
J. A. Martín Urrialde. *Socio AEF n.º 1.140*

Errores más frecuentes en la realización de las pruebas isocinéticas

Fisioterapeuta. Profesor colaborador.
Departamento de Ciencias
Morfológicas. Universidad
de Alcalá de Henares.

Correspondencia:
José Antonio Martín Urrialde
Coslada, 8
28028 Madrid

RESUMEN

Las posibles fuentes de error al efectuar una prueba isocinética pueden ser asociadas al sujeto, a la persona que efectúa la prueba y al equipo propiamente dicho. Una revisión de los casos más frecuentes, junto con ejemplos, conforman la base de este trabajo.

PALABRAS CLAVE

Error; Isocinéticos; Medición.

ABSTRACT

Possible sources of error in the performance of isokinetic tests are reviewed. These errors are associated with the subject being tested, the professional responsible for the test (the PT), and the machine itself. Examples of each situation are given from the authors reviewed.

KEY WORDS

Error; Isokinetics; Measurements.

18 INTRODUCCIÓN

Las pruebas isocinéticas, o también denominadas *dinamometrías isocinéticas*, han proliferado como método de análisis funcional del rendimiento muscular entre los fisioterapeutas.

Errores de diverso tipo pueden ser cometidos durante su desarrollo, interviniendo en los mismos tanto el sujeto pasivo —*fisioterapeuta*— como el activo —*sujeto a examinar*— o el mismo *equipo de trabajo*.

En este trabajo vamos a analizar las principales fuentes de error imputables a cada uno de los protagonistas, considerando que la indudable innovación tecnológica que han supuesto estos equipos y la posibilidad de visualizar los datos obtenidos en el examen, así como su exportación en forma de *informe*, han supuesto para el colectivo de fisioterapeutas implicados en el uso cotidiano de los mismos un esfuerzo de adecuación terminológica y técnica.

Efectivamente, los equipos isocinéticos, como toda la metodología, tiene su *argot* con términos que no son usados en la práctica diaria (torque, potencia, TIR, explosividad, etc.). La combinación de un equipo mecánico (*hardware*) y un equipo informatizado (*software*) implican un necesario conocimiento del manejo del mismo. La exportación de los datos en forma de *informe* abre un nuevo campo de actuación profesional, relacionado con la práctica pericial que otorga al fisioterapeuta un relevante protagonismo.

FUENTES DE ERROR EN EL EXAMEN ISOCINÉTICO

Los tres niveles de análisis como fuentes de error los situamos en:

- El profesional.
- El sujeto de examen.
- El equipo utilizado.

El profesional

Dando por supuesto que el profesional ha sido correctamente instruido por cada fabricante sobre el uso

de trabajo, el profesional debe establecer un protocolo de actuación que contemple aspectos como calentamiento, posicionamiento del sujeto, explicación de la mecánica y desarrollo del test, interpretación de los resultados.

Calentamiento

La realización de una prueba isocinética solicitando una contracción máxima de un grupo muscular debe ir precedida de una activación específica (calentamiento) del músculo o músculos protagonistas. El uso de ejercicios globales (bicicleta, carrera, etc.) debe completarse con técnicas específicas, sobre todo *estimulamientos activos* que aumenten la temperatura interna del músculo y su extensibilidad.

Posicionamiento del sujeto

La correcta posición del sujeto sobre el banco de trabajo es recomendada por los diversos fabricantes en sus manuales, y tiene por objeto alinear correctamente el eje articular con el eje de giro del dinamómetro, y de otra parte, evitar al máximo «sustituciones» musculares.

Sin embargo, sabemos que muchas articulaciones examinadas son biaxiales, o incluso poliaxiales, con lo cual la alineación debe efectuarse respetando al máximo la mecánica articular y logrando una posición de máxima activación muscular, pero también de máximo recorrido articular, en terminología isocinética ROM (*range of motion*).

La determinación del ROM aparece como uno de los factores que más pueden alterar el resultado de una prueba, de forma que ofrece frecuentes confusiones, ya que el mismo no coincide con el recorrido biológico de la articulación.

