I. González Secunza
J. Fernández Chinchilla
D. Zanoletty
J. Sainz de Murieta y Rodeyro
C. Ponce Pastrana
M. Rodríguez Trías

Escuela Universitaria de
Fisioterapia de la ONCE (UAM).
Madrid.

Correspondencia:
Ignacio González Secunza
Escuela Universitaria
de Fisioterapia
de la ONCE (UAM)
Nuria, 42
28034 Madrid
E-mail: jvg@once.es

Determinación de la normalidad en la evaluación isocinética de la rodilla

Determination of normality in the isokinetic evaluation of the knee

RESUMEN

La evaluación y el ejercicio isocinéticos de la musculatura flexoextensora de la rodilla es sin duda una de las prácticas más habituales en el ámbito de la Fisioterapia para la recuperación funcional del deportista. Sin embargo son todavía muchas las inquietudes por satisfacer a la hora de responder e interpretar los resultados de semejantes evaluaciones. Este trabajo pretende exponer de forma sencilla las observaciones extraídas a partir de la experiencia clínica desarrollada con individuos sanos a fin de establecer una base sólida en el constante progreso de la isocinética. La descripción cualitativa del rendimiento muscular normal basada en las curvas isocinéticas nos permitirá determinar y a menudo justificar sus alteraciones a la hora de establecer programas de prevención y de reeducación muscular.

PALABRAS CLAVE

Isocinética; Evaluación; Interpretación.

ABSTRACT

Evaluation of the flexor-extensor muscles of the knee and the use of isokinetic exercises in their treatment is undoubtedly one of the most common Phisiotherapy practices in achieving functional recovery in those who play sports. However, there are still many concerns to be dealt with when it comes to interpreting results and providing answers and solutions.
This paper attempts to set out in a clear fashion a series of observations drawn from clinical experiences carried out with healthy individuals, with the aim of establishing a solid base for the ongoing progress of isokinetics.
The qualitative description of normal muscle performance based on isokinetic curves enables us to determine and often justify these alterations when establishing programs of prevention and muscular training.

KEY WORDS

Isokinetics; Assessment; Interpretation.

I. González Secunza
J. Fernández Chinchilla
D. Zanoletty
J. Sainz de Murieta y Rodeyro
C. Ponce Pastrana
M. Rodríguez Trías

INTRODUCCIÓN

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

La literatura científica actual[1] recoge extensamente los conceptos teóricos y prácticos fundamentales para el desarrollo, o quizá iniciación, de la práctica clínica e investigación en el campo de la isocinética. En demasiadas ocasiones la sana inquietud de progresar en nuestros conocimientos conduce a plantearse cuestiones e hipótesis imposibles de resolver de forma certera sin considerar con la importancia que merecen aquellos conceptos fundamentales que afortunadamente se recuerdan en la mayoría de las publicaciones.

En este caso nos limitamos a recordar, sin entrar en detalles, conceptos que todo profesional debería manejar con suficiente nitidez, antes de proceder, si no a la utilización de la dinamometría isocinética, sí al planteamiento o resolución de complejas cuestiones de valor interpretativo y/o diagnóstico.

- El término isocinético hace referencia a un tipo específico de contracción muscular caracterizado por el desarrollo de una velocidad angular constante en todo el campo cinético de la articulación.
- La dinamometría isocinética constituye un método avanzado de evaluación de la capacidad de un grupo muscular para desarrollar momento torsional de fuerza.
- El ejercicio isocinético constituye un método de reeducación muscular complejo, capaz de desarrollar la fuerza, potencia, coordinación, propiocepción y resistencia del músculo esquelético.
- El ejercicio isocinético genera el rendimiento muscular voluntario máximo del músculo sano en todo el campo cinético de la articulación, siempre que aquél se realice en ausencia de dolor muscular o articular alguno.

La comprensión en profundidad de estos enunciados garantiza el correcto ejercicio de la isocinética y consiguiente validez de las gráficas de evaluación obtenidas. Sólo a partir de aquí podremos aventurarnos en la interpretación de los resultados.

DETERMINACIÓN DE NORMALIDAD

La determinación del comportamiento normal de la musculatura flexoextensora de la rodilla durante el ejercicio isocinético, supone un compromiso infranqueable a la hora de progresar en el campo de la investigación y la práctica terapéutica.

Sólo a partir de la normalidad podremos plantear sus alteraciones, recogerlas, estudiarlas, reproducirlas y justificarlas, bien a raíz de errores en el procedimiento de aplicación, en la ejecución del ejercicio o en el diagnóstico clínico.

