

# Isocinéticos en Fisioterapia

J. A. Polo Traverso. *Fisioterapeuta. Hospital PREMAP. Sevilla*

L. Asensi Gimeno. *Fisioterapeuta. Hospital PREMAP. Sevilla*

J. A. Indiano Amado. *Fisioterapeuta. Hospital PREMAP. Sevilla*

## RESUMEN

La introducción y difusión del dinamómetro isocinético han sido posibles por la estandarización de medidas dinamométricas en condiciones dinámicas. La proliferación de las pruebas y tratamientos isocinéticos se han hecho comunes hoy día, al menos en lo referente a deportistas, pero también trabajadores de toda índole van paulatinamente siendo estudiados bajo estas directrices. En general, con este método se viene indagando la fuerza de grupos musculares coincidentes en un determinado gesto, ya sea atlético o no.

El uso del dinamómetro permite unas valoraciones altamente reproducibles, y por otra parte, ofrece una seguridad funcional, fundamentalmente cuando analizamos pacientes y no atletas. El fundamento del sistema se basa en la velocidad constante del trabajo muscular, realizado contra resistencia variable y acomodada por parte del paciente. De esta forma, la tensión muscular desarrollada puede ser mantenida en sus valores altos durante todo el test. Tal actividad muscular y, por tanto, el comportamiento biomecánico del músculo estudiado, se distancia completamente de aquel que se aborda utilizando máquinas que tienen que vencer la fuerza de la gravedad.

*Palabras clave:* Dinamómetro isocinético, trabajo muscular, tensión muscular, fuerza, resistencia, velocidad angular.

## ABSTRACT

The introduction and diffusion of isokinetic dynamometer has been possible because of standard dynamometric measures in dynamic conditions. Proliferation of tests and isokinetic treatments are common nowadays at least in sports, but a huge varied kind of workers are progressive been studied under these conditions. In general lines, this method is directed to research strength in coincident muscular groups during a specific movement, even if it's athletic or not.

The use of dynamometer permits high reproducible valorations, offering functional safety, mostly when common patients and not athletes are analyzed. The basis of this system stands on constant speed of muscular work done, against adjusted and variable resistance done by the patient. Because of this muscular strain developed can be standed in to highest worths during all test. This muscular activity and the biomechanic behaviour of researched muscles are totally different from the ones studied by the use of systems working against gravity force.

*Key words:* Isokinetic dynamometer, muscular work, muscular strain, strength, endurance, angular speed.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la recopilación y valoración de datos presentó el principal escollo para la validación y posterior análisis de aque-

llos obtenidos acerca de la contracción, la fuerza y la resistencia muscular. La preocupación constante por el sistema muscular provocó que científicos como Hill (1938) formularan un concepto que relacionaba velocidad

de contracción muscular y fuerza producida en ellos. La que hoy conocemos como curva de Hill demuestra que a mayor velocidad de contracción muscular, menor es la fuerza desarrollada.

El estudio sobre la adaptación de la resistencia al trabajo muscular se afianza con los trabajos de Thistle en 1968, con la publicación del primer trabajo sobre la posibilidad de realizar un tipo de esfuerzo muscular relacionando resistencias adaptadas óptimas y velocidad prefijada. Nace con ello la idea de isocinesia, desarrollada un año más tarde por Hislop y Perrine, quienes introdujeron un concepto de contracción muscular máxima ejecutada a velocidad constante en toda la amplitud del movimiento articular.

## LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

La contracción muscular es la consecuencia de la transformación de una energía química en una energía mecánica. Esta transformación ocurre en los filamentos de actinomiocinas gracias a la hidrólisis del ATP en ADP y P con desprendimiento de energía. Liberada en el músculo, se descompone en un 25 % de energía mecánica y un 75 % de calor. Al ser exclusivamente las moléculas de ATP las que proporcionan energía al músculo, tiene que existir un mecanismo de resíntesis rápida de esta molécula, que se efectúa gracias a reacciones químicas de dos tipos: aeróbicas y anaeróbicas.

## LA FIBRA MUSCULAR

La unidad funcional de base consiste en la unidad motora, que se compone de una célula del cuerpo anterior de la médula espinal, de su fibra eferente y de las fibras musculares

que inerva. La estimulación nerviosa determina la fuerza y la duración de las contracciones en función del tipo de unidad motora. Las fibras musculares han sido clasificadas de distinta manera a través de los tiempos, siendo la más clásica la realizada por Brooke y Kaiser, que distinguen cuatro tipos de fibras musculares:

*Tipo I:* Poseen una rica vascularización capilar, siendo numerosas las mitocondrias; su concentración en enzimas oxidativas es abundante. El número de estas fibras en músculos adaptados a contracciones lentas es elevado, siendo típico de contracciones repetidas de poca intensidad y larga duración.