Por ello parece apropiado la terminología acuñada por Narici et al de IROM (*isokinetic range of motion*) o *arco de recorrido isocinético*, el cual abarca el recorrido articular exento de efectos acelerativos o desacelerativos, con lo cual cuanto mayor es la velocidad de trabajo más pequeño es este IROM.

Explicación de la mecánica de la prueba

El examinador debe dar a conocer al sujeto la forma en la cual la prueba se desarrollará, la forma de contracción, la posición y la duración del esfuerzo, al tiempo que motivarle para que la contracción solicitada sea máxima a lo largo de la prueba.

Las sensaciones percibidas en un segmento corporal sometido a un trabajo isocinético difieren de las habituales de un trabajo dinámico concéntrico; por ejemplo, será aconsejable permitir al sujeto, como forma de calentamiento específica, la realización de alguna serie de contracciones submáximas a diversas velocidades de trabajo.

Interpretación de los resultados

Los equipos isocinéticos ofrecen la posibilidad de, a través de los datos numéricos y gráficos obtenidos, avanzar predicciones funcionales, las cuales muchas veces o bien son farragosas para un profesional no introducido o bien no responden a las expectativas del prescriptor.

En 1990, Sapega realizó un trabajo que contiene las bases de una correcta interpretación y del cual debemos resaltar algunos aspectos:

1. El examen bilateral de un músculo (lado sano/enfermo) obliga a considerar al «sano» como referencia de comparación.
2. El valor de momento máximo (*peak moment*) es el dato de comparación más usado y la diferencia obtenida entre los dos lados puede ser:
 - Hasta un 10%: normal.
 - De un 10 a un 20%: anormal.
3. En sujetos atléticos, con empleo asimétrico de una extremidad, el umbral de diferencia de un músculo examinado puede llegar al 20%.
4. En exámenes del tronco debemos considerar también sexo, edad y peso del sujeto como otros parámetros de comparación.

El otro aspecto relacionado con la interpretación de una prueba isocinética es la forma de las curvas obtenidas. Es bien sabido que la curva isocinética «ti-

po» sería una U invertida, con diversas zonas de análisis, según demostré en anterior trabajo (Martín, 1992).

Pero un hecho es indudable: cada grupo muscular exhibe una «patrón» de curva propio y las curvas raramente son reproducibles de una sesión a otra. Por ello el examen y su posterior interpretación debe ser específico para cada sesión de trabajo.

El sujeto de examen

Dentro de una prueba isocinética el sujeto a examinar constituye la variable de mayor interés para el clínico, pues es la fuente de datos a interpretar y valorar.

En el apartado anterior se ha hecho hincapié en la necesidad de familiarizarle con el equipo de trabajo, instruirle sobre la posición correcta y sobre todo prepararle para el esfuerzo a desarrollar mediante un adecuado calentamiento muscular.

Como sujeto activo de la prueba hay tres factores que pueden interferir en el resultado.

Dolor

La presencia de dolor mecánico es una contraindicación relativa de una prueba isocinética cuando el mismo es moderado (Timm, 1990).

El dolor puede inhibir la función muscular y ofrecer irregularidades en las curvas obtenidas que hacen difícilmente reproducible el test (Martín, 1992). La única posibilidad de valorar el efecto del dolor sobre el enfermo es analizar el ángulo del momento máximo, el punto de inflexión de la curva y el ángulo de desaparición de esta inflexión o *break* (Olds, 1990). La intensidad del dolor va también unida de forma directamente proporcional a la velocidad de trabajo isocinético, siendo más evidente a velocidades bajas, en las cuales el esfuerzo de aceleración del equipo es muy intenso.

Fatiga

Es un factor «predecible» a través de la anamnesis previa a la prueba y no debemos confundirlo con el período de calentamiento previo. La fatiga muscular

- 20 puede hacer disminuir los valores de trabajo y potencia y su aparición será determinada por el decremento del momento máximo en un 50% con relación al máximo obtenido, considerando el tiempo empleado que es denominado *time to 50% P. T.* (Motzkin et al, 1991).

