la valoración de la repetitividad y de la variabilidad de las mediciones de fuerza en los músculos flexores y extensores de la columna lumbar con determinaciones isocinéticas.

Al revisar la literatura científica se detecta la falta de trabajos que estudien las variables isocinéticas en cuanto a fuerza, trabajo y potencia de la musculatura lumbar en población sana mexicana y que sirvan como referencia para los parámetros de normalidad.

Con esta aportación se pretende profundizar en el conocimiento isocinético en la flexo-extensión de la columna lumbar para su posterior aplicación en la clasificación, monitorización, y en el tratamiento de los pacientes mexicanos con diversas patologías que afectan a este segmento, con énfasis en la patología de mayor incidencia en este segmento que es la lumbalgia.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

---

Al revisar la literatura científica se detecta la falta de trabajos que estudien las variables isocinéticas en cuanto a fuerza, trabajo y potencia de la musculatura lumbar en población sana mexicana y que sirvan como referencia para los parámetros de normalidad.

El presente estudio pretende aplicar de un instrumento de carácter objetivo en la valoración de la repetitividad y de la variabilidad de las mediciones debilidad y pérdida de resistencia en los músculos flexores y extensores de columna lumbar con determinaciones isocinéticas, de fuerza (torque), potencia y trabajo a diferentes velocidades con el uso de un dinamómetro isocinético.

Estos valores deben ser obtenidos de un grupo de individuos asintomáticos ya que no contamos en nuestro laboratorio de isocinecia con valores de referencia en la población mexicana y los publicados en la literatura internacional no pueden ser utilizados por que no conocemos si existirá diferencia, entre los valores isocinéticos ya establecidos por la literatura internacional en otras poblaciones, con los individuos adultos clínicamente sanos de nuestra unidad. Esta diferencia es posible que la encontremos ya que existen diferencias en las características antropométricas entre ambas poblaciones.

Por lo anterior, se plantea la pregunta de investigación de la siguiente manera:

¿Cuáles son los valores de torque, potencia y trabajo en los músculos flexores y extensores de columna lumbar en adultos clínicamente sanos de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI durante el periodo comprendido de la recolección de datos de esta investigación?

## **HIPÓTESIS**

---

Por tratarse de un estudio transversal descriptivo los autores del presente estudio prefieren no emitir hipótesis alguna.

## OBJETIVO

---

### ***Objetivo general:***

- Medir los valores de referencia isocinéticos de torque, potencia y trabajo para los músculos flexores y extensores de columna lumbar con dinamómetro isocinético en adultos voluntarios clínicamente sanos.

## VARIABLES METODOLÓGICAS

---

### ***Variables de relevancia***

- Ocupación
- Fuerza
- Torque
- Potencia
- Trabajo
- Pico de toque/ peso corporal

### ***Variables demográficas:***

- Edad
- Género
- Escolaridad
- Peso
- Talla
- Índice de Masa Corporal

## **VARIABLES DE RELEVANCIA:**

### ***Ocupación***

---

**Definición conceptual:** Acción o efecto de ocupar u ocuparse en cierta actividad, el término proviene del latín occupatio que se utiliza como sinónimo de trabajo, oficio, empleo y actividad.<sup>21</sup>

**Definición operacional:** Para fines de este estudio se considerará el tipo de actividad ejercida en su centro laboral referida por el paciente en la hoja de datos aplicada.

**Indicadores:** Profesionista / empleado de gobierno / obrero / campesino / ama de casa/ comerciante / oficinista.

**Variable:** Cualitativa.

**Tipo de variable:** Nominal

**Escala de Medición:** Politómica

### ***Fuerza***

---

**Definición conceptual:** Habilidad para generar tensión al objeto de vencer u oponerse a resistencias externas bajo determinadas condiciones definidas por la posición del cuerpo, el movimiento en el que se aplica la fuerza, tipo de activación concéntrica, excéntrica, isométrica y la velocidad del movimiento.<sup>32</sup>

**Definición operacional:** Para determinar en qué número de la escala se encuentra la secuencia de exploración debe comenzar en la exploración del grado 3 (movimiento completo en presencia de la gravedad) para en función de su consecuencia, ascender o descender en la escala de gradación. En los grados en los que se aplica resistencia manual son los grados 4 y 5, mientras que los grados 0,1,2,3 no interviene agente externo capaz de modificar el resultado final.

**Indicadores:** 0 = nula, 1 = vestigios, 2 = pobre, 3 = regular, 4 = buena, 5 = normal

**Variable:** Cualitativa.

**Tipo de variable:** Ordinal

**Escala de Medición:** Politómica



## ***Torque***

---

**Definición conceptual:** o momento de fuerza, es decir, la fuerza desarrollada por el grupo muscular multiplicada por la distancia existente desde el eje de rotación al eje de aplicación de la fuerza.<sup>22</sup>

**Definición operacional:** Este momento de fuerza vendrá registrado para cada ángulo de ROM y gráficamente viene representado por una curva en función del tiempo (curva del momento de fuerza o curva MAP). La punta del momento de fuerza o máximo momento de fuerza 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. Se obtiene a partir del punto más alto de una o varias curvas de momento de fuerza isocinéticas. El momento de fuerza medio se mide a partir del seguimiento completo de una o varias curvas isocinéticas consecutivas.<sup>3</sup>

**Indicadores:** Newton-metro (Nm)

**Variable:** Cuantitativa

**Tipo de variable:** Continua

**Escala de Medición:** Razón

## ***Potencia***

---

**Definición conceptual:** 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.<sup>3</sup>

**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.<sup>15</sup>

**Indicadores:** Watts (W), determinados en dinamómetro.

**Variable:** Cuantitativa

**Tipo de variable:** Continua

**Escala de Medición:** Intervalo

## ***Trabajo***

---

**Definición conceptual:** expresa el producto del momento de fuerza por la distancia angular, en el estudio gráfico va a corresponder al área o espacio debajo de la curva del momento de fuerza.<sup>3</sup>

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

**Indicadores:** Joules / kilogramos (J/kg), determinados en dinamómetro.

**Variable:** Cuantitativa

**Tipo de variable:** Continua

**Escala de Medición:** Intervalo

## ***Pico de torque / peso corporal***

---

**Definición conceptual:** Es la relación del punto más elevado del momento de fuerza con el peso corporal, independientemente de su situación en el arco de movimiento.<sup>15</sup>

**Definición operacional:** Calculado mediante dinamómetro isocinético con respecto a los dos grupos musculares analizados, se describe en porcentaje.

**Indicadores:** Porcentaje (%) determinado en dinamómetro.

**Variable:** Cuantitativa

**Tipo de variable:** Continua

**Escala de Medición:** Razón

## **VARIABLES DEMOGRÁFICAS**

### ***Edad***

---

**Definición conceptual:** Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento. <sup>21</sup>

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

**Indicadores:** Años

**Variable:** Cuantitativa

**Tipo de variable:** Continua

**Escala de Medición:** Intervalo

### ***Género***

---

**Definición conceptual:** Condición orgánica que distingue al hombre de la mujer. <sup>21</sup>

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

**Indicadores:** femenino o masculino

**Variable:** Cualitativa

**Tipo de variable:** Nominal

**Escala de Medición:** Dicotómica

### ***Grado de escolaridad***

---

**Definición conceptual:** Nivel formal de educación alcanzado por un individuo. <sup>21</sup>

**Definición operacional:** Para fines de este estudio se considerará al referido por el paciente en la encuesta aplicada.

**Indicadores:** Ninguno/primaria/secundaria/bachillerato/licenciatura.

**Variable:** Cualitativa.

**Tipo de variable:** Ordinal.

**Escala de Medición:** Politómica

## ***Peso***

---

**Definición conceptual:** es la medida de la masa corporal.<sup>21</sup>

**Definición operacional:** se establece el peso mediante la valoración por medio de báscula.

**Indicadores:** kilogramos

**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".<sup>21</sup>

**Definición operacional:** se establece la talla en metros mediante un estadímetro.

**Indicadores:** metros

**Variable:** Cuantitativa

**Tipo de variable:** Continua

**Escala de Medición:** Intervalo

## ***Índice de Masa Corporal***

---

**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".<sup>21</sup>

También conocido como índice de Quetelet es una medición estadística que relaciona el peso y la estatura de una persona. Se calcula dividiendo el peso en kilogramos entre el cuadrado de la estatura en metros. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define bajo peso cuando el IMC es menor a 18.50 kg/ m<sup>2</sup>, peso normal al IMC que va de 18.50 a 24.99 kg/ m<sup>2</sup>, el sobrepeso cuando el IMC es mayor o igual a 25 kg/ m<sup>2</sup> y obesidad cuando el IMC es mayor o igual a 30 kg/ m<sup>2</sup>.