*Tipo II a:* Son intermediarios entre los dos anteriores, contienen enzimas oxidativas y glucolíticas, permitiendo contracciones rápidas, de menor intensidad que las de tipo II b, pero de mayor duración.

*Tipo II b:* Su vascularización y contenido en mioglobina y mitocondrias son reducidos. Contiene muchas enzimas glucolíticas y se encuentra en número elevado en los músculos de contracción rápida, intensa pero de corta duración.

*Tipo II c:* Son consideradas como una forma de transición. Sus mitocondrias tienen unas características intermedias entre las del tipo I y las II a. Poseen cadenas de miosina del tipo rápido y del tipo lento. Normalmente, su proporción es baja pero aumenta con un programa de reentrenamiento.

La proporción de estas fibras varía para una misma persona de unos músculos a otros, y para un mismo músculo de una persona a otra. Factores de tipo genético y de reentrenamiento intervienen en la variación de la proporción de las distintas fibras musculares (fig. 1).

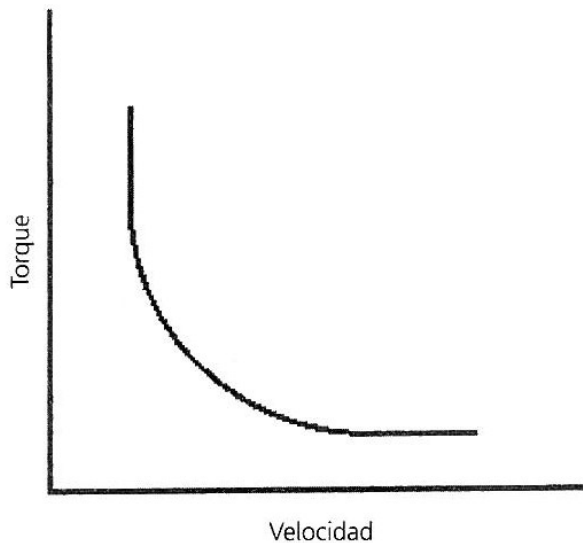


Fig. 1. Curva torque-velocidad de contracción. La fuerza resultante de la contracción muscular disminuye proporcionalmente a medida que aumenta su velocidad.

## FUERZA Y RESISTENCIA MUSCULAR

Podemos definir como fuerza la capacidad para vencer una carga exterior o bien de resistirla a través del esfuerzo muscular. La resistencia muscular la consideraremos como el tiempo máximo durante el cual puede ser mantenida una actividad muscular cuya intensidad representa un porcentaje determinado de la potencia máxima aeróbica. La creación de una tensión muscular máxima conduce a la puesta en acción del mayor número posible de unidades motoras, estableciéndose un ritmo sincronizado en la actividad de estas unidades. El trabajo muscular destinado al aumento de la fuerza en un músculo o grupo muscular deberá, por tanto, ir encaminado a trabajar en todo momento con tensiones musculares máximas; sin embargo, cuando queramos elevar la resistencia muscular deberemos trabajar con tensiones musculares submáximas.

Tres son las formas de las que disponemos para crear tensiones musculares máximas:

- Elevación de una carga máxima.
- Elevación de una carga no máxima hasta la fatiga.
- Elevación de una carga no máxima a velocidad máxima, que no es otra cosa que un trabajo isocinético.

## ISOMÉTRICOS, ISOTÓNICOS E ISOCINÉTICOS

El trabajo isométrico o estático se realiza sin movimiento articular, expresándose en kg/s, y puede ser realizado tanto en forma continua como intermitente. Es comúnmente utilizado por el fisioterapeuta en los instantes iniciales de la recuperación muscular de un paciente, puesto que no producen irritación de las articulaciones que de otra manera serían expuestas a lesión. Actúan retrasando la aparición de atrofia muscular, disminuyen el edema existente al exigir al músculo que actúe como bomba de retorno venoso, y además mantienen el trofismo neural a través de contracciones que estimulan el sistema mecánico-receptor de la cápsula articular y los ligamentos próximos (fig. 2).