Motivación

La motivación es una prueba isocinética puede ser verbal —a través de las órdenes y estímulos del fisioterapeuta— o visual —a través de la visualización gráfica del esfuerzo.

Todos los autores coinciden en la importancia del primero en cuanto representa una participación de mecanismos psicológicos. En cambio, la visualización de las curvas en sujetos experimentados puede llevar a la limitación voluntaria del esfuerzo, difícilmente detectable por el profesional.

El equipo de examen

Existen en el mercado diversos equipos isocinéticos con distintos niveles de automatización, informatización, etc. El requisito imprescindible que cualquier equipo debería reunir para fines de examen es la exportación de datos gráficos y numéricos. Sin embargo, hay otros factores que deben estar presentes en las características del mismo y que conforman otra importante fuente de errores.

Veamos algunos de los más relevantes, como son el efecto de la gravedad, la calibración del equipo, la reproductibilidad de las pruebas y la validación de los datos obtenidos.

Efecto de la gravedad

Winter et al (1981) demostraron en un extenso trabajo el efecto distorsionador de la gravedad sobre los datos obtenidos en un examen isocinético, aportando el concepto del GET (*gravitational effect torque*), que fue introducido por la mayoría de los fabricantes.

Es sabido que el momento mecánico de una contracción muscular dinámica, sea cual sea su caracterís-

tica cinética, es debido a tres factores: el peso del segmento, la carga contra la que se actúa y la aceleración.

Es este último componente el que es ignorado por los equipos isocinéticos al basar su funcionamiento en el mantenimiento constante de una velocidad, utilizando como dato estándar el «peso» del segmento, cuyo valor es variable en función de su posición especial por el efecto gravitacional.

Este efecto *debe* ser tenido en cuenta por el equipo e introducido como una variable de trabajo a la hora de obtener los datos de una prueba, variable que podrá ser manipulada de forma automática por el equipo (brazo de palanca) o por el profesional (actuación informática).

Calibración del equipo

Los equipos isocinéticos poseen una serie de componentes mecánicos y electrónicos que pueden interferir en el resultado final, a no ser que se tenga la fiabilidad de su correcta funcionalidad a través de pruebas como la *calibración*.

Esta *calibración* hace referencia a los procedimientos por los cuales el equipo mide determinadas cantidades y las compara con un estándar, corrigiendo las desviaciones observadas de forma automática o mecánica.

Si esta calibración no es llevada a cabo, la reproducción de las pruebas y su validez queda anulada, de ahí que todos los fabricantes recomienden llevar a cabo la misma una vez a la semana, como mínimo, e incluso previo a cada prueba.

La calibración debe ser al menos referida a dos constantes:

- Momento ejercido en el dinamómetro.
- Posición angular del goniómetro.

Bemben et al (1988) detallaron procedimientos extensos de calibración basados en la aplicación de cargas preestablecidas al dinamómetro y de posicionamientos angulares concretos para verificar la medición. Actualmente algunos fabricantes ofrecen la calibración automática como una opción, la cual debe ser desestimada al no poder conocer el profesional qué parámetros son evaluados.

Será preferible la opción de calibración externa llevada a cabo por el propio profesional tantas veces como crea necesario, aceptando como buena variaciones menores del 3% con respecto a los testigos de carga y posición usados.

Reproducibilidad de las pruebas

Podríamos definir el concepto *reproducibilidad* como la consistencia en las mediciones obtenidas bajo las mismas condiciones, dando, por tanto, el mismo valor en cada test. Varios factores, algunos de ellos ya considerados, pueden afectar a este concepto:

- Falta de calibración.
- Pobre motivación del sujeto.
- Deficiente estabilización del sujeto sobre el banco de pruebas.
- Diferencia en los tiempos de pausa entre cada contracción.
- Diferente profesional encargado del examen.
- Activación de la función *smoothing* presente en diversos equipos, lo cual implica una manipulación de las curvas obtenidas, «alisando» las mismas para eliminar posibles artefactos. Este concepto de reproducibilidad es referido a la repetición de exámenes con el mismo equipo, o lo que los autores sajones han denominado *intramodel reproducibility* (Byl, 1991).

