

Dinamometría isocinética

F. HUESA JIMÉNEZ, J. GARCÍA DÍAZ y J. VARGAS MONTES

Servicio de Rehabilitación. Hospital Fremap. Sevilla.

Resumen.—El método isocinético se puede definir como un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular.

Actualmente, es el sistema más adecuado para evaluar de forma objetiva la fuerza muscular, en términos de parámetros físicos (momento de fuerza, trabajo y potencia). Los isocinéticos no son sólo un medio de reeducación y entrenamiento muscular, sino también un sistema adecuado para la evaluación y el diagnóstico en el campo de la biomecánica.

Este artículo pretende dar una visión del amplio campo que supone la utilización de los isocinéticos como herramienta objetiva para evaluar la función muscular y de sus posibilidades como herramienta clínica. Mostramos una breve referencia de su reciente historia para, posteriormente, analizar los datos que se pueden obtener, así como la interpretación de los mismos. Finalizamos con la exposición esquemática de su aplicación según las distintas articulaciones.

Palabras clave: *Isocinéticos. Menoscabo. Rehabilitación.*

ISOKINETIC DYNAMOMETER

Summary.—The isokinetic method can be defined as an assessment system that uses computer and robotic technology to obtain and process muscular capacity in quantitative data.

It is presently the most adequate system to objectively assess muscular force, in terms of physical parameters (force moment, work and potency). Isokinetics not only are a means for muscular reeducation and training, but also an adequate system for assessment and diagnosis in the field of biomechanics.

A view of the wide field which the use of isokinetics has as an objective tool to assess muscle function and its possibili-

ties as a clinical tool is shown. We provide a brief reference of its recent history to then analyze the data that may be obtained and the interpretation of these. We finish with the schematic presentation of its application according to the different joints.

Key words: *Isokinetics. Impairment. Rehabilitation.*

INTRODUCCIÓN

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 muscular¹. 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). Su finalidad es expresar el movimiento en términos de momento de fuerza, de potencia, de trabajo, etc., como variables cuantitativas, lo que facilita su manipulación y su tratamiento estadístico.

HISTORIA

Desde los albores de la historia médica se ha intentado definir la capacidad de un grupo muscular, la fuerza, la potencia y el trabajo que desarrollaba. Para ello se han utilizado diversos medios, que han ido desde las técnicas de exploración manual al electrodiagnóstico de estimulación, pasando por métodos de balanza en resorte, sistemas de prensión, levantamiento de pesas, etc. Todos ellos tenían por finalidad definir y clasificar la fuerza y la potencia desarrolladas por los distintos grupos musculares.

Las técnicas instrumentadas tuvieron su cenit con el desarrollo del dinamómetro de Zander en 1904² y anteriormente con el dinamómetro de García Fraguas

Correspondencia:

Francisco Huesa Jiménez
Servicio de Rehabilitación
Hospital Fremap Sevilla
Avda. de Jerez, s/n
41014 Sevilla
Correo electrónico: francisco_huesa@fremap.es

en 1897, que nos hacían considerar de una manera gráfica la fuerza y potencia desarrolladas por el grupo muscular.

Es a partir de 1912 cuando se emplean las exploraciones manuales para este fin. Fue Lovett quien, considerando la gravedad y la resistencia, graduó la fuerza muscular en 6 grupos. Posteriormente surgieron diversos métodos, pero son los Métodos de Brunstron y la Escala de Daniels³, en que propone un sistema ordinal (categorías) de valoración muscular en 5 grados, el test funcional más usado y difundido, actualmente, en la práctica clínica. Todos estos métodos y tests de valoración funcional tenían un componente subjetivo que los definía; y el intento de buscar un método puramente objetivo es una de las bases para la aparición del Método Isocinético.