El trabajo isotónico o dinámico es aquel que se realiza con movimiento articular, expresándose en kg/s. Pueden ser básicamente de dos tipos: concéntrico, en el cual los puntos de inserción muscular se aproximan gracias a la contracción muscular, siendo la fuerza muscular desarrollada superior a la carga que vencen; o bien excéntrico, en el que los puntos de inserción se separan y la fuerza muscular desarrollada es inferior a la carga a vencer, requiriendo un alargamiento del músculo. Estas contracciones excéntricas pueden generar más fuerza muscular que las concéntricas. A pesar de las ventajas existentes, la frecuente aparición de dolores musculares residuales tras el ejercicio hacen poco

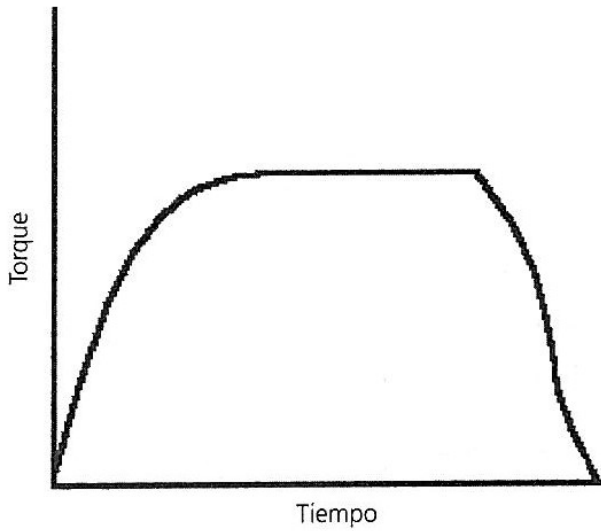


Fig. 2. Relación torque-tiempo durante el ejercicio isométrico.

común su uso; su aparición se debe a los cambios bioquímicos en el músculo cuando el estiramiento de las fibras alcanza su cota máxima, y con seguridad a los microtraumatismos del tejido conectivo interpuesto entre las fibras musculares, que producen un incremento de la hidroxiprolina que puede provocar un estímulo nocivo.

Los ejercicios isotónicos pueden ser realizados contra resistencia constante o variable, en función de que varíen o no las resistencias ofrecidas al músculo durante la totalidad o un sector del recorrido articular. Estos sistemas de resistencia no consideran la velocidad del movimiento ejecutado, siendo la mayor parte del trabajo realizado al principio del recorrido. La eficacia de la contracción muscular variará debido a algunos biomecanismos de la articulación y a la curva de longitud-fuerza fisiológica de la unidad musculotendinosa. La curva del torque muscular variará a lo largo del recorrido articular por la interacción del músculo y el hueso. Sus desventajas son varias, puesto que si se realizan bruscamente pueden provocar sinovitis traumática,

tendinitis o rotura ligamentosa; una vez la carga comienza a moverse, hay siempre un factor de inercia a lo largo de todo el recorrido, sin que se desarrolle reclutamiento muscular alguno; no se realizan normalmente a velocidades funcionales, produciendo dolor en razón de la isquemia muscular (fig. 3).

El trabajo isocinético se realiza a una velocidad prefijada con una resistencia variable que se acomoda totalmente al individuo a lo largo del recorrido articular o ROM (siglas inglesas que responden a *range of movement*). Por tanto, la velocidad es constante y preseleccionada, mientras que la resistencia varía hasta compensar la fuerza aplicada en cada punto del ROM. Esta acomodación permite una carga máxima de movimiento a lo largo de todo el ROM, permitiendo que la velocidad del ejercicio pueda alcanzar la máxima resistencia a lo largo de todo el recorrido articular. El hecho de que la resistencia sea acomodada implica que la aplicación de ésta se realice a lo largo de todos y cada uno de los puntos del ROM. Al ser controlada también la velocidad angular, la resistencia producida por el dina-