Este mismo concepto, referido a la medición con diversos equipos (*intermodel rep.*) ha sido objeto de prolivos estudios que coinciden en demostrar la ineficacia en comparar pruebas realizadas con distintos equipos sobre un mismo sujeto (Walmsley, 1995). En efecto, este autor realizó una medición del par torque de los rotadores internos de hombro sobre sujetos posicionados idénticamente, con un ROM similar, con tres equipos distintos: Lido[®], KinCom[®] y Cybex[®], hallando valores diferentes, si bien el índice de correlación varió del 0,68 al 0,88.

Si la divergencia de resultados puede ser explicado por las diferentes tecnologías que cada equipo incorpora, la aceptable correlación estadística podríamos explicarla por la coincidencia de al menos dos resultados sobre tres pruebas elegidas.

Los estudios más importantes efectuados sobre este concepto son los siguientes: 21

- Francis y Hoobler, 1991: Cybex II y Lido 2.0.
- Reitz et al, 1988: Cybex II y Kin-Com.
- Thompson et al, 1989: Cybex 340 y Biodex[®] 2000.
- Timm et al, 1990: Cybex 340 y Merac[®].

Validación de las pruebas obtenidas

La «validación» de las pruebas isocinéticas hace referencia a las condiciones objetivas y subjetivas que, de cumplirse, otorgan a los resultados obtenidos plena validez clínica, diagnóstica, etc., constituyendo el principal requisito de todo examen isocinético. Haciendo una sinopsis de estos requisitos podríamos establecer un axioma: «¿El equipo isocinético usado mide lo que queremos medir?» Este axioma, a su vez, podemos descomponerlo en algunas premisas:

- ¿Los parámetros medidos son idóneos para examinar el rendimiento muscular?
- ¿El test isocinético mide realmente la fuerza del músculo?
- ¿Los resultados varían conforme a parámetros físicos: sexo, edad, etc.?
- ¿Podemos, en base a los resultados, predecir aspectos funcionales?
- ¿Los resultados guardan relación con situaciones reales: andar, etc.?

Sabemos que parámetros como *momento máximo, trabajo y potencia* son los más frecuentemente referidos en las pruebas y que existe una estrecha interrelación entre ellos, por ejemplo, considerando la velocidad de trabajo: a mayor velocidad, el momento decrece, en tanto que la potencia aumenta.

La medición de la «fuerza» muscular se revela como la esencia de cualquier prueba isocinética, pero este concepto no es medido por el equipo, sino que el mismo refiere valores inferidos (momento, potencia, etc.) a partir de la relación velocidad angular-momento.

Esta relación es afectada por factores tan diversos como sexo, edad, peso corporal y actividad física de base. De todos ellos estudiados por diversos autores

22 (Backan y Oberg, Borges) es interesante reseñar el factor de peso corporal.

Sabemos que la masa muscular es directamente proporcional al peso del sujeto, de forma que los sujetos más pesados ofrecen momentos isocinéticos mayores en una relación no lineal. Por ello, parece aconsejable utilizar el parámetro Nm/kg (*newton metro por kg de peso*) como expresión de esta relación, denominada en diversos equipos *torque/body-weight*). No debemos olvidar, por último, el dolor como factor de alteración de los resultados de una prueba, y es necesario hacer mención al trabajo de Nordgren et al, los cuales inyectando un anestésico en rodillas afectas de síndromes patelofemorales consiguieron normalizar las curvas obtenidas, eliminando la depresión típica del paso por el arco doloroso.

El último punto de análisis sería el valor predictivo referido a dos aspectos:

1. Comparación miembro sano/miembro lesionado.
2. Comparación de avances funcionales.

El primer aspecto, por ahora difícil de argumentar, ya que las variaciones que se pueden dar en parámetros de difícil control, como motivación, etc., hace que los diversos estudios efectuados no muestren

unos resultados consistentes. El principal y más extenso trabajo realizado por Grace (1984) muestra una gran disparidad de datos al comparar resultados entre el miembro lesionado y el sano en una muestra de 138 atletas que oscilaban desde diferencias despreciables (10% en valor de momento máximo del cuádriceps a una velocidad de 180°) hasta déficit del 54% en el mismo músculo.