La historia de los sistemas isocinéticos es relativamente reciente, ya que fue en 1927 cuando Levyn y Gimán desarrollaron el primer ergómetro isocinético para la determinación de las propiedades viscoelásticas del músculo normal. En 1938, con el desarrollo por Hill de la curva fuerza/velocidad⁴, se fraguó el inicio del método isocinético. En ella se define cómo las fibras musculares desarrollan menos fuerza a medida que aumenta su velocidad de contracción (fig. 1). Con esta base Hettinger desarrolló el primer sistema de medidas y, posteriormente, en 1967 Perrine habló del "ejercicio cibernético". Thistley fue el primero en utilizarlos en potenciación muscular y en 1970, J. David le dio un importante uso en la medicina deportiva. A partir de la década de 1970 se empezaron a introducir en Europa. Hoy en día consideramos dos escuelas bien definidas, por su metodología de actuación: la escuela americana y la escuela europea, y dentro de esta última podemos considerar un grupo con características muy similares que sería el formado por italianos y españoles, con utilización de protocolos y actuaciones parecidos.

Las bases fundamentales de la isocinecia fueron desarrolladas en el Primer Seminario Internacional sobre la Revolución Isocinética Europea, celebrado en Suiza en 1984.

En los últimos 25 años la dinamometría isocinética ha disfrutado de gran popularidad en el campo de la valoración funcional, de la rehabilitación y de la determinación de la fuerza muscular.

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 isotónico⁵⁻⁷ (tabla I).

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. 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

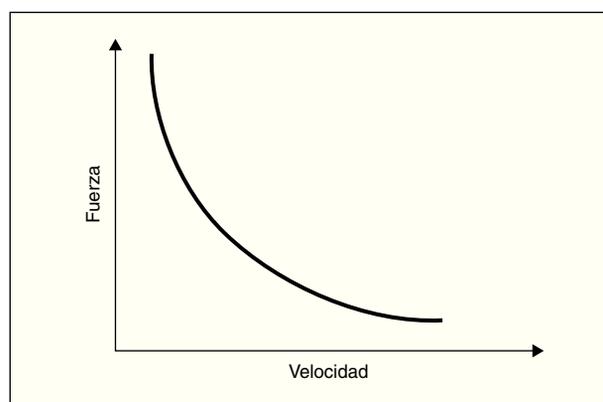


Fig. 1.—Curva de Hill.

TABLA I. Isométricos, isotónicos e isocinéticos

Tipo de Contracción	Definición	Tipo de movimiento	Modalidad
Isométrico	Contracción estática		
Isotónico	Se realiza contra una carga constante, velocidad de movimiento variable	Concéntrico Excéntrico	Cadena cinética Abierta o cerrada
Isocinético	Velocidad de movimiento constante y programada, resistencia adaptada	Concéntrico Excéntrico	Cadena cinética Abierta o cerrada

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. 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.

DINAMOMETRÍA ISOCINÉTICA

Existen, hoy en día gran diversidad de sistemas isocinéticos en el mercado, cada uno de ellos con unas características propias. Siguiendo la clasificación de McGorry⁸, 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.

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 concéntrico⁹ 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.

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 resultantes¹⁰ (fig. 2).

La capacidad de evaluar la fuerza muscular en términos de parámetros físicos como fuerza, potencia, trabajo, fatiga, etc., hace del equipo isocinético no sólo un

medio de recuperación y reeducación muscular, sino también un fin como instrumento de investigación clínica.

Con el registro de las fuerzas, a través de los métodos isocinéticos, elaboraremos una serie de registros en forma de gráficos y tablas que, correctamente interpretados, serán integrados con otros datos clínicos para llegar a una correcta y objetiva evaluación clínica.

METODOLOGÍA

Para la realización de la prueba isocinética se tienen que considerar en todo momento una serie de premisas que serán imprescindibles en su ejecución¹¹. 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. 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^{7,12}. 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, 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 manual¹⁰.

Clásicamente se han señalado una serie de contraindicaciones, tanto absolutas como relativas para la reali-