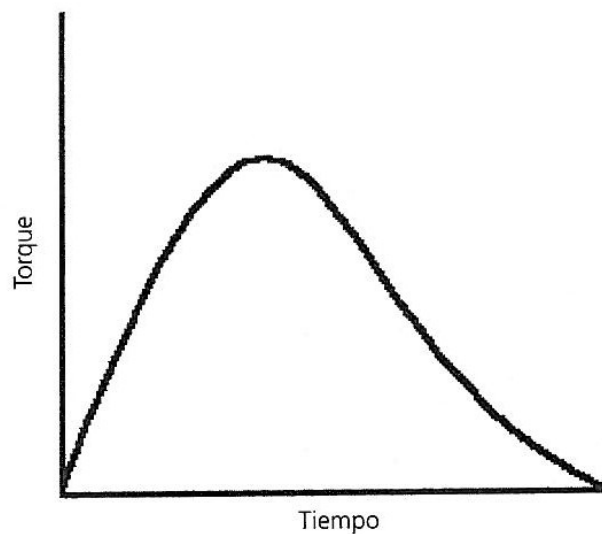


Fig. 3. Relación torque-tiempo durante el ejercicio isotónico concéntrico.



mómetro es proporcional a la fuerza ejercida por el músculo en todos los puntos del arco de movimiento. Por tanto, la velocidad es constante y preseleccionada, mientras que la resistencia varía a lo largo del ROM. La resistencia experimentada por el paciente se ajusta a los cambios de su sistema muscular, al dolor y a la fatiga: cuando el paciente siente dolor reduce su esfuerzo y la resistencia automáticamente disminuye hasta acomodarse.

En el ejercicio isotónico la resistencia opuesta al músculo varía en función de los efectos modificadores del sistema de palanca. La resistencia presenta su ventaja mecánica máxima sobre el músculo en los extremos del campo, y por consiguiente la carga máxima coincide con esos puntos. Más cerca del centro del campo cinético la palanca alcanza la eficiencia máxima y por lo tanto la carga soportada por el músculo es proporcionalmente menor, siendo máximas las demandas impuestas al músculo tan sólo en los extremos del campo. En el ejercicio isocinético la resistencia se adapta a la fuerza externa en la palanca esquelética de forma que el músculo conserva el rendimiento máximo en la totalidad del campo cinético (fig. 4).

Las ventajas de los isocinéticos son múltiples; entre ellas podemos enumerar como más importantes su eficacia, ya que se erige como la única forma de cargar un músculo que se contrae dinámicamente hasta su máxima capacidad en todos los puntos del ROM; otra ventaja es su seguridad, ya que un individuo nunca encontrará más resistencia que la que él mismo pueda manejar debido a que la resistencia es igual a la fuerza aplicada.

Con los sistemas isocinéticos se podrá evaluar al paciente para desarrollar un programa de entrenamiento individual de acuerdo con sus propias necesidades. La prevención de lesiones y la realización de una Fisioterapia más científica de acuerdo con metas medibles y

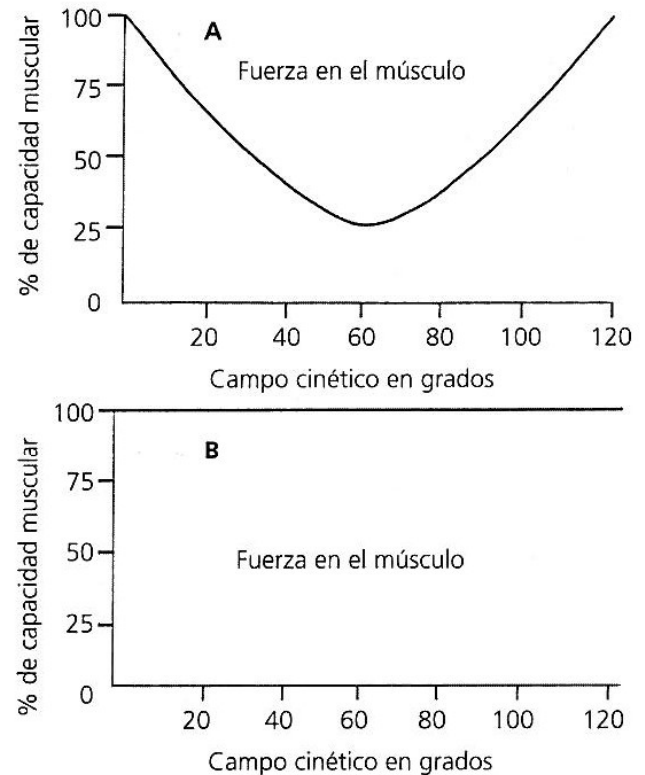


Fig. 4. Relación capacidad muscular-campo cinético con respecto a la fuerza muscular desarrollada en ejercicios isotónicos (A) e isocinéticos (B).

objetivas son también ventajas que no pueden ser olvidadas. Esta capacidad de valorar la contracción muscular en términos de parámetros físicos como fuerza, trabajo, potencia y resistencia muscular hacen del equipo isocinético no sólo un medio de reeducación y recuperación muscular, sino también un fin como instrumento de investigación clínica.