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 muscular o capsuloligamentaria de la rodilla.

Se considera requisito fundamental para formar la muestra superar un examen clínico con objeto de descartar toda patología muscular, capsuloligamentaria u osteocondral de la rodilla. Los puntos de valoración más relevantes son:

- Inflamación o edema de tejidos blandos periarticulares y/o derrame articular.
- Alteraciones morfofuncionales de la articulación femoropatelar.
- Estabilidad lateral, anteroposterior y rotatoria.
- Lesión de los meniscos.
- Insuficiencias y/o desequilibrios musculares manifiestos.

Todas las personas integradas en la muestra no poseen conocimiento ni experiencia previa alguna sobre la evaluación y el ejercicio isocinético. Se realizan un total de 28 pruebas a individuos varones, aparentemente sanos, practicantes esporádicos de diversas acti-

vidades deportivas (atletismo, ciclismo, natación, etc.), con unos valores medios de edad, estatura y peso de 19 años, 1,75 m y 70 kg, respectivamente.

DESARROLLO DE LAS PRUEBAS ISOCINÉTICAS

Se emplea para la ejecución de las mismas un dinamómetro isocinético modelo Lido-Active Multijoint II. Asimismo se aplica un software adicional, el «I4», interfaz inteligente para la interpretación de la isocinética (versión de prueba), para el manejo y análisis de datos.

La selección de los parámetros del test de evaluación representa probablemente a uno de los ejercicios más practicados por todo profesional relacionado con la isocinética y por tanto creemos justificar así los mismos a la hora de determinar la normalidad. Por ello quisiera dejar claro el motivo de su selección y no por el hecho de que sean los más óptimos para la evaluación o el ejercicio isocinético de la rodilla.

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

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

- Evitar, en la medida de lo posible, realizar movimientos compensatorios con el miembro contralateral, así como a través del tronco.
- Alcanzar en algún momento la velocidad angular preestablecida.
- Completar ininterrumpidamente el número de repeticiones de la prueba.
- Completar en cada repetición el rango articular de movimiento preestablecido.
- Realizar un esfuerzo voluntario máximo durante toda la prueba.

PARÁMETROS DE MEDICIÓN

No cabe duda que la determinación del mayor número de parámetros posibles permite una descripción más detallada de la curva de momento torsional isocinética. Sin embargo, y a pesar de la neutralidad de los estudios normativos, la diversidad de factores físicos y psíquicos, en general humanos, debería limitar nuestro cometido a una descripción cualitativa y morfológica global de la curva de momento torsional.

En consecuencia, se presentan en este trabajo, y a partir de una única muestra, dos tipos de gráficas:

- Gráfica representativa del momento torsional de fuerza concéntrica del cuádriceps e isquiotibiales basada en el tiempo correspondiente a una única extensión y flexión de la rodilla.
- Gráfica similar a la precedente, escalada a un valor de momento torsional punta de 100 N · m, tanto en extensión como en flexión, de forma que el resto de los valores de momento angular específico de la curva modelo se trasladan proporcionalmente a la gráfica escalada y en relación al valor máximo de fuerza, preservando así la morfología general de la curva.

Los parámetros de medición analíticos descriptos para la gráfica inicial son:

- PT: el momento torsional punta o pico de momento torsional de fuerza, expresado en N · m (SI).
- APT: el ángulo correspondiente al pico de momento torsional de fuerza.
- t. PT: tiempo en el que se alcanza el pico de momento torsional de fuerza considerando instante cero a aquel en el que inicia el movimiento de extensión o de flexión.
- t. Rom: tiempo empleado por la extremidad para completar el rango de movimiento predeterminado.
- W: el trabajo, correspondiente al área de la curva de momento torsional, expresado en julios (SI).
- P: la potencia, expresada en julios/seg.
- t. E/F: tiempo de inervación recíproca transcurrido entre el final del movimiento de extensión y el inicio de la flexión.

Los aspectos de valoración descriptos para la gráfica escalada son:

— Regularidad de la curva de momento torsional de fuerza.
— Morfología de la fase ascendente y fase descendente de la curva de momento torsional.

DESCRIPCIÓN DE LA NORMALIDAD

A continuación se relacionan los resultados a partir de los puntos de valoración citados previamente para cada una de las gráficas, normal (tabla 1 y fig. 1) y escalada (fig. 2), analizando individualmente cada uno de los movimientos:

Movimiento de extensión

La curva de momento torsional de fuerza concéntrica del cuádriceps a partir de los 90° de flexión de la rodilla traza una parábola regular en sus vertientes ascendente y descendente, cuyo vértice sobrepasa en algunos grados el límite entre el tercio inicial y medio del rango de movimiento de extensión predeterminado.