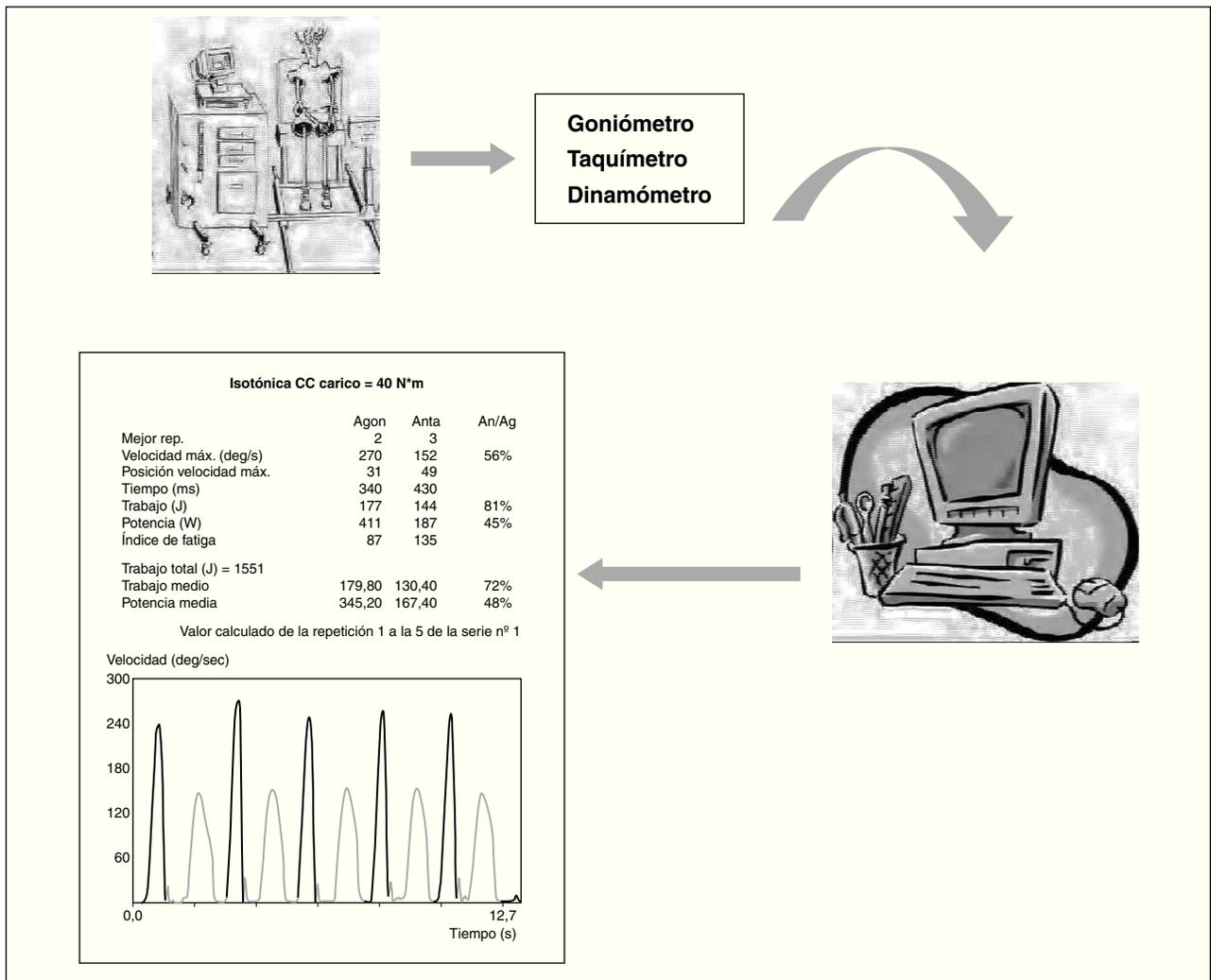


Fig. 2.—Esquema básico del sistema isocinético.

zación de la prueba¹³. En nuestra experiencia 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.

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 (tabla 2).

Normalmente en la realización del protocolo de estudio siempre se realiza 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

TABLA 2. Protocolo de estudio de rodilla

1.ª serie: Movimiento continuo pasivo	
Número de repeticiones	10
Velocidad de movimiento	100°/s
Tiempo de recuperación	30 s
2.ª serie: Movimiento isotónico	
Número de repeticiones	10
Resistencia programada	25 Nm
Tiempo de recuperación	60 s
3.ª serie: Movimiento isocinético	
Número de repeticiones	5/5/10
Velocidad de movimiento	90/180/210°/s
Tiempo de recuperación	60 s
4.ª serie: Isométricos	
Tiempo de contracción	5 s
Ángulos de estudio	20° 45° 75°

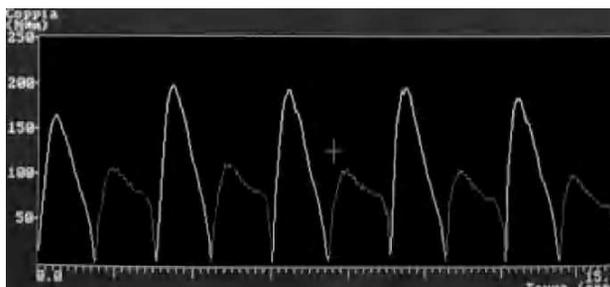


Fig. 3.—Gráfico de momento de fuerza.