## ANÁLISIS DE CONCEPTOS

La comprensión de los sistemas isocinéticos pasan por el conocimiento de unos valores, necesarios para el análisis detallado de las curvas isocinéticas resultantes tras el test. El dato más importante registrado es el *torque*, o momento de fuerza, resultante de la multi-

plicación de la fuerza por la distancia del eje de rotación al punto de aplicación de la fuerza. Vendrá registrado para cada ángulo del arco de movimiento o ROM, y gráficamente viene representado como una curva en función del tiempo. El equipo isocinético nos permitirá conocer el valor del torque en cualquier grado del sector del movimiento examinado.

### **Pico de fuerza (*peak torque*)**

Indica el valor más alto del momento de fuerza o torque registrado durante el test. Puede ser considerado como la máxima fuerza que un grupo muscular es capaz de producir a una velocidad angular específica. Alteraciones de este valor, comparadas con tests anteriores y con el miembro sano, nos hablarán acerca de una caída de la fuerza de ese grupo muscular durante la realización del test, que bien pudiera ser el resultado de la inhibición ejercida por el dolor en el arco articular donde las fuerzas de compresión, la tensión ligamentosa o el aparato meniscal fueran los causantes. No encontraremos un patrón numérico estándar que podamos considerar normal. Para ello, recurriremos siempre a la comparación con el miembro sano en la medida que nos sea posible. Asimismo, este valor de pico de torque disminuirá progresivamente a medida que aumentemos la velocidad de ejecución, de forma que no hallaremos normalmente valores de PMF a velocidades altas superiores a los conseguidos a velocidades bajas por el mismo paciente en un mismo período.

### **Trabajo**

Expresa el producto del torque por la distancia angular. En la curvas gráficas corresponde-

rá al espacio o área bajo la curva del momento de fuerza. Es una dimensión escalar expresada como producto de la fuerza por el desplazamiento, y se medirá en julios. Este valor de trabajo puede ser relativo a cada contracción o a la suma de todas las contracciones efectuadas; en este último caso puede ser considerado como trabajo total y es un claro índice de la resistencia del músculo. Representa la capacidad por parte del músculo para mantener valores elevados de fuerza a lo largo del arco de movimiento. Un déficit de su valor no acompañado por un déficit proporcional del pico de torque, proporcionalidad que hallaremos constante en el miembro sano, nos sugiere una deficiencia de la actividad muscular en un sector del arco de movimiento. Así, trabajo y pico de torque están íntimamente relacionados.

### **Potencia**

Es el trabajo por la unidad de tiempo. Se representa como potencia media obtenida, dividiendo el trabajo total por el tiempo empleado en la ejecución del test. Sus resultados se medirán en watios.

### **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 intervalo de tiempo preestablecido, extraído del porcentaje del valor del PMF al final de la prueba respecto al valor máximo inicial. A medida que desarrollamos la prueba, los valores de PMF irán decreciendo de forma progresiva, de tal forma que al final resultará un porcentaje que normalmente oscilará entre el 40 y el 50 %.

## CONSIDERACIONES FINALES

La metodología isocinética puede ser presentada como un novedoso sistema de tratamiento y de pronóstico para diferentes patologías que en España comienza a caminar siguiendo las sendas trazadas por otros países. El hecho de que el fisioterapeuta pueda apoyar su trabajo y su investigación en equipos y sistemas altamente fiables y totalmente reproducibles es un importante elemento a considerar en la consolidación de la investigación en el campo de la Fisioterapia. La metodología isocinética se ofrece, pues, como un estudio científico, especializado y pormenori-

zado de parámetros que para el fisioterapeuta resultan tan importantes, que merecen ser examinados con rigor y cuidados científicos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ganong, W. F.: *Fisiología médica*. El Manual Moderno. México D.F., 1984.
2. Kendall, F. P.; Kendall, E., y McCreary: *Músculos, pruebas y funciones*. JIMS. Barcelona, 1985.
3. Krusen: *Medicina física y rehabilitación*. Editorial Panamericana, S. A. Madrid, 1993.
4. Perrin, D. H.: *Isocinética, ejercicios y evaluación*. Ediciones Bellaterra. Barcelona, 1994.