**Definición operacional:** Para fines de este estudio se considerará el índice de masa corporal que tiene el paciente, de acuerdo con el resultado obtenido al dividir el último peso registrado en la tarjeta de citas entre la talla al cuadrado que igualmente se encuentre registrada en dicha tarjeta, determinando con esto si el paciente se encuentra en bajo peso, peso normal, sobrepeso u obesidad. <sup>21</sup>

**Indicadores:**

- Bajo peso: menor a 18.50 kg/ m2.
- Peso normal: 18.51 a 24.99 kg/ m2.
- Sobrepeso: mayor o igual a 25 kg/ m2.
- Obesidad: mayor o igual a 30 kg/ m2.
  - ✓ Grado I = 30 – 34.9 kg/ m2
  - ✓ Grado II = 35 - 39.9 kg/ m2
  - ✓ Grado III > 40 kg/ m2 <sup>37</sup>

**Variable:** Cualitativa

**Tipo de variable:** Ordinal

**Escala de Medición:** Politómica

## CRITERIOS DE SELECCIÓN

---

***Criterios de inclusión***

- Voluntarios de 20 hasta los 60 años de edad.
- Género masculino
- Género femenino
- Nacionalidad mexicana.
- Contar con numero de seguridad social del IMSS.
- Clínicamente sanos.
- Sin antecedente de dolor lumbar en los últimos 6 meses.
- Que acepten participar mediante firma de consentimiento informado. (Anexo 1)

***Criterios de exclusión:***

- Pacientes con cirugía de columna.
- Pacientes que cursen con lumbalgia sistematizada.
- Pacientes con arcos de movilidad para columna lumbar limitados.
- Pacientes que cursen con Hipertensión Arterial Sistémica, Diabetes Mellitus, Cardiopatía Isquémica antigua o reciente, Enfermedad Pulmonar Crónica, alteraciones neurológicas , deterioro cognitivo, articulaciones o columna inestable, esguince lumbar reciente , traumatismo o cirugía de columna, embarazo, neoplasias o diagnóstico de cáncer a cualquier nivel, osteoporosis, epilepsia, artritis reumatoide.

***Criterios de eliminación:***

- Pacientes que por cualquier motivo no concluyan con la evaluación.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

---

### **TIPO DE ESTUDIO:**

Transversal

### **DISEÑO DEL ESTUDIO**

Observacional, descriptivo, relacional.

### **UNIVERSO DE TRABAJO**

Hombres y mujeres de 20 a 60 años de edad, derechohabientes del IMSS, trabajadores, clínicamente sanos, que acepten participar mediante firma del consentimiento informado.

### **ÁMBITO GEOGRÁFICO**

IMSS DELEGACION 4. UMRSSXXI. Calzada del Hueso S/N. Colonia La Floresta Delegación Coyoacán.

### **LIMITES EN EL TIEMPO**

En el periodo comprendido de mayo a septiembre del 2017.

## ASPECTOS ESTADISTICOS

---

### TIPO DE MUESTREO

No probabilístico, intencional, por cuota, de casos consecutivos.

### TAMAÑO DE LA MUESTRA:

El Tamaño de la muestra para el grupo de individuos asintomáticos, se calculó por estimación de una proporción en una población finita donde se pretende tener una significancia estadística de p menor de 0.05.

### CÁLCULO DE LA MUESTRA

$$n = \frac{N z p q}{d + z + (p q)}$$

n = tamaño de la muestra

N = total de la población

p= proporción de interés

q = 1- p

z= 1.96

N = 931 individuos

p= 0.25

q = 0.75

d= 0.05

$$n = \frac{(931)(1.96) (0.25) (0.75)}{(0.05) + (1.96)+ (0.25) (0.75)}$$

$$n = \frac{342.14}{2.12}$$

$$n = 161.3867$$

**Total, de la muestra = 160 individuos.**

## DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO

---

Se reclutó una muestra de 160 hombres y mujeres que cumplieron con los criterios de inclusión: con edades comprendidas entre los 20 y los 60 años de edad, derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social, asintomáticos, clínicamente sanos, sin antecedente de episodio de dolor lumbar en los últimos 6 meses, sin comorbilidades, sin antecedente de cirugía de columna, columna inestable, esguince lumbar reciente, o embarazo, trabajadores de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Sur Siglo XXI o acompañantes de pacientes derechohabientes del IMSS, que aceptaron participar voluntariamente en el estudio, y aceptaron firmando el consentimiento informado.

Para efectos de este trabajo se consideró clínicamente sano a aquel individuo que cumpla con la definición de salud la OMS del 2014: “un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”. Esto se corroboró de manera clínica con la realización de una historia clínica y exploración física completa, se llenó la hoja de datos anexada y se procedió a realizar la prueba en un dinamómetro isocinético.

## PROCEDIMIENTO

---

Se llenó un cuestionario con datos personales y se informó sobre los objetivos, características y posibles molestias de las valoraciones y firmaron el correspondiente consentimiento informado.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de isocinecia de la UMFRSXXI.

Para la realización de la prueba isocinética se tuvo que considerar en todo momento una serie de premisas que serán imprescindibles en su ejecución. La instalación del paciente en la máquina se realizó de forma que la adaptación hombre-máquina sea óptima para aislar los grupos musculares objetos de estudio e impedir la posibilidad de compensaciones por parte del paciente y realizar una fijación mediante cinchas lo más estables y seguras posibles.

Es imprescindible una perfecta alineación entre el eje de rotación de la articulación sometida a estudio y el eje de rotación del dinamómetro empleado para la prueba o el ejercicio; algunos sistemas disponen, para una mejor alineación, de un sistema de rayos láser o



infrarrojos que indicarán la posición exacta del eje de rotación. Todos los sistemas actuales cuentan con una corrección de la gravedad, que realizan de forma automática una vez colocado al paciente. Durante la realización de la corrección del componente de la gravedad es imprescindible que el paciente colabore realizando el movimiento sin resistencia alguna. La corrección de la gravedad influye en las fuerzas y en las relaciones de los grupos de los músculos recíprocos de las extremidades. La fiabilidad del método de corrección de la gravedad es esencial para las sesiones de control de la evaluación.

Durante la realización de la prueba se consiguió un ambiente relajado y un clima de confianza con el paciente, a fin de evitar posibles interferencias de los resultados.

Se utilizó en primer lugar el movimiento continuo pasivo, que, además de facilitar una serie de datos, se aprovechó para el calentamiento articular. Y además, permitió programar un ROM acorde con el sujeto.

Como acción primaria se determinó el ROM donde se va realizar dicho estudio, que debe ser un arco de movimiento fisiológico sin molestias álgicas. A continuación, se realizó la prueba para corrección del componente de la gravedad, y tras ello, se inició la prueba propiamente dicha, comenzando con la realización del movimiento continuo pasivo, para efectuar posteriormente el estudio del movimiento isotónico y a continuación el movimiento isocinético a diversas velocidades.

### **Valoración isocinética.**

Se colocó al sujeto en posición de bipedestación en el módulo de columna del CON-TREX MJ ajustando los fijadores infrapatelares y suprapatelares, el cinturón pélvico, el respaldo se colocó a nivel interescapular y el apoyo anterior se fijó a nivel de la clavícula, alineándose además el eje del dinamómetro con el eje mecánico de la columna a nivel de L5 - S1.

Se realizó un movimiento continuo pasivo, con movilizaciones que además de servir para el calentamiento articular, se aprovechó como prueba de familiarización con el equipo.

A lo largo del protocolo se consideraron una serie de intervalos de reposo entre cada serie de repeticiones. Este tiempo de reposo varió entre 30 y 60 segundos de acuerdo con el

número de repeticiones que se realizaron en cada serie, así como las características del individuo.

Se protocolizaron los grupos musculares para flexión-extensión de columna dorsolumbar con un programa de evaluación isocinético Cybex estándar:

Contracción concéntrica para ambos grupos musculares

Flexión-extensión a 30 °/ seg (4 repeticiones) con descanso de 30 seg.

Flexión-extensión a 60 °/ seg (4 repeticiones) con descanso de 30 seg.

Flexión-extensión a 90 °/ seg (4 repeticiones) con descanso de 30 seg.

Flexión-extensión a 120 °/ seg (4 repeticiones) con descanso de 30 seg.

Flexión-extensión a 150 °/ seg (20 repeticiones) con descanso de 30 seg.

Se motivó verbalmente a los voluntarios y retroalimentación a través del monitor del equipo.

Se registraron los valores obtenidos por cada sujeto en la hoja de captación individualizada de cada paciente (ANEXO 2), posteriormente se concentraron en una hoja estadística de EXCEL para su análisis y se presentaron los resultados en tablas de datos y se evaluó el comportamiento isocinético para determinar el torque en flexión y extensión en las siguientes velocidades: 30 °/ seg, 60 °/ seg, 90 °/ seg, 120 °/ seg, 150 °/ seg.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

---

El análisis estadístico se realizó mediante un paquete informático para análisis estadístico, SPSS versión 22 a partir de los datos introducidos mediante la hoja de captación individualizada.

Se utilizó estadística descriptiva en las variables cualitativas para determinar media, desviación estándar, valor máximo, valor mínimo, frecuencias absolutas, frecuencias relativas, frecuencias acumuladas, error estándar, límites inferior y límites superior con intervalo de confianza del 95%, posteriormente se realiza la prueba de distribución.