Sin embargo, el valor predictivo ante un proceso de reeducación funcional de pruebas isocinéticas seriadas es indudable, sobre todo cuando se analizan parámetros idénticos y elegidos bien para resaltar la explosividad de una respuesta muscular o bien para analizar el rendimiento de un músculo ante un trabajo continuo.

Pero esta facilidad de predecir la evolución del enfermo debe ser considerada bajo el punto de vista de que el movimiento humano es *anisocinético* y que, por tanto, las pruebas que efectuamos son *no funcionales*. Esto que podría poner en entredicho los numerosos estudios efectuados no hace sino enfatizar la necesidad de que el fisioterapeuta considere las pruebas isocinéticas como un medio más de valoración funcional, que precisa de valorar factores anexos como la flexibilidad y la coordinación.

BIBLIOGRAFÍA

- Backman E, Oberg B. Isokinetic torque in the dorsiflexors of the ankle children. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1989;21:97-103.
- Bemben M, Grump K, Massey B. Assessment of technical accuracy of the Cybex II isokinetic dynamometer and analog recording system. *Journal of Orthopaedic and Sport Ph Therapy* 1989;10:12-7.
- Borges O. Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1989;21:45-53.
- Byl N, Wells L, Grady D, Friedlander A, Sadowski S. Consistency of repeated isokinetic testing: effect of different examiners, sites and protocol. *Isokinetic and Exercise Science* 1991;1:122-30.
- Francis K, Hooper T. Comparison of peak torque values of the knee flexor and extensor muscle groups using the Cybex II and Lido 2.0 isokinetic dynamometers. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 1987;8:48-4.
- Grace TG, Sweetser E, Nelson M, Yden L, Skipper B. Isokinetic muscle imbalance and knee joint surgery. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1994; 66A:734-40.
- Kramer J, Hill K, Jones C, Sandrin M, Vyse M. Effect of dynamometer application arm length on concentric and eccentric torques during isokinetic knee extension. *Physiotherapy Canada* 1989;41:100-6.
- Martín J. Interpretación de las curvas isocinéticas. *Fisioterapia* 1992; 14:13-23.
- Motzkin N, Calahan T, Morrey B, Chao Y. Isometric and isokinetic endurance testing of the forearm complex. *American Journal of Sports Medicine* 1992;19:107-11.
- Narici M, Sartori M, Mastore P, Mognoni P. The effect of range of motion and isometric preactivation on isokinetic torques. *European Journal of Applied Physiology* 1991;62:216-20.
- Nordgren B, Nordesjo O, Rauschring W. Isokinetic knee extension strength and pain before and after advancement osteotomy of the tibial tuberosity. *Archives of Orthop and Traum Surgery* 1993;102: 95-100.

Olds K. Computer assisted isokinetic dynamometry: a calibration study. IV Conferencia Anual de Ingeniería Médica. Biodex Medical System. Washington DC; 1991.

Reitz C, Rowinski M, Davies G. Comparison of Cybex II and Kin-Com reliability of the measures of peak torque, work and power at three speeds. *Physical Therapy* 1988;68:782-90.

Sapega A. Muscle performance evaluation in orthopaedic practice. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1990;72:1562-74.

Thompson M, Shingleton G, Kegerreis S. Comparison of values generated in testing of the knee using the Cybex II and Biodex B

2000. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical and Sports Physical Therapy* 1989;10:108-12.

Timm K. Reliability of the Cybex 340 and Merac isokinetic measures of peak torque, work and average power at five test speeds. *Physical Therapy* 1990;69:389.

Walmsey R, Szybo C. A comparison study of the torque generated by the shoulder internal and external rotator muscle in different positions and at varying speeds. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991; 6:217.

Winter D, Wells S, Orr P. Errors in the use of isokinetic dynamometers. *European Journal of Applied Physiology* 1981;46:397-408.