



- ◆ Trabajo realizado por la Biblioteca Digital de la Universidad CEU-San Pablo
- ◆ Me comprometo a utilizar esta copia privada sin finalidad lucrativa, para fines de investigación y docencia, de acuerdo con el art. 37 de la M.T.R.L.P.I. (Modificación del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual del 7 julio del 2006)

## Los isocinéticos y sus conceptos principales

*Por J A Martín Urrialde*

Los isocinéticos, la isocinesia o isocinesis han sido siempre mal comprendidos por los fisioterapeutas debido a la escasa información existente y a la circulación de la misma en canales muy reducidos.

Explicar qué es un ejercicio isocinético puede ser difícil... o fácil si recurrimos a la comparación con un modo de trabajo muscular muy conocido para nosotros: el isotónico.

El modo de trabajo isotónico implica una resistencia fija, pero una velocidad de ejecución variable, dependiendo del grado de tensión muscular, motivación del sujeto, etc. El ejemplo más conocido de este trabajo es el famoso «banco de Colson y derivados».

El modo de trabajo isocinético implica una velocidad fija y adaptada a la tensión muscular desarrollada por el sujeto. El concepto de resistencia desaparece y el único valor de trabajo que utilizamos es la velocidad de trabajo, la cual, para mantenerse constante a lo largo de todo el recorrido impuesto a la articulación, debe implicar una tensión muscular máxima a lo largo de todo el recorrido de trabajo o, en términos isocinéticos, «rango de movilidad» (ROM).

Como el movimiento articular se efectúa alrededor de un centro de giro y por medio de un eje monoaxial se considera al mismo un movimiento angular, siendo medido en la magnitud apropiada, como es grado/segundo.

Por tanto, si en el trabajo isotónico el fisioterapeuta debía determinar la carga de trabajo por medio de resistencias directas o indirectas (poleas, halterios, etc.), en el trabajo isocinético tan sólo tendremos que determinar la velocidad a la que queremos que el dinamómetro, o equipo mecánico que provoca la acomodación isocinética, debe trabajar, debiendo el sujeto por medio de su tensión muscular mantenerla a lo largo del recorrido impuesto. Esta velocidad puede oscilar desde los 0°/sec (isométrico) a los 450°/sec (velocidad isoacelerativa o funcional), y la misma se mantendrá a costa de la tensión generada por el músculo: a mayor tensión, mayor resistencia y viceversa.

Esta facilidad de acomodar la resistencia a la tensión de forma constante puede ser alterada por tres factores muy concretos:

- Brazo de palanca mecánico considerado.
- Fatiga muscular.
- Dolor articular.

Si en el trabajo isotónico la resistencia máxima es ofrecida al músculo en los extremos del ROM, que son a su vez, y por obvios motivos mecánicos, los más débiles en cuanto a tensión muscular desarrollada (Fig. 1), en el trabajo isocinético esta carga es máxima a lo largo de todo el ROM, determinando una expresión gráfica denominada «curva isocinética», cuyo estudio ha sido objeto de anterior trabajos (Martín J, 1992) (Fig. 2).

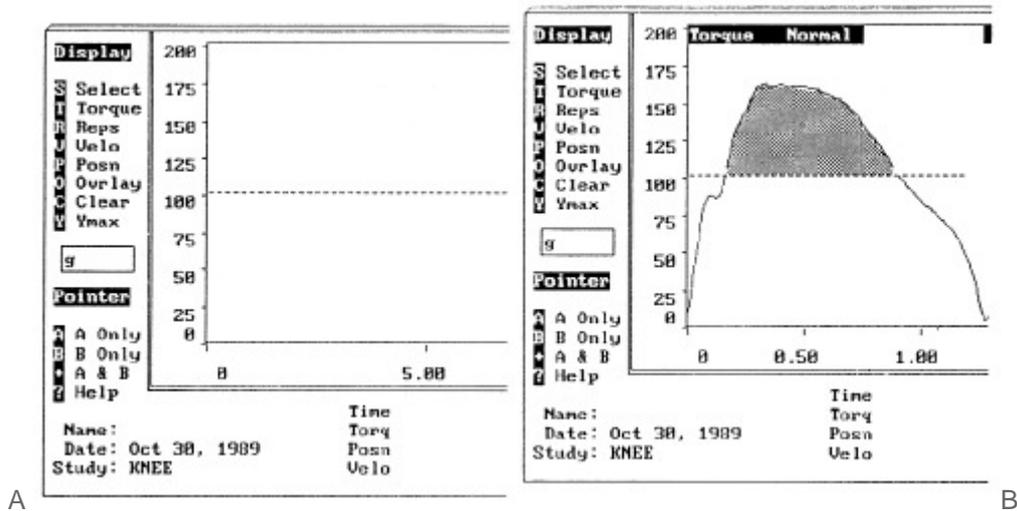


Figura 1. Izquierda: expresión gráfica de un trabajo muscular isotónico. El trabajo es lineal, con un máximo y un mínimo situado en los extremos del recorrido articular. Derecha: expresión gráfica de un trabajo muscular isocinético. El trabajo es mantenido a lo largo de todo el recorrido articular elegido. La zona sombreada representa la diferencia en términos de «tensión» entre un trabajo isotónico y uno isocinético.