Para la estadística inferencial se aplicó prueba de Kolmogórov-Smirnov para corroborar normalidad de datos.

En las variables cuantitativas ordinales se determinó la mediana. Para las variables cuantitativas continuas se determinará la media, desviación estándar y el rango (valores mínimos y máximos).

Para la correlación con el género, peso, talla, índice de masa corporal se realizó estadística inferencial donde se establecerán pruebas de correlación de Pearson y posteriormente se aplicó modelo lineal general, multivariante, prueba de ANOVA de un factor, definiendo la asociación estadísticamente significativa de ambas con una  $p \leq 0.05$ .

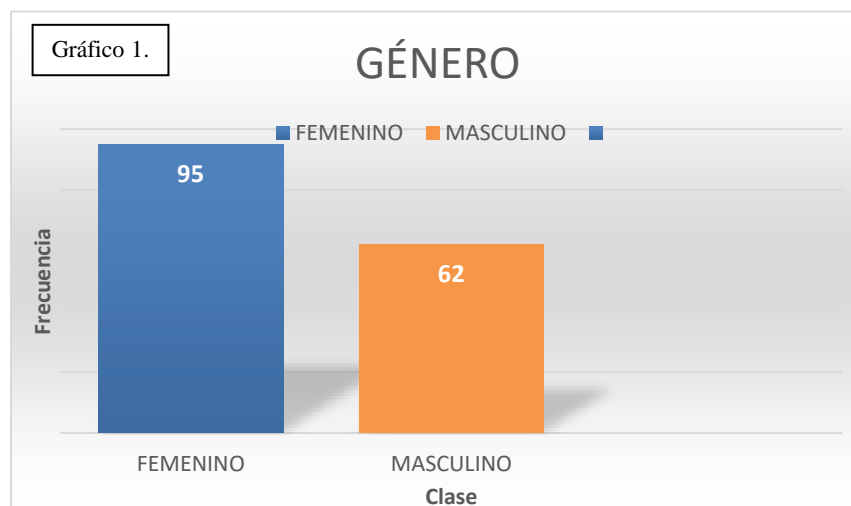
Para identificar relaciones de dependencia entre variables cualitativas se utilizó un contraste estadístico basado en el estadístico (Chi-cuadrada), cuyo cálculo permite afirmar con un nivel de confianza estadístico determinado si los niveles de una variable cualitativa influyen en los niveles de la otra variable nominal analizada.

## RESULTADOS

Se obtuvo un total de muestra de 160 individuos que cumplieron con los criterios de inclusión, no se excluyó a ninguno y se eliminaron 3 pacientes por no completar la prueba en el dinamómetro isocinético. Los 3 individuos se eliminaron ya que no contaron con el tiempo necesario para la realización del procedimiento, por motivos personales.

Por lo tanto, se analizó una muestra total de 157 individuos de los cuales el 60.5% corresponden al género femenino (95 mujeres) y el 39.5% corresponden al género masculino (62 hombres); (*Tabla 1, Gráfico 1*). La distribución por grupo etáreo se observa en la tabla 2, siendo el grupo de 20-33 el más frecuente, con un porcentaje de 40.8 % (*ver tabla 2*).

	Frecuencia	Porcentaje
<b>FEM</b>	95	60.5
<b>MASC</b>	62	39.5
<b>Total</b>	157	100.0



<b>TABLA 2. DISTRIBUCION POR GRUPO ETÁREO</b>			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<b>20-33 AÑOS</b>	64	40.8	40.8
<b>34-47 AÑOS</b>	53	33.8	74.5
<b>48-60 AÑOS</b>	40	25.5	100.0
<b>Total</b>	157	100.0	

En cuanto a la distribución por ocupación vemos que el grupo más frecuente es el de empleado con un porcentaje de 34.4 % (*Tabla 3*); en la distribución por escolaridad el grupo de licenciatura corresponde a la mayor frecuencia con 47.8% (*Tabla 4*).

<b>Tabla 3. DISTRIBUCION POR OCUPACION</b>			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<b>PROFESIONISTA</b>	40	25.5	25.5
<b>EMPLEADO</b>	54	34.4	59.9
<b>AMA DE CASA</b>	24	15.3	75.2
<b>ESTUDIANTE</b>	24	15.3	90.4
<b>OFICINISTA</b>	15	9.6	100.0
<b>Total</b>	157	100.0	

<b>Tabla 4. DISTRIBUCION POR ESCOLARIDAD</b>			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<b>PRIMARIA</b>	4	2.5	2.5
<b>SECUNDARIA</b>	14	8.9	11.5
<b>BACHILLERATO</b>	64	40.8	52.2
<b>LICENCIATURA</b>	75	47.8	100.0
<b>Total</b>	157	100.0	

En la distribución de índice de masa corporal (IMC) según la clasificación de la OMS, se observa en la tabla 5, en donde el IMC normal corresponde al más frecuente con 52.2%.

<b>Tabla 5. DISTRIBUCION SEGÚN CLASIFICACION OMS</b>			
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<b>NORMAL</b>	82	52.2	52.2
<b>SOBREPESO</b>	61	38.9	91.1
<b>OBESIDAD GRADO I</b>	14	8.9	100.0
<b>Total</b>	157	100.0	

**Género femenino.** Se estudiaron en total 95 pacientes de 20-60 años (*Tabla 1*), con una edad promedio de 38.8 años  $\pm$  11.57, con talla promedio de 1.58 metros ( $\pm$  0.06), con peso promedio de 63.69 kilogramos  $\pm$  10.52, promedio de IMC de 25.2588 kg/ m<sup>2</sup>  $\pm$  3.59 (*Tabla 6*). De la población total femenina se dividieron en 3 rangos por edades: 40 pacientes del grupo de 20-33 años, 28 pacientes del grupo de 34- 47 años y 27 pacientes del grupo de 48-60 años.

Se apreciaron diferencias significativas (ANOVA P= 0-00) en peso y talla entre género y grupos de edad, no así en el índice de masa corporal (IMC) (*Tabla 6 y 7*).

		N	Media	Desviación estándar	ANOVA Valor p
<b>PESO</b>	FEM	95	63.69	10.521	.000
	MASC	62	75.35	12.030	
	Total	157	68.30	12.489	
<b>TALLA</b>	FEM	95	1.5865	.06583	.000
	MASC	62	1.7216	.09480	
	Total	157	1.6399	.10254	
<b>IMC</b>	FEM	95	25.2588	3.59759	.932
	MASC	62	25.3047	2.82403	
	Total	157	25.2770	3.30421	

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>PESO</b>	Entre grupos	5100.589	1	5100.589	41.107	.000
	Dentro de grupos	19232.341	155	124.080		
	Total	24332.930	156			
<b>TALLA</b>	Entre grupos	.685	1	.685	111.045	.000
	Dentro de grupos	.956	155	.006		
	Total	1.640	156			
<b>IMC</b>	Entre grupos	.079	1	.079	.007	.932
	Dentro de grupos	1703.094	155	10.988		
	Total	1703.173	156			

**Género masculino.** Se estudiaron en total 62 pacientes de 20-60 años (*Tabla 1*), con una edad promedio de 38.16 años  $\pm$  10.82, con talla promedio de 1.72 metros ( $\pm$  0.09), con peso promedio de 75.05 kilogramos  $\pm$  12.03, promedio de IMC de 25.3047 kg/ m<sup>2</sup>  $\pm$  2.82. De la población total masculina se dividieron en 3 rangos por edades: 24 pacientes del grupo de 20-33 años, 25 pacientes del grupo de 34- 47 años y 13 pacientes del grupo de 48-60 años. A diferencia de las mujeres, en el caso de los hombres no hubo diferencias en los promedios de los datos antropométricos por subgrupo de edad (*Tabla 7*). Se apreciaron diferencias significativas en el índice de masa corporal (IMC) entre géneros (*Tabla 8*).

			GENERO		Total
			FEM	MASC	
<b>CLASIFICACION OMS</b>	NORMAL	Frecuencia	52	30	82
		%	54.7%	48.4%	52.2%
	SOBREPESO	Frecuencia	32	29	61
		%	33.7%	46.8%	38.9%
	OBESIDAD GRADO I	Frecuencia	11	3	14
		%	11.6%	4.8%	8.9%
<b>Total</b>		Frecuencia	95	62	157
		%	100.0%	100.0%	100.0%

Se demuestra normalidad de los datos con la prueba Kolmogórov-Smirnov.

No hay una diferencia estadísticamente significativa para torque, potencia, trabajo y pico de torque entre las velocidades de prueba de 30, 60, 90, 120 y 150 ° segundos en la prueba de correlación de Pearson.

Existe correlación directa entre género, peso y talla para los valores de torque, potencia, trabajo, pico de torque y peso corporal, no así para la edad, el índice de masa corporal, la ocupación y la escolaridad en la prueba ANOVA con  $p > 0.00$ .