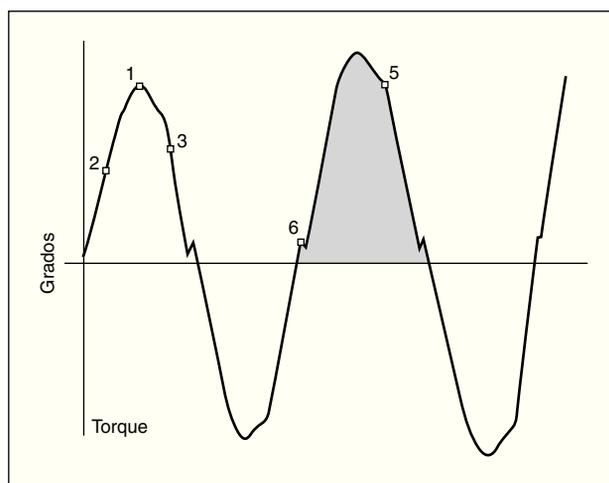


Fig. 4.—Gráfico de trabajo.

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. 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. 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^{14,15}. 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. 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) (fig. 3). La punta del momento de fuerza o máximo momento de fuerza¹⁶ 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.

El trabajo 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 (fig. 4).

La potencia vendrá dada por 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.

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 maximales en un período de tiempo prefijado.

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 (fig. 5).

Al igual que se puede realizar un estudio preciso de los valores obtenidos de parámetros de momento de fuerza, fatiga, potencia, trabajo, etc., se puede realizar un estudio detallado del trazado gráfico que aportará el estudio isocinético¹⁷. En el estudio de la curva (fig. 6) 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. 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

una velocidad lenta para obtener un torque máximo, es decir, un estado de hipotrofia muscular o hipofunción.

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 éste dos sectores: el *reciprocal delay*, que corresponde al concepto de inervación recíproca y el *delay time*, que corresponde al intervalo de tiempo transcurrido entre el inicio del movimiento del segmento testado 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 sensoriales¹⁸.

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 ROM¹⁹.

Desde los comienzos de la isocinética se ha intentado relacionar la morfología de la curva con patologías específicas. Los primeros trabajos en este sentido fueron los de Blackborm et al en 1982, encaminados a trazados indicativos encontrados de distintas patologías. Es innegable que los ejercicios que producen una sintomatología dolorosa producirán una caída en el trazado de la curva y un déficit momentáneo de fuerza en correspondencia con dolor o disturbio biomecánico. Hocke et al sostienen la presencia de irregularidades en el trazado en el movimiento de extensión de rodilla en el caso de condromalacia rotuliana. En este mismo sentido, Davies¹¹ describe como característicos en esta afección de condromalacia la reducción del máximo momento de fuerza, encontrando irregularidades en el trazado, así como un aplanamiento en la zona intermedia del arco de movimiento. Posteriormente diversos autores han identificado trazados que orientarían en diversas patologías como en el caso de síndrome subacromial o la existencia de lesiones ligamentosas de rodilla. Estas alteraciones del trazado sin ser patognomónicas de una afección son orientativas respecto a su existencia.

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 tiempo²⁰. El déficit se evalúa clásicamente según los criterios de Sapega²¹ y finalmente se complementa la valoración con un estudio del trazado gráfico de la curva obtenida.