Tabla 1. *Valores normativos medios correspondientes a la gráfica no escalada para la flexoextensión de la rodilla en sedestación*

	Extensión	*Flexión*
PT	212 N · m	131 N · m
APT	54°	26°
t. PT	0,54 sg	0,46 sg
t. Rom	1,34 sg	1,28 sg
W	203 J	142 J
P	l28 J/sg	88 J/sg
t. E/F	0,24 sg	

PT: el momento torsional punta o pico de momento torsional de fuerza, expresado en N · m (SI); APT: el ángulo correspondiente al pico de momento torsional de fuerza; t. PT: tiempo en el que se alcanza el pico de momento torsional de fuerza considerando instante cero a aquel en el que inicia el movimiento de extensión o de flexión. t. Rom: tiempo empleado por la extremidad para completar el rango de movimiento predeterminado; W: el trabajo, correspondiente al área de la curva de momento torsional, expresado en julios (SI); P: la potencia, expresada en julios/seg; t. EIF: tiempo de inervación recíproca transcurrido entre el final del movimiento de extensión y el inicio de la flexión.

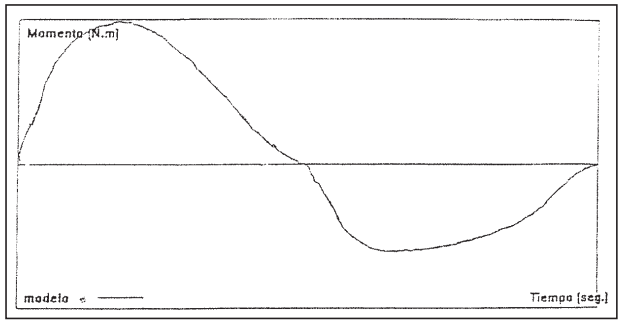

Fig. 1. *Gráfica de momento torsional de fuerza isocinética concéntrica de la musculatura flexoextensora de la rodilla.*

La rama ascendente de la curva, convexa en toda su extensión, alcanza de forma rápida y marcada pendiente la cúspide de la parábola. La rama descendente, de marcada convexidad en sus primeros 15°, se hace casi rectilínea y presenta una pendiente menos acusada, que incluso se suaviza en los últimos grados del movimiento.

Movimiento de flexión

La curva de momento torsional de fuerza concéntrica de los músculos flexores de la rodilla, a partir de la posición neutra (0º) presenta como su antagónica forma de parábola (invertida según la gráfica), cuyo vértice se aproxima notablemente, sin superarlo, al límite entre el tercio inicial y medio del rango de movimiento de flexión predeterminado.

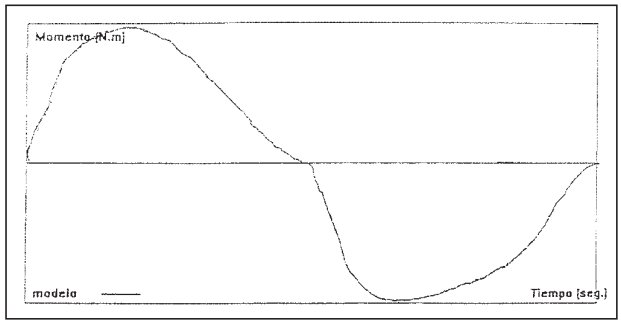

Fig. 2. *Gráfica escalada de momento torsional de rodilla isocinética concéntrica de la musculatura flexoextensora de la rodilla.*

En consecuencia, la rama ascendente de la parábola, discretamente cóncava en sus dos tercios iniciales y convexa en el tercio final, presenta una brusca pendiente.

La rama descendente, convexa en sus dos tercios iniciales, se aleja suavemente del vértice de la parábola, la pendiente es muy suave hasta la segunda mitad del recorrido donde la curva se hace más rectilínea, e incluso se invierte haciéndose cóncava en los últimos grados del movimiento.

En la tabla 1 se exponen los valores numéricos correspondientes a la gráfica modelo, a escala normal, correspondiente a los valores medios de todas las pruebas individuales realizadas.