En las tablas siguientes se describen los valores obtenidos de torque máximo, potencia, trabajo, pico torque /peso corporal en extensión y flexión por velocidad, grupo de edad y género. (*Ver tablas 9-15*).

Tabla 9

VALORES TORQUE MAXIMO (Nm) EN EXTENSION POR VELOCIDAD, GRUPO DE EDAD Y GENERO						
VELOCIDAD °/SEG	GRUPO DE EDAD	GENERO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
30	20-33 AÑOS	FEM	102.098	6.804	88.654	115.541
		MASC	139.425	8.784	122.070	156.780
	34-47 AÑOS	FEM	89.086	8.132	73.018	105.154
		MASC	161.476	8.606	144.471	178.481
	48-60 AÑOS	FEM	94.148	8.282	77.785	110.511
		MASC	124.300	11.935	100.719	147.881
60	20-33 AÑOS	FEM	87.485	6.894	73.864	101.106
		MASC	140.979	8.900	123.395	158.563
	34-47 AÑOS	FEM	70.343	8.240	54.063	86.623
		MASC	147.844	8.720	130.615	165.073
	48-60 AÑOS	FEM	89.337	8.391	72.758	105.916
		MASC	87.408	12.093	63.515	111.300
90	20-33 AÑOS	FEM	78.643	6.684	65.436	91.849
		MASC	132.417	8.629	115.367	149.467
	34-47 AÑOS	FEM	62.471	7.989	46.686	78.257
		MASC	143.288	8.455	126.582	159.994
	48-60 AÑOS	FEM	84.563	8.136	68.488	100.638
		MASC	74.831	11.725	51.664	97.997
120	20-33 AÑOS	FEM	79.110	17.073	45.376	112.844
		MASC	176.467	22.042	132.917	220.017
	34-47 AÑOS	FEM	62.475	20.407	22.156	102.794
		MASC	133.992	21.596	91.322	176.662
	48-60 AÑOS	FEM	82.222	20.781	41.163	123.281
		MASC	86.300	29.949	27.127	145.473
150	20-33 AÑOS	FEM	91.595	6.889	77.984	105.206
		MASC	119.621	8.893	102.049	137.192
	34-47 AÑOS	FEM	73.779	8.234	57.511	90.047
		MASC	122.064	8.714	104.848	139.280
	48-60 AÑOS	FEM	80.022	8.385	63.456	96.589
		MASC	95.908	12.084	72.033	119.783



Tabla 10

VALORES TORQUE MAXIMO (Nm) EN FLEXION POR GRADOS, GRUPO DE EDAD Y GENERO						
VELOCIDAD °/SEG	GRUPO DE EDAD	GENERO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
30	20-33 AÑOS	FEM	104.980	6.322	92.488	117.472
		MASC	151.017	8.162	134.890	167.143
	34-47 AÑOS	FEM	94.982	7.557	80.052	109.913
		MASC	140.300	7.997	124.499	156.101
	48-60 AÑOS	FEM	101.341	7.695	86.136	116.545
		MASC	133.792	11.090	111.880	155.704
60	20-33 AÑOS	FEM	96.975	6.740	83.658	110.292
		MASC	158.617	8.701	141.424	175.809
	34-47 AÑOS	FEM	82.561	8.056	66.644	98.478
		MASC	153.456	8.526	136.611	170.301
	48-60 AÑOS	FEM	102.344	8.204	86.135	118.554
		MASC	118.585	11.823	95.225	141.944
90	20-33 AÑOS	FEM	96.015	7.581	81.036	110.994
		MASC	152.775	9.787	133.437	172.113
	34-47 AÑOS	FEM	78.368	9.061	60.465	96.271
		MASC	152.676	9.589	133.729	171.623
	48-60 AÑOS	FEM	104.930	9.227	86.698	123.161
		MASC	108.123	13.298	81.848	134.398
120	20-33 AÑOS	FEM	95.983	8.068	80.041	111.924
		MASC	147.425	10.416	126.844	168.006
	34-47 AÑOS	FEM	79.714	9.644	60.660	98.768
		MASC	147.872	10.206	127.707	168.037
	48-60 AÑOS	FEM	104.519	9.821	85.115	123.922
		MASC	112.277	14.153	84.313	140.240
150	20-33 AÑOS	FEM	105.275	7.616	90.227	120.323
		MASC	138.363	9.832	118.936	157.789
	34-47 AÑOS	FEM	87.075	9.103	69.089	105.061
		MASC	139.176	9.634	120.142	158.210
	48-60 AÑOS	FEM	96.578	9.270	78.262	114.893
		MASC	121.823	13.359	95.428	148.219

Tabla 11

VALORES POTENCIA (W) EN EXTENSION POR VELOCIDAD, GRUPO DE EDAD Y GENERO						
VELOCIDAD °/SEG	GRUPO DE EDAD	GENERO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
30	20-33 AÑOS	FEM	56.318	5.905	44.650	67.985
		MASC	93.796	7.623	78.733	108.858
	34-47 AÑOS	FEM	45.575	7.058	31.630	59.520
		MASC	86.256	7.469	71.498	101.014
	48-60 AÑOS	FEM	54.889	7.187	40.688	69.090
		MASC	77.431	10.358	56.965	97.897
60	20-33 AÑOS	FEM	81.098	6.866	67.532	94.663
		MASC	132.025	8.864	114.512	149.538
	34-47 AÑOS	FEM	67.500	8.206	51.286	83.714
		MASC	143.812	8.685	126.653	160.971
	48-60 AÑOS	FEM	82.452	8.357	65.941	98.963
		MASC	87.269	12.043	63.474	111.064
90	20-33 AÑOS	FEM	90.915	10.030	71.097	110.733
		MASC	156.908	12.949	131.324	182.493
	34-47 AÑOS	FEM	80.225	11.988	56.538	103.912
		MASC	199.204	12.687	174.136	224.272
	48-60 AÑOS	FEM	94.919	12.208	70.797	119.040
		MASC	88.669	17.594	53.907	123.432
120	20-33 AÑOS	FEM	102.563	12.185	78.488	126.637
		MASC	163.242	15.730	132.162	194.322
	34-47 AÑOS	FEM	80.061	14.563	51.286	108.835
		MASC	212.292	15.412	181.840	242.744
	48-60 AÑOS	FEM	100.652	14.831	71.349	129.954
		MASC	89.746	21.373	47.517	131.975
150	20-33 AÑOS	FEM	109.823	12.843	84.446	135.199
		MASC	143.783	16.581	111.023	176.544
	34-47 AÑOS	FEM	91.007	15.351	60.677	121.337
		MASC	175.420	16.246	143.322	207.518
	48-60 AÑOS	FEM	92.033	15.633	61.147	122.920
		MASC	94.962	22.529	50.449	139.474

Tabla 12

VALORES POTENCIA (W) EN FLEXION POR VELOCIDAD, GRUPO DE EDAD Y GENERO						
VELOCIDAD %SEG	GRUPO DE EDAD	GENERO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<b>30</b>	20-33 AÑOS	FEM	55.373	7.238	41.071	69.674
		MASC	103.308	9.345	84.845	121.771
	34-47 AÑOS	FEM	47.129	8.651	30.035	64.222
		MASC	78.448	9.156	60.358	96.538
	48-60 AÑOS	FEM	60.411	8.810	43.004	77.818
		MASC	80.231	12.697	55.145	105.317
<b>60</b>	20-33 AÑOS	FEM	85.748	9.228	67.516	103.979
		MASC	149.938	11.913	126.400	173.475
	34-47 AÑOS	FEM	76.936	11.029	55.145	98.727
		MASC	140.608	11.672	117.546	163.670
	48-60 AÑOS	FEM	94.848	11.231	72.657	117.039
		MASC	124.854	16.186	92.873	156.835
<b>90</b>	20-33 AÑOS	FEM	106.698	10.999	84.966	128.429
		MASC	187.204	14.200	159.148	215.260
	34-47 AÑOS	FEM	89.557	13.146	63.582	115.532
		MASC	194.852	13.913	167.363	222.341
	48-60 AÑOS	FEM	126.137	13.388	99.686	152.588
		MASC	135.638	19.294	97.518	173.759
<b>120</b>	20-33 AÑOS	FEM	126.188	14.666	97.210	155.165
		MASC	201.550	18.934	164.140	238.960
	34-47 AÑOS	FEM	108.432	17.530	73.797	143.067
		MASC	228.296	18.552	191.642	264.950
	48-60 AÑOS	FEM	137.552	17.851	102.281	172.823
		MASC	147.638	25.727	96.808	198.469
<b>150</b>	20-33 AÑOS	FEM	144.077	15.412	113.626	174.528
		MASC	169.367	19.897	130.054	208.679
	34-47 AÑOS	FEM	131.993	18.421	95.596	168.389
		MASC	207.340	19.495	168.822	245.858
	48-60 AÑOS	FEM	130.263	18.759	93.199	167.327
		MASC	164.908	27.035	111.492	218.323