Los sistemas isocinéticos están siendo utilizados tanto para valoración como para tratamiento. Es indudable la capacidad de estos sistemas para realizar un progra-

CONTRAZIONE ISOCINETICA OC 9 = 0,8 gr/sec.									
	Ango	NOVA	NO/NO	Levano (J)	Ango	Ango	Ango		
Coppia max	178	110	340	Palanza (K)	93	10	72%		
Esc. coppia max	74	37							
Coppia 0-90°	0	0	300	Lev. Est. Antio	100				
Coppia 90-180°	0	0	300	Levano medio	17,8	11,0	62%		
Coppia 180-90°	2,10	1,20	340	Palanza media	24,5	26,0	94%		
Coppia 0-90°/90	30	30	300						
Coppia 90-90°/90	30	30	300						
Sen. coppia max	8,04	0,18	300	Calcolati dalla misuriz.					
Indice di fatica	82	88		alla ripetiz.					

Fig. 5.—Datos numéricos obtenidos en la realización de la prueba.

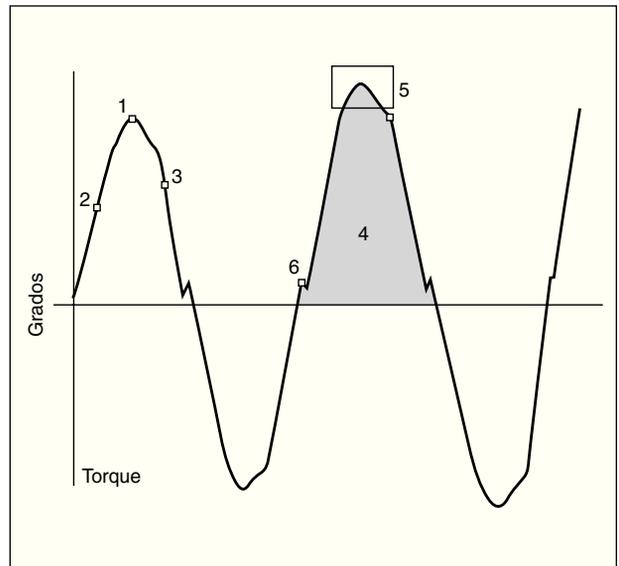


Fig. 6.—Gráfico de valoración isocinética.

ma 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. Así mismo, no podemos olvidar su utilización como potenciación con ejercicios excéntricos²². Tendremos que utilizar también, en cuanto su aplicación en tratamiento, el uso del sistema de biorretroalimentación de que dispone el aparato.

Dentro de su utilización en la evaluación tendremos que reflejar su papel como ayuda diagnóstica y valoración evolutiva, así como su capacidad para definir la existencia de simulación^{23,24}.

Las medidas de fiabilidad más frecuentemente utilizadas en la literatura médica son: el coeficiente de correlación interclase (ICC)^{25,26} y el coeficiente de variación (CV)²⁴.

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. El CV 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 cola-

boración 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. Hay autores que cuestionan el tomar el CV como único parámetro a la hora de definir la colaboración del sujeto como insuficiente.

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, Geriatria, etc.

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 funcionales²⁷. Con la utilización de los isocinéticos se consigue realizar una medición de estas limitaciones desde un punto de vista totalmente objetivo. 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.

El organigrama de funcionamiento de la unidad de valoración isocinética da una idea global de la utilización de estos sistemas de medidas (fig. 7).

Con los sistemas de valoración de que disponemos podemos analizar las distintas articulaciones.

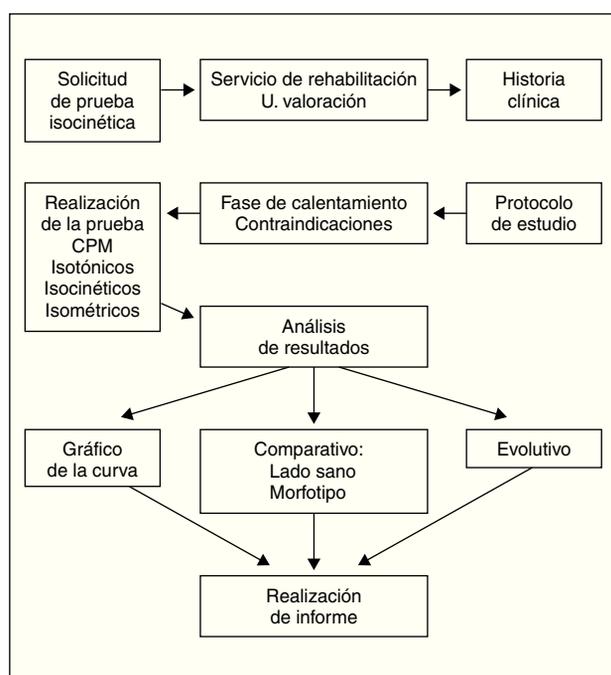


Fig. 7.—Organigrama de funcionamiento de la unidad de isocinéticos.