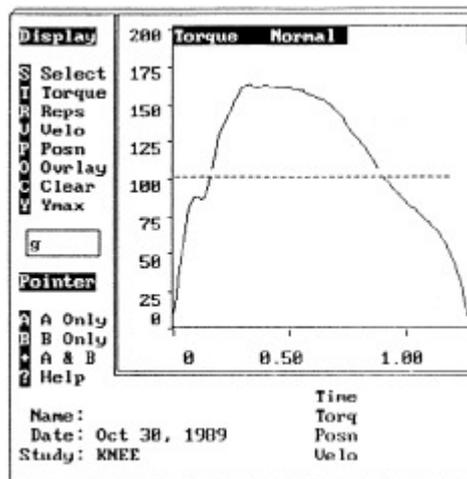


Figura 2. Curva isocinética. El eje XX indica el tiempo empleado en la contracción medido en msec y el eje YY indica el momento máximo medido en N-m. La forma acampanada es habitual y desde el instante 0 a los 1,50 msec expresa el recorrido articular examinado.

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).

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.

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.

### Equipamiento

Los equipos isotónicos pueden ser divididos en dos grupos:

1. De resistencia fija: halterios, pesos, etc.
2. De resistencia variable: bancos con compás de acoplamiento, tipo cam, 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.

## ISOCINÉTICOS

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.

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 minizadas 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.

#### TERMINOLOGÍA ISOCINÉTICA

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.

Coefficiente 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.

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

Momento máximo (peak 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.

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.

Rango anatómico. Recorrido articular medio en grados goniométricos de la articulación testada. El equivalente sajón es ROM.

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.

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

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.

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.

## 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 que aquí reseño.

### 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, ROM, etc. (Fig. 3).



Figura 3. Dinamómetro isocinético.

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.

### 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 (MS DOS, Windows) (Fig. 4).



Figura 4. Estación de datos clínicos de un equipo isocinético. Bajo el monitor, el controlador del dinamómetro.

#### 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 (Fig. 5).



Figura 5. Dinamómetro isocinético. El eje del equipo y del movimiento del sujeto deben ser coincidentes para la evaluación correcta.

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.

#### APLICACIONES DE LOS ISOCINÉTICOS

Desde la introducción de los isocinéticos dentro de los campos de la medicina deportiva y laboral dos principales aplicaciones pueden ser determinadas.

## Medición del rendimiento muscular

La posibilidad de conocer datos sobre el trabajo desarrollado, la potencia, el torque, el TIR, etc., abre unas posibilidades insospechadas para conocer el rendimiento funcional de un sujeto, determinar su nivel de competencia laboral e incluso peritar incapacidades y lesiones laborales.

## Mejora de los protocolos de reeducación funcional

El modo de trabajo isocinético es compatible con fenómenos dolorosos articulares, pudiendo ser usado para obviar los inconvenientes de otros métodos tradicionales. Si los equipos incorporan modos de trabajo excéntrico podrán ser usados en fases finales de los planes de reforzamiento muscular para mejorar sus resultados. Del mismo modo, algunos equipos incorporan mecanismos pasivos de movilización, de utilidad en épocas tempranas de tratamientos postquirúrgicos.

El gran debate surgido en los últimos años es la fiabilidad de las mediciones, normalmente monoaxiales y por tanto uniplanares, cuando la biomecánica humana nos indica que excepcionales casos en el análisis del movimiento humano cumplen las características antes reseñadas, pues la mayoría son desplazamientos poliaxiales y en varios planos del espacio simultáneamente. El desarrollo técnico no ha podido obviar esta objeción, la cual debe ser tomada en consideración por el profesional a la hora de hacer uso de estos equipos.

Parece indiscutible, por otra parte, las ventajas que el reforzamiento muscular isocinético tiene sobre los demás con un masivo reclutamiento de unidades motoras en cada contracción y a lo largo de todo el recorrido articular y sin por ello desencadenar fenómenos de sobrecarga articular (fuerzas tangenciales, grippig condral, etc.).

Por tanto, el fisioterapeuta debe considerar estos equipos y los datos obtenidos de su uso como una herramienta más en su trabajo, jamás diagnosticada, pero que puede ayudarle a desarrollar un trabajo más eficaz, más documentado y, sobre todo, reproducible, lo cual le conferirá validez clínica y estadística.

---

## BIBLIOGRAFÍA

Martín Urrialde J. Interpretación de curvas isocinéticas. Rev Fisioterapia 1991;14(1):13-2.