OBSERVACIONES

A raíz del estudio de la morfología de la curva de momento torsional de fuerza isocinética concéntrica y con la suficiente experiencia en la evaluación y tratamiento isocinético de la rodilla pueden establecerse algunas observaciones, reproducibles en cualquier individuo sano, siempre y cuando se respeten los principios básicos de aplicación del método.

El músculo cuádriceps desarrolla una fuerza concéntrica máxima elevada en un tiempo breve de contracción. La forma convexa de la rama ascendente de la parábola corresponde a la potencia desarrollada por el músculo en los primeros grados del movimiento.

Sin embargo, el rendimiento máximo del mismo apenas mantiene en el tiempo el pico de momento de fuerza y paulatinamente ésta decrece en relación al solapamiento de sus fibras.

La forma rectilínea de la rama descencente revela, por tanto, las limitaciones funcionales del músculo en el tercio final del rango articular a la hora de mantener un valor elevado de momento torsional, en comparación, por ejemplo, con su gran capacidad de contracción explosiva inicial. Otro detalle que así lo confirma es la desviación a la izquierda del vértice de la parábola correspondiente al pico de momento de fuerza.

El comportamiento de los músculos isquiotibiales durante la evaluación isocinética pone de manifiesto la capacidad de contracción rápida de los mismos. Si bien desarrollan una fuerza máxima menor que la de su antagonista, en torno al 60%[1], lo hacen más rápidamente, reduciendo así las diferencias en cuanto a la potencia muscular se refiere. La discreta concavidad inicial de la curva de flexión revela las dificultades en su contracción inicial inducidas por un estado de «acortamiento relativo» o de estiramiento muscular excesivo a partir de la posición sedente. Este fenómeno de inhibición a partir del órgano tendinoso de Golgi se ve a menudo favorecido por una descompensación agonista/antagonista en individuos que han desarrollado especialmente el cuádriceps y carecen de la suficiente elasticidad muscular.

A diferencia del cuádriceps, los músculos flexores son capaces no sólo de alcanzar rápidamente su momento de fuerza máxino, sino de mantener valores elevados del mismo más allá de la mitad del rango articular del movimiento, si bien esta situación es sin duda favorecida por la posición sedente. Este hecho pone de manifiesto el papel estabilizador que desempeñan los músculos isquiotibiales cuando la rodilla se encuentra flexionada y adquiere especial protagonismo en individuos con insuficiencia del ligamento cruzado anterior.

El último tramo del recorrido en flexión dibuja una concavidad sinónimo de insuficiencia muscular evidente, más aún cuanto mayor sea la excursión articular en este sentido. Sin embargo, la limitación del recorrido a los 90º de flexión podría minimizar en algunos casos esta obsevación.

CONCLUSIONES

— El comportamiento fisiológico de la musculatura flexoextensora de la rodilla en el individuo sano, responde a unas directrices bien definidas y relativamente constantes en cuanto al desarrollo de la fuerza isocinética concéntrica, a su vez sometidas a pequeñas e innumerables variaciones cualitativas fruto de igual número de factores determinantes de la diversidad del ser humano, como la somatotopía individual, el entrenamiento muscular específico, la extensibilidad tisular o la capacidad de aprendizaje.

— El conocimiento preciso de la anatomía, la biomecánica y la fisiopatología, así como la

práctica rigurosa de la dinamometría isocinética permitirán al profesional no sólo comprender e interpretar la normalidad, sino considerar de algún modo las alteraciones fisiológicas normales o sus desviaciones patológicas.

— Como instrumento de valoración y reeducación muscular, la dinamometría isocinética no debería ser considerada de forma prematura como una herramienta para el diagnóstico clínico de la patogía muscular y de las articulaciones, sino un dispositivo de alta sensibilidad y poca especificidad en la detección de las alteraciones funcionales del aparato locomotor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Perrine DH. Isocinética. Ejercicios y evaluación Edicions Bellaterra 2000, SL; 1994.
2. Huesa Giménez. Isocinéticos. Metodología y utilización. Madrid: MAPFRE; 2000.
3. Marian Tidswell. Rehabilitación ortopédica. En: K. Jones, editor. Dinamometría isocinética. Editorial Harcourt; 2.000. Cap. 18.
4. Beas T, Gómez M, Ordóñez P. Entrenamiento excéntrico con instrumentación isocinética. Relación C/F en distinto tipo de contracción. V Congreso Nacional de Femede. Pamplona; 1993.
5. Soldati A. Test e riabilitazione isocnetica del ginocchio. I Curso de Avances en Rehabilitación: Isocinéticos. Principios y aplicaciones. Sevilla; 1993.