ESTUDIOS ISOCINÉTICOS POR ARTICULACIONES. APLICACIÓN PRÁCTICA

De modo muy somero, aportamos los principales parámetros y rasgos que se han de buscar en la valoración isocinética de las articulaciones.

Hombro

En el hombro, es importante detectar que se mantiene el juego armónico entre los diversos grupos musculares que lo conforman según la regla: momento de fuerza de extensores predomina sobre aductores y éstos sobre los flexores que son más potentes que los rotadores internos. Y los internos son superiores a los abductores y rotadores externos²⁸. Los trazados gráficos isocinéticos pueden ser demostrativos de la existencia de un *impingement* o compromiso subacromial con horizontalización de la zona media de la curva y aparición en un decalaje mantenido en el mismo punto del ROM a diferentes velocidades. Es significativo el trazado gráfico típico en el caso de lesión del manguito rotador y así mismo los déficit encontrados en momento de fuerza de subescapular, infraespinoso, supraespinoso y redondo menor.

Codo

En la articulación del codo, en nuestra experiencia encontramos en todas las velocidades de estudios un predominio de extensores sobre flexores en cuanto a valores máximos de momento de fuerza de sujeto sano; así mismo, se comprueba que no existe diferencia marcada para el sexo pero sí en función de la edad y tipo de trabajo²⁹.

Rodilla

Para la articulación de la rodilla, el predominio extensor se mantiene en las distintas velocidades de estudio, y se aprecian diferencias significativas dependiendo de si estamos ante un individuo sedentario o no, de la frecuencia de realización de la actividad deportiva, de la edad y de la dominancia²². Es importante el análisis no sólo de los valores absolutos de flexores o de extensores, sino también el equilibrio de ambos grupos a la vez si el déficit contralateral es un déficit compensado, es decir, con una adecuada relación agonista/antagonista. Igualmente, hay trazados sugerentes de diversas patologías como el síndrome femoropatelar³⁰ o lesión del ligamento cruzado anterior¹⁸.

Tobillo

En el estudio isocinético del tobillo encontramos diferencias isocinéticas muy importantes entre flexores dorsales y plantares con un marcado predominio de los plantares. No existen diferencias significativas con relación a la dominancia aunque sí en el sexo.

Mano

En el estudio de la mano, y dentro de ésta fundamentalmente en la evaluación del poder de agarre, seguimos dando un papel importante a la valoración isométrica, para la que seguimos usando el análisis en las 5 posiciones del JAMAR clásico, pero ahora no con un dinamómetro mecánico sino con un sistema electrónico tipo Dexter que permite también el análisis isocinético a distintas velocidades y determinar índices de repetitividad³¹. Una buena sistemática de evaluación conjugando el análisis en las 5 posiciones citadas, la repetición de pruebas y la combinación de pruebas dinámicas (isocinéticas) y estáticas (isométricas) permiten una adecuada valoración de los déficit con la posibilidad de distinguir matices entre las distintas pruebas, que a su vez podemos correlacionar o no con la lesión en estudio. La combinación de los índices de reproducibilidad con la coherencia de los déficit que se describen permite una estimación de la colaboración o número del paciente en la prueba.

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 apliquemos³² como por el tipo o marca comercial del isocinético³³.

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 de los déficit descritos, aunque requiere de un análisis cuidadoso de la colaboración del paciente en la prueba³⁴.

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 misma³⁵, aunque su uso no está muy extendido.

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.