Tabla 13

VALORES TRABAJO MEDIO (J/kg) EN EXTENSION POR VELOCIDAD, GRUPO DE EDAD Y GENERO						
VELOCIDAD %SEG	GRUPO DE EDAD	GENERO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
30	20-33 AÑOS	FEM	1.056	.067	.923	1.188
		MASC	1.126	.087	.954	1.298
	34-47 AÑOS	FEM	.893	.080	.734	1.052
		MASC	1.464	.085	1.296	1.633
	48-60 AÑOS	FEM	.901	.082	.739	1.063
		MASC	1.085	.118	.852	1.319
60	20-33 AÑOS	FEM	.805	.065	.677	.934
		MASC	1.003	.084	.837	1.169
	34-47 AÑOS	FEM	.685	.078	.531	.839
		MASC	1.386	.082	1.223	1.548
	48-60 AÑOS	FEM	.775	.079	.618	.931
		MASC	.769	.114	.544	.995
90	20-33 AÑOS	FEM	.592	.058	.477	.708
		MASC	.788	.075	.639	.937
	34-47 AÑOS	FEM	.535	.070	.397	.672
		MASC	1.170	.074	1.024	1.315
	48-60 AÑOS	FEM	.623	.071	.482	.763
		MASC	.502	.102	.300	.704
120	20-33 AÑOS	FEM	.536	.058	.420	.651
		MASC	.651	.075	.502	.800
	34-47 AÑOS	FEM	.468	.070	.329	.606
		MASC	1.038	.074	.892	1.184
	48-60 AÑOS	FEM	.556	.071	.416	.697
		MASC	.418	.103	.216	.621
150	20-33 AÑOS	FEM	.463	.055	.354	.572
		MASC	.568	.071	.427	.708
	34-47 AÑOS	FEM	.415	.066	.285	.545
		MASC	.707	.070	.570	.845
	48-60 AÑOS	FEM	.413	.067	.280	.545
		MASC	.435	.097	.244	.626

Tabla 14

VALORES TRABAJO MEDIO (J/kg) EN FLEXION POR VELOCIDAD, GRUPO DE EDAD Y GENERO						
VELOCIDAD °/SEG	GRUPO DE EDAD	GENERO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<b>30</b>	20-33 AÑOS	FEM	1.042	.058	.926	1.158
		MASC	1.143	.076	.993	1.292
	34-47 AÑOS	FEM	.964	.070	.826	1.102
		MASC	1.448	.074	1.302	1.594
	48-60 AÑOS	FEM	1.027	.071	.886	1.168
		MASC	1.088	.103	.886	1.291
<b>60</b>	20-33 AÑOS	FEM	.884	.066	.754	1.014
		MASC	1.062	.085	.894	1.230
	34-47 AÑOS	FEM	.791	.079	.636	.947
		MASC	1.462	.083	1.297	1.626
	48-60 AÑOS	FEM	.955	.080	.797	1.114
		MASC	.859	.116	.631	1.088
<b>90</b>	20-33 AÑOS	FEM	.780	.070	.642	.917
		MASC	.975	.090	.797	1.152
	34-47 AÑOS	FEM	.654	.083	.489	.818
		MASC	1.344	.088	1.170	1.518
	48-60 AÑOS	FEM	.859	.085	.692	1.027
		MASC	.804	.122	.563	1.045
<b>120</b>	20-33 AÑOS	FEM	.635	.071	.494	.775
		MASC	.856	.092	.675	1.037
	34-47 AÑOS	FEM	.612	.085	.444	.780
		MASC	1.205	.090	1.028	1.383
	48-60 AÑOS	FEM	.731	.086	.561	.902
		MASC	.696	.125	.450	.942
<b>150</b>	20-33 AÑOS	FEM	.664	.069	.527	.800
		MASC	.573	.089	.397	.749
	34-47 AÑOS	FEM	.585	.083	.421	.748
		MASC	.851	.087	.678	1.024
	48-60 AÑOS	FEM	.533	.084	.366	.699
		MASC	.761	.121	.521	1.000

Tabla 15

VALORES PICO TORQUE/PESO CORPORAL % POR VELOCIDAD, GRUPO DE EDAD Y GENERO						
VELOCIDAD °/SEG	GRUPO DE EDAD	GENERO	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
30	20-33 AÑOS	FEM	109.368	5.398	98.702	120.033
		MASC	113.088	6.969	99.318	126.857
	34-47 AÑOS	FEM	117.707	6.452	104.959	130.455
		MASC	100.280	6.828	86.789	113.771
	48-60 AÑOS	FEM	118.685	6.571	105.703	131.667
		MASC	120.369	9.469	101.660	139.079
60	20-33 AÑOS	FEM	120.568	5.201	110.291	130.844
		MASC	122.000	6.715	108.733	135.267
	34-47 AÑOS	FEM	120.575	6.217	108.292	132.858
		MASC	112.372	6.579	99.373	125.371
	48-60 AÑOS	FEM	123.085	6.331	110.577	135.594
		MASC	134.731	9.124	116.704	152.757
90	20-33 AÑOS	FEM	130.143	6.646	117.012	143.273
		MASC	122.633	8.579	105.682	139.584
	34-47 AÑOS	FEM	124.057	7.943	108.363	139.751
		MASC	114.512	8.406	97.903	131.121
	48-60 AÑOS	FEM	143.507	8.089	127.526	159.489
		MASC	147.446	11.657	124.414	170.478
120	20-33 AÑOS	FEM	133.250	6.640	120.131	146.369
		MASC	121.904	8.572	104.967	138.841
	34-47 AÑOS	FEM	128.146	7.936	112.466	143.827
		MASC	126.884	8.399	110.289	143.479
	48-60 AÑOS	FEM	136.274	8.082	120.306	152.243
		MASC	134.538	11.647	111.525	157.551
150	20-33 AÑOS	FEM	126.668	12.524	101.923	151.412
		MASC	132.154	16.168	100.209	164.099
	34-47 AÑOS	FEM	126.404	14.969	96.828	155.979
		MASC	125.220	15.841	93.920	156.520
	48-60 AÑOS	FEM	153.730	15.243	123.612	183.848
		MASC	146.885	21.968	103.480	190.289

## DISCUSION

---

Este estudio se realizó con una muestra total de 157 individuos clínicamente sanos, los cuales fueron evaluados con el dinamómetro isocinético CONTREX MJ con los valores de torque, potencia, trabajo y pico de torque/peso corporal en las siguientes velocidades: 30, 60, 90, 120 y 150 °/ seg.

Para el presente estudio uno de los aspectos mas valiosos es la capacidad para determinar los valores isocinéticos en sus distintas velocidades, ya que esta evaluación permite determinar el funcionamiento de la musculatura lumbar, cuando el individuo realiza actividades rápidas necesita capacidad para generar fuerza en poco tiempo, esto es potencia, que se desarrolla a velocidades superiores a los 60°/ seg. Por lo tanto, deben también analizarse los valores isocinéticos a distintas velocidades.

Al evaluar los resultados podemos observar que el peso y la talla en la población estudiada es inferior a los estudiados por Timm K <sup>23</sup> en Estados Unidos con una muestra de 27,176 sujetos normales (13, 497 mujeres y 13, 679 hombres, con rangos de edad de 10-79 años ) en 5 categorías laborales ( industrial, profesional, servicio, estudiantes y pensionados) a velocidades concéntricas de 30, 60, 90 , 120 y 150 / s para la flexión / extensión y en las rotaciones derecha e izquierda.

Realizando una comparación con estos datos y los obtenidos por Mayer y cols <sup>34</sup> podemos determinar que los resultados obtenidos en este estudio, en cuanto a las

variables antropométricas peso y talla así como los promedios de las variables isocinéticas de torque y pico de torque/peso corporal se encuentra por debajo de lo establecido en el estudio realizado por Mayer y cols en la cual presentan un promedio de 81.9 kg para hombres y 61.1 kg para; talla de 181.8 cm para los hombres y 167.8 cm para mujeres.

Estas variables antropométricas influyeron sobre el comportamiento de las medidas de torque, potencia y trabajo. Danneskiold-Samsøe B y cols 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.<sup>14</sup>

Estas consideraciones son de gran importancia debido a que la diferencia antropométrica entre las poblaciones anglosajonas y las mexicanas son evidentes, lo cual es un factor que influye en los resultados obtenidos en este estudio.

Por otra parte, los promedios en los resultados de torque, potencia, trabajo y pico de torque/ peso corporal que se obtuvieron en este estudio guardan una correlación directa entre peso y talla, sin embargo, no es así para la edad y el índice de masa corporal, es decir a pesar de que las variables antropométricas son importantes para la evaluación, únicamente el peso y la talla van a determinar de manera importante el promedio de las variables isocinéticas.



En el sexo masculino algunos de los promedios de torque y potencia presentaron diferencias importantes dependiendo del subgrupo de edad en el que: a menor edad mayores promedios en estas variables, lo cual se correlaciona con lo encontrado en el sexo femenino. No obstante, las diferencias significativas en talla e IMC con valores más favorables en los jóvenes de 20-33 años. Esto corresponde a lo reportado por Berumen H y cols <sup>2</sup> en donde se analizó una muestra de 73 pacientes sanos utilizando el equipo Cybex Back Systems de flexo-extensión y rotacional de tronco.

En el presente estudio, los promedios de torque, potencia, trabajo y pico de torque/peso corporal por repetición en extensión tanto en flexión, presentan valores más altos los hombres que las mujeres esto corresponde a lo referido por otros autores, la diferencia de resultados es influenciada por las características antropométricas y/o fisiológicas existentes entre el género femenino y el género masculino, como se menciona en los estudios realizados por Timm, Danneskiold-Samsøe, Mayer y Wessel <sup>11, 23,34,35</sup> quienes describen que existen diferencias entre hombres y mujeres, esto probablemente debido a diferencias antropométricas, fisiológicas y de organización postural que aún no han sido ampliamente estudiadas.

Por otra parte en el presente estudio, se sigue una constante en lo referido en la literatura al decir que, a menor velocidad angular, mayor es el momento torsional y a mayor velocidad angular, menor el momento torsional, <sup>4,11,23,34,35</sup> el cual se correlaciona con los resultados obtenidos en cuanto a los promedios de torque en

nuestro estudio, por repetición en extensión y en flexión, tanto para hombres como para mujeres.

El hallazgo de que no hubo una diferencia para los resultados de los promedios para trabajo en extensión y flexión, a través de las cinco velocidades de prueba, para hombres y mujeres, se apega a lo encontrado en el estudio realizado por Timm <sup>23</sup>, de pruebas a través de un espectro de velocidades para pruebas espinales isocinéticas.

Este hallazgo es importante ya que tiene las siguientes implicaciones para la práctica clínica: No es necesario realizar pruebas a velocidades múltiples para un protocolo de prueba isocinética espinal que utilice el CONTREX MJ en la evaluación del trabajo en extensión y flexión.

Por lo tanto, un sujeto puede ser probado a la velocidad de prueba única más cómoda o tolerable dentro del espectro de velocidad de 30-150 ° para el trabajo como variable isocinética.

Finalmente, los promedios de torque, potencia, trabajo y pico de torque/peso corporal no dependen de la ocupación, ni de la escolaridad, respecto a esto no se pueden comparar estos resultados con los obtenidos en otros estudios equivalentes, debido a que no se analizaron estas variables.

## CONCLUSIONES

---

Si bien existen conjuntos de datos para otros dinamómetros isocinéticos espinales<sup>4,11,23,33,34</sup>, se necesita más investigación para determinar el grado en que los resultados de un dispositivo se pueden intercambiar o correlacionar con los resultados análogos de un dispositivo diferente hecho por un diferente fabricante.<sup>35</sup>

Además, se necesita más investigación para determinar la utilidad de estos resultados actuales en relación con los productos de otras formas de pruebas espinales instrumentadas<sup>4,11,23,34,35</sup>, ya que los dispositivos isocinéticos son solo una opción única de una variedad de posibles métodos para evaluar el rendimiento del músculo espinal.

De todos modos, los resultados de este estudio representan otra posible herramienta que pueden utilizar los médicos en el proceso general de manejo de pacientes con trastornos espinales.

En base a los resultados, y dentro de las limitaciones de este estudio, se alcanzaron las siguientes conclusiones para el rendimiento de la prueba de los grupos de músculos espinales flexores y extensores en sujetos normales en los dinamómetros isocinéticos CONTREX MJ:

1. El género masculino tiene niveles más altos de fuerza, potencia, trabajo y pico de torque que el género femenino;

2. La producción de fuerza, potencia, trabajo y pico de torque disminuye tanto para las mujeres como para los hombres en las décadas de edad de 48-60 años en comparación con los de 20-33 años;
3. Existe correlación directa entre género, peso y talla para los valores de torque, potencia, trabajo, pico de torque y peso corporal, no así para la edad, el índice de masa corporal, la ocupación y la escolaridad.
4. Un sujeto puede ser probado a la velocidad de prueba única más cómoda o tolerable dentro del espectro de velocidad de 30-150 ° para el trabajo como variable isocinética;
5. No hay una diferencia estadísticamente significativa en la salida de torque, potencia, trabajo y pico de torque entre las velocidades de prueba de 30, 60, 90, 120 y 150 ° segundos;
6. Aunque los datos normativos y las implicaciones producidas por este estudio pueden ser útiles para los médicos que utilizan tecnología isocinética espinal como parte del proceso de diagnóstico para pacientes con problemas espinales, los resultados de este estudio son específicos del dispositivo CONTREX MJ.

## CONSIDERACIONES ÉTICAS.

---

El estudio se sometió a evaluación por el Comité Local de Investigación en Salud para su valoración y obtención de número de registro.

El estudio se realizó en seres humanos y se califica 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 Núremberg 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.

## RECURSOS

---

### RECURSOS HUMANOS

1. Un médico residente de 4° de Medicina de Rehabilitación
2. Dos asesores con especialidad en Medicina de Rehabilitación
3. Un asesor experto en isocinencia.

### RECURSOS MATERIALES

1. Un consultorio equipado con:
  - Una mesa de exploración
  - Una bata de exploración
  - Escritorio
  - Una computadora de escritorio
  - Un negatoscopio
  - Impresora
  - Toner
  - Hojas blancas
2. Báscula
3. Estadímetro
4. Un dinamómetro isocinético modelo CONTREX MJ que contenga:
  - Un módulo de columna
  - Una computadora de escritorio

### RECURSOS ECONÓMICOS

Este trabajo no demandó inversión extra a la que normalmente se invierte en la evaluación o tratamiento de la región lumbar de los pacientes. La unidad cuenta con la infraestructura, el equipo y el material. Los consumibles fueron aportados por el investigador.

## **FINANCIAMIENTO**

El presente trabajo no recibe financiamiento por parte de ninguna institución, asociación o industria.

## **FACTIBILIDAD**

Este estudio es factible, contamos con la infraestructura necesaria y con el personal altamente capacitado para realizar la valoración de los participantes del estudio, y contamos con personal experto para la realización de las pruebas, así como de la interpretación de los datos que arrojen las pruebas isocinéticas.

## **DIFUSION**

Reproducir el proyecto de investigación en un soporte papel para su incorporación en la biblioteca de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI, así mismo la reproducción del proyecto de investigación en un soporte digital para su incorporación en una base de datos electrónica propia de la Universidad Nacional Autónoma de México, entendiéndose el derecho a realizar cualquier otra reproducción temporal necesaria para permitir a los usuarios la visualización, reproducción o grabación en el disco duro del PC o en soporte papel del proyecto de investigación, para su uso privado y/o con fines de estudio o investigación.

## **TRASCENDENCIA**

Se pretende que el presente estudio sirva como referencia de los parámetros de normalidad de las variables isocinéticas de la musculatura lumbar en población sana mexicana y aporte datos útiles en la valoración, tratamiento y futuras investigaciones de la región lumbar.

## SUGERENCIAS

---

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

Este conocimiento permitirá disponer de información objetiva suficiente para crear un juicio clínico aceptado para clasificar a los pacientes y demostrar la eficacia de los tratamientos aplicados para el mantenimiento o mejora de la función y estabilidad dinámica de la columna lumbar.

Es necesario continuar realizando estudios equivalentes que permitan tomar de forma válida y fiable, como valores de referencia de normalidad los promedios de torque, potencia, trabajo y torque/peso corporal en columna lumbar y contrastar estos resultados en pacientes con patología.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

1. Tlatoa H. Absolute maximum torque and index isokinetic conventional. *Rev Med Inv.* 2014; 2:154-62.
2. Berumen Gómez H, Coronado Zarco R, Chávez- Arias D, Díez García MP, León Hernández SR, Martínez E. Valoración isocinética del tronco en sujetos asintomáticos del Centro Nacional de Rehabilitación. *Acta Ortop Mex.* 2005; 19(2):49-55.
3. Huesa Jiménez F, García Díaz J, Vargas Montes J. Dinamometría isocinética. *Rehabilitación (Madr)* 2013; 39 (6):288-96.
4. Martín Urrialde J. Interpretación de curvas isocinéticas. *Rev Fisioterapia* 2012;14 (1):13-2
5. Gómez T, Beach G, Cooke C, Hruddy W, Goyert P. Normative database for trunk range of motion, strength velocity and. *Spine.* 1991;16:15-21.
6. McIntyre D. The stability of isometric trunk flexion measurements. *J Spinal Disord.* 1989;2:80-6.
7. Szpalski M, Federspiel CF, Poty S, Hayez JP, Debaize JP. Reproducibility of trunk isoinertial dynamic performance in low back pain patients. *J Spin Disorders.* 1992;5:78-85.
8. Levene J, Steeds R, Goldberg H, Frazier M, Fuhrman G. Trends in isodynamic and isometric trunk testing on the Isostation B200. *J Spinal Disord.* 1989; 2:20-35.
9. Parnianpour M, Li F, Nordin M, Kahanovith N. A database of isoinertial trunk strength tests against three resistance levels in sagittal, frontal and transverse planes in normal male subjects. *Spine.* 1988;14:409-11.
10. Timm KE. Clinical applications of a normative database for the Cybex TEF and TORSO spinal isokinetic dynamometers. *Isokinetics and Exercise Science.* 1995;5: 43-49
11. Ng JKF, Parnianpour M, Richardson CA, Kippers V. Effect of fatigue on torque output and electromyographic measures of trunk muscles during isometric axial rotation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003 March; 84: 374-381
12. Larivière C, Gravel D, Gagnon D, Gardiner P, A. Bertrand Arsenault, Gaudreault N. Gender influence on fatigability of back muscles during intermittent isometric contractions: a study of neuromuscular activation patterns. *Clinical Biomechanics.* 2006; 21: 893-904
13. Cruz E, León SR, Arellano A, Martínez E, García E, Coronado R. Evaluación isocinética y estado funcional en pacientes posoperados por hernia de disco lumbar. *Cir Ciruj.* 2008 Sep-Oct; 76(5): 373-380
14. Danneskiold-Samsøe B, et al. Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *ActaPhysiol (Oxf).* 2009 Oct ;197 Suppl 673:1-68
15. Ridao N, Sánchez M D, Chaler J, Müller B. Aportación de la dinamometría isocinética de columna lumbar en una mutua laboral. *Trauma Fund MAPFRE.* 2009; 20(4): 229-233

16. Cho KH, Beom JW, Lee TS, Lim JH, Lee TH, Yuk JH. Trunk muscles strength as a risk factor for nonspecific low back pain: a pilot study. *Ann Rehabil Med.* 2014; 38(2): 234-240
17. Navarro LR, Mireles ABI, Castañeda Y, Plascencia JL. Evaluación funcional e isocinética lumbar en trabajadores pensionados con minusvalía. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2013; 51(2):176-81
18. Lago S, Da cuña I. Actualización sobre los efectos de los estiramientos en la lumbalgia: una revisión sistemática. *Fisioterapia.* 2015; 37(6):293-302
19. Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review. *PM&R.* 2010 Feb; 2: 142-146
20. Informe anual de vigilancia epidemiológica. 2016. Epidemiología. DIMAC. UMFERSXII
21. Diccionario de medicina-Océano Mosby. Editorial Grupo Océano, Barcelona, 2008.
22. Steele J, Bruce-Low S, Smith D. A reappraisal of the deconditioning hypothesis in low back pain: review of evidence from a triumvirate of research methods on specific lumbar extensor deconditioning. *Current Medical Research & Opinion.* 2014; 30(5) 865-911
23. Van Dieën JH, Selen LPJ, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2003; 13: 333–351
24. Ng JKF Parnianpour M, Richardson CA, Kippers V. EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain patients and matched controls. *Journal of Orthopedic Research.* 2002; 20: 112-121
25. Kumar S, Narayan Y, Garand D. Electromyography of trunk muscles in isometric graded axial rotation. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2002; 12: 317-328
26. Harbo T, Brincks J, Andersen H. Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2012 Jan; 112 (1):267-75
27. Gruther W, Wick F, Paul B, Leitner C, Posch M, Matzner M, Crevenna R, Ebenbichler G. Diagnostic accuracy and reliability of muscle strength and endurance measurements. *J Rehabil Med.* 2009; 41: 613-619
28. García JBS, Hernández JJ, Núñez RG, Pazos MAR, Aguirre JO, Jreige A, Delgado W, Serpentegui M, Berenguel M, Cantisani AF. Prevalence of low back pain in Latin America: a systematic literature review. *Pain Physician.* 2014; 17: 379-391
29. Dankaerts W, O'Sullivan P. The validity of O'Sullivan's classification system for a sub-group of NS-CLBP with motor control impairment: overview of a series of studies and review of the literature. *Manual Therapy.* 2011; 16: 9-14
30. Huesa Jiménez F. Isocinéticos, metodología y utilización . Madrid: Mapfre; 2000
31. Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques . 4th ed. Onalaska, S&S Publishers. 1992; 35-50.
32. Bohannon RW. Manual muscle testing: does it meet the standards of an adequate screening test?. *Clin Rehabil.* 2005 Sep; 19(6):662-7
33. Lynn P. Fundamentos de las técnicas de evaluación musculoesquelética. 3ra edición, Barcelona, Paidotribo , 2012.
34. Mayer T, Gatchel R, Betoneur J, Bovasso E. Trunk Muscle endurance measurement. Isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects. *Spine* 1995; 20(8): 926-927.

35. Wessel J, Ford D, Van Driesum D. Measurement of torque of trunk flexors at different velocities. *Scand J Rehab Med* 1992; 24(4): 175-180.
36. Cotte T, Ferret JM. Comparative study of two isokinetics dynamometers: CYBEX NORM vs CON-TREX MJ. IOS Press Isokinetics and Exercise Science 2003; 11(37): 37-43.
37. WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva: World Health Organization, 2008.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2017

Gráfica de Gantt - cronograma de actividades

“ESTANDARIZACIÓN DE TORQUE, POTENCIA Y TRABAJO MEDIANTE UN DINAMOMETRO ISOCINÉTICO DE LOS MÚSCULOS FLEXORES Y EXTENSORES DE COLUMNA LUMBAR EN ADULTOS CLINICAMENTE SANOS EN LA UMFRSXXI”

Actividad	Nov 2016	Dic 2016	Enero 2017	Feb 2017	Marzo 2017	Abril 2017	May 2017	Junio 2017	Jul 2017	Agos 2017	Sept 2017	Nov 2017	Dic 2017
Elección y delimitación del tema a estudiar	P X	X											
	R X	X											
Recopilación bibliográfica	P X	X											
	R X	X											
Elaboración del Protocolo de Investigación	P X	X											
	R X	X											
Presentación al comité de Investigación	P X	X	X	X	X								
	R X	X	X										
Correcciones la anteproyecto y envío al comité de investigación	P				X	X							
	R					X							
Aceptación del trabajo de investigación	P					X		X					
	R						X						
Recolección de datos Procedimiento de datos	P							X	X	X			
	R												
Análisis e interpretación de resultados	P										X		
	R											X	
Elaboración de conclusiones	P										X		
	R											X	
Elaboración del informe final	P										X	X	
	R												X

R\* : Real

P\* : Programado



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN  
Y POLÍTICAS DE SALUD  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD  
CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO  
(ADULTOS)

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre del estudio:	"Estandarización de torque , potencia y trabajo mediante un dinamómetro isocinético de los músculos flexores y extensores de columna lumbar en adultos clínicamente sanos en la UMFRSXXI"						
Patrocinador externo (si aplica):	No aplica						
Lugar y fecha:	Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI ubicada en calzada del Hueso esquina calzada de las Bombas S/N Ex –Hacienda Coapa, Del. Coyoacán Ciudad de México. En el periodo comprendido de mayo a septiembre del 2017						
Número de registro:	Pendiente						
Justificación y objetivo del estudio:	El responsable del trabajo me ha informado que el presente estudio es necesario debido a la escasa información que existe en la literatura médica sobre mediciones de fuerza de la región lumbar en la población mexicana por lo que entiendo que el objetivo del trabajo es determinar por medio de un dinamómetro isocinético los valores en adultos clínicamente sanos para su estandarización.						
Procedimientos:	Estoy enterado que se me realizará historia clínica, exploración física completa, y valoración por medio del dinamómetro isocinético CON-TREX MJ de músculos flexores y extensores de columna, determinando el torque , potencia, trabajo, Pico de torque / peso corporal.						
Posibles riesgos y molestias:	El responsable del trabajo me ha explicado que derivado de participar en esta medición no tendré molestias.						
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	Entiendo que se me otorgará una copia de la valoración de la fuerza muscular de flexores y extensores de columna y así conocer el estado de mi columna, en qué condiciones se encuentra.						
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	El responsable del trabajo se ha comprometido a responder a cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee acerca del procedimiento que se llevara a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación, además se me informara sobre el estado de mi columna, en que condición se encuentra.						
Participación o retiro:	Es de mi conocimiento que seré libre de abandonar éste estudio de investigación en el momento que así lo desee. En caso de que decidiera retirarme, la atención que como derecho-habiente recibo en ésta institución no se verá afectada						
Privacidad y confidencialidad:	El investigador me ha asegurado, que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial						
En caso de colección de material biológico (si aplica):	<table border="1"><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>No autoriza que se tome la muestra.</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.</td></tr><tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.</td></tr></table>	<input type="checkbox"/>	No autoriza que se tome la muestra.	<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.	<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.
<input type="checkbox"/>	No autoriza que se tome la muestra.						
<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.						
<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.						
Disponibilidad de tratamiento médico en derechohabientes (si aplica):	No aplica						
Beneficios al término del estudio	Debido a que se trata solamente de analizar datos de mi valoración entiendo que los beneficios se tendrán para un futuro, al contribuir al conocimiento científico.						
En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:							
Investigador Responsable:	Dra. María del Carmen Mora Rojas. Medicina de Rehabilitación Matrícula: 9990763 Lugar de trabajo: Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI Adscripción: Delegación 4 Sur, IMSS. Teléfono: 56 77 85 99 Ext: 28351 Celular: 55 85 81 16 48 Fax: sin fax e-mail: cmora10@gmail.com						
Colaboradores:	Dra. Viridiana Alejandra Zapata Miranda Residente de la especialidad de Medicina de Rehabilitación.Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI Matrícula: 98386661 Teléfono: 56 77 85 99 Ext: 28351 Celular: 55 14 95 83 00 Fax: sin fax e-mail: capessia@hotmail.com						
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: <a href="mailto:comision.etica@imss.gob.mx">comision.etica@imss.gob.mx</a>						

Nombre y firma del sujeto

Testigo 1

Nombre, dirección, relación y firma

María del Carmen Mora Rojas

Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

Testigo 2

Nombre, dirección, 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 RECOLECCIÓN DE DATOS

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

Número de Afiliación: \_\_\_\_\_ Teléfono \_\_\_\_\_

Sexo: Masculino ( ) Femenino ( )

Edad: \_\_\_\_\_ años cumplidos.

Ocupación:

Profesionista ( ), empleado ( ), obrero ( ), ama de casa ( ), estudiante ( ), oficinista ( ).

Grado de Escolaridad:

Ninguno ( ), primaria ( ), secundaria ( ), bachillerato ( ), licenciatura ( ).

	SI	NO
¿Ha presentado dolor lumbar en las últimas 48 hrs?		
¿Ha presentado algún episodio de dolor lumbar en los últimos 6 meses?		

Somatometria.

Peso	Kg.
Talla	mts.
IMC	Kg/m <sup>2</sup>

Bajo peso ( )

Peso normal ( )

Sobrepeso ( )

Obesidad Grado I ( )

Obesidad Grado II ( )

Obesidad Grado III ( )

Si presenta dolor durante el estudio, ¿en qué grado lo califica?

EVA: 0 a 1 = sin dolor ( )      2 a 3 = dolor ligero ( )      4 a 5 = incomodo ( )

6 a 7=estresante ( )      8 a 9 = Intenso ( )      10 = insoportable ( )

Hoja de registro de parámetros isocinéticos UMFRSXXI

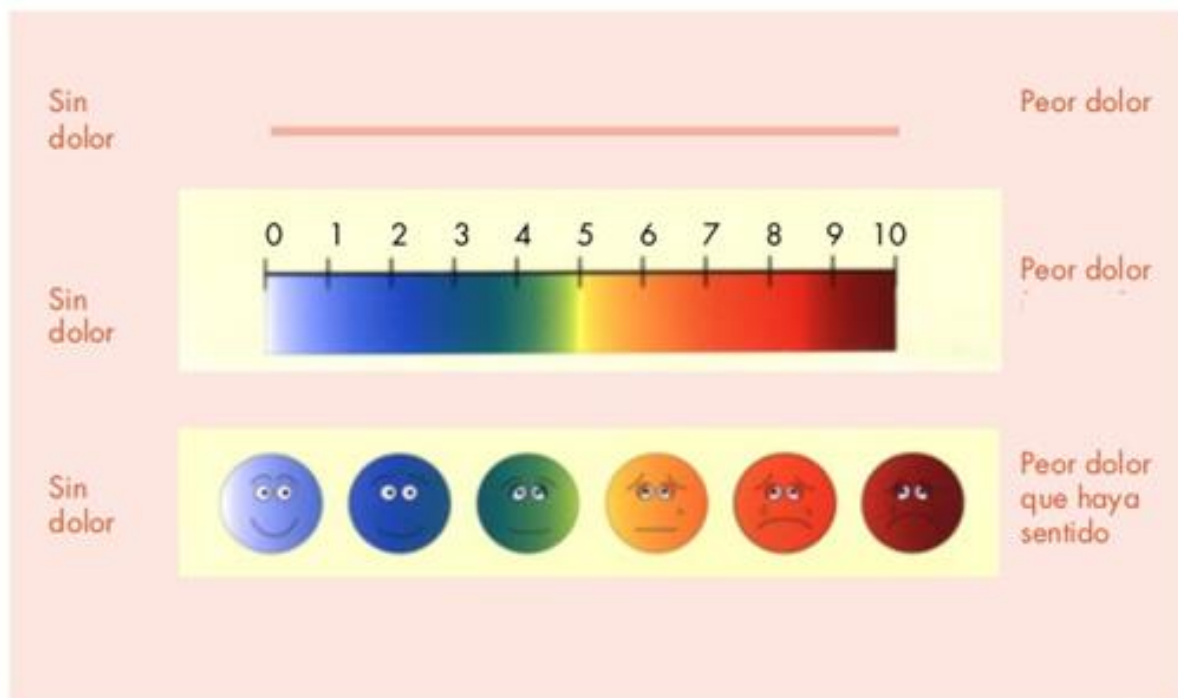
DESCRIPCION	30°	60°	90°	120°	150°
Torque extensión (Nm)					
Torque flexión(Nm)					
Potencia extensión (W)					
Potencia flexión (W)					
Trabajo extensión (J)					
Trabajo flexión (J)					
Relación % torque flexión- extensión					

Evaluador: \_\_\_\_\_

## ANEXO 1

---

### ESCALA VISUAL ANALOGA PARA EL DOLOR



Fuente: <http://www.e-analgesia.com/documents/MDA02.pdf>

## ANEXO 2

Table 3  
Flexion results (mean PT%BW)

Decade	Gender	Speed				
		30	60	90	120	150
10-19	F	101.3	100.4	98.7	96.1	94.2
	M	112.6	112.0	108.4	105.9	103.4
20-29	F	96.8	96.1	94.4	91.3	90.4
	M	107.0	106.4	103.4	101.0	98.2
30-39	F	92.9	92.2	89.7	87.6	85.9
	M	102.2	101.1	98.8	96.1	94.2
40-49	F	88.6	88.1	85.6	83.5	81.9
	M	97.5	96.4	94.2	91.7	89.9
50-59	F	84.5	84.0	81.7	79.6	78.1
	M	93.0	92.2	89.9	87.5	85.8
60-69	F	80.7	80.3	77.9	75.8	74.5
	M	88.7	88.1	85.9	83.4	81.8
70-79	F	77.2	76.8	74.6	72.3	71.3
	M	84.6	84.3	82.1	79.6	78.5

Key: Speed = °/s  
Gender: F = Female; M = Male

Fuente: K.E. Timm /Isokinetics and Exercise Science 5 (1995) 43-49



## ANEXO 3

Table 4  
Extension results (mean PT%BW)

Decade	Gender	Speed				
		30	60	90	120	150
10-19	F	121.6	119.5	119.4	115.3	113.0
	M	136.2	135.5	131.2	127.1	124.1
20-29	F	116.2	114.4	113.3	108.6	106.7
	M	127.3	126.6	122.0	118.2	115.9
30-39	F	109.6	107.9	107.6	101.6	100.5
	M	122.6	120.3	118.6	116.3	113.0
40-49	F	106.3	104.0	101.0	99.4	96.6
	M	117.7	114.7	111.2	110.0	107.9
50-59	F	101.4	100.8	97.6	93.1	91.4
	M	112.5	111.6	107.9	105.0	102.8
60-69	F	95.2	94.8	91.9	89.4	87.9
	M	108.2	105.7	103.1	100.1	98.2
70-79	F	90.3	89.7	88.8	84.6	83.6
	M	99.0	98.6	97.5	95.5	94.2

Key: Speed = °/s

Gender: F = Female; M = Male

Fuente: K.E. Timm /*Isokinetics and Exercise Science* 5 (1995) 43-49

## ANEXO 4

Table 5  
Rotation results (mean PT%BW)  
Performance ratio of left:right rotation = 1.0:1.0

Decade	Gender	Speed				
		30	60	90	120	150
10-19	F	70.9	68.3	68.1	65.3	64.9
	M	77.7	77.3	75.9	74.1	72.4
20-29	F	67.8	67.3	66.1	63.9	63.3
	M	72.8	72.6	72.4	70.7	68.7
30-39	F	63.2	63.0	62.8	61.3	60.1
	M	71.5	70.8	69.2	67.3	65.9
40-49	F	62.0	61.7	59.9	58.4	57.3
	M	67.3	67.3	65.9	64.2	62.9
50-59	F	58.3	57.8	57.2	55.7	54.7
	M	63.2	62.5	60.9	60.2	60.0
60-69	F	56.5	56.2	54.5	53.1	52.2
	M	62.1	61.7	60.1	58.4	57.3
70-79	F	52.5	51.8	50.2	50.1	49.9
	M	59.2	59.0	57.5	55.7	54.9

Key: Speed = °/s

Gender: F = Female; M = Male

Fuente: K.E. Timm /*Isokinetics and Exercise Science* 5 (1995) 43-49