BIBLIOGRAFÍA

1. Huesa Jiménez F. Medición de fuerza. Bosquejo histórico. Aparatos isocinéticos en el mercado. En: Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. *Isocinéticos: metodología y utilización*. Madrid: Mapfre; 2000. p. 35-42.
2. Climent Barberá JM. El ejercicio terapéutico. En: Climent Barberá JM. *Historia de la rehabilitación médica. De la física terapéutica a la reeducación de inválidos*. Barcelona: Edika Med; 2001. p. 45-77.
3. Hislop HJ, Montgomery J. Introducción. En: Hislop HJ, Montgomery J, editores. *Pruebas funcionales musculares. Daniels-Worthingham's*. Madrid: Marbán; 1999. p. IX-XIII.
4. Osternig LR. Assessing human performance. En: Brown LE, editor. *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL (UE): Human Kinetics; 2000. p. 77-96.
5. Joynr RL, Findley TW, Boda W, Daum MC. Therapeutic exercise. En: DeLisa JA, editor. *Rehabilitation medicine. Principles and practice*. Philadelphia: Lippincott; 1993. p. 526-54.
6. Lanzetta, A. *Biomeccanica del movimento*. Milano: Mondadori; 1982.
7. Perrine DH. *Isocinética. Ejercicios y evaluación*. Barcelona: Bellaterra; 1994. p. 16-26.
8. Balzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sport Med*. 1989;8:101-16.
9. Hanten WP, Ramberg CL. Effect of stabilization on maximal isokinetic torque of the quadriceps femoris muscles during concentric and eccentric contractions. *Physical Therapy*. 1988;68:219-22.
10. Huesa Jiménez F. Método isocinético. En: Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. *Isocinéticos: metodología y utilización*. Madrid: Mapfre; 2000. p. 43-7.
11. Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usage. La Crosse W I. S.; Publishers 1984.
12. Dvir Z. Physiological and biomechanical aspects of isokinetics. En: Dvir Z, editor. *Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications*. Singapore: Churchill Livingstone; 1996. p. 1-22.
13. Perrine DH. *Isocinética. Ejercicios y evaluación*. Barcelona. Bellaterra; 1994. p. 27-37.
14. Dvir Z. Hardware, test parameters, and issues in testing. En: Dvir Z, editor. *Isokinetics: Muscle testing, interpretation and clinical applications*. Singapore: Churchill Livingstone; 1996. p. 23-41.
15. Davies GJ, Heiderscheit B, Brinks K. Test Interpretation. En: Brown LE, editor. *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL (UE): Human Kinetics; 2000. p. 3-24.

16. Kannus P, Jarvinen M. Maximal peak torque as a predictor of peak angular impulse and average power of thigh muscles and isometric and isokinetic study. *I J Sports Med.* 1990;11:146-9.
17. Barnes W. Isokinetic fatigue curves at different curves at different contractile velocities. *Arch Phys Med Rehabil.* 1981;62:66-9.
18. Huesa Jiménez F. Obtención e interpretación de datos en la prueba isocinética. En: Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. *Isocinéticos: metodología y utilización.* Madrid: Mapfre; 2000. p. 49-61.
19. Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usages. La Crosse WI. An S. Publisher; 1984.
20. García Díaz J, Huesa Jiménez F, Vargas Montes J, Santos Yubero F. Monitorización isocinética del tratamiento rehabilitador tras cirugía artroscópica del hombro: dos ejemplos de su uso en el ámbito laboral. *Aparato locomotor.* 2004.
21. Sapega A. Muscle performance evaluation in orthopaedic practice. *J Bone Joint Surg (Am).* 1999;72:1562-74.
22. Soldati A, Cicchella A, Bombard F, Frassinti A, Speziale F, Lubich T. Valutazione isometrica ed isocinetica (concentrica ed eccentrica) della forza dei muscoli estensori del ginocchio in giovani calciatori. *Medicina dello Sport.* 1990;43:61-6.
23. Dvir Z, Keating JL. Trunk extension effort in patients with chronic low back dysfunction. *Spine.* 2003;28:685-92.
24. Simonsen JC. Coefficient of variation as a measure of subject effort. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76:516-20.
25. Hinderer SR, Hinderer KA. Quantitative methods of evaluation. En: DeLisa JA, editor. *Rehabilitation medicine. Principles and practice.* Philadelphia: Lippincott; 1993. p. 96-121.
26. Keller A, Hellesnes H, Brox JI. Reliability of the isokinetic trunk extensor test, Biering-Sorensen Test, and Astrand Bicycle Test. Assessment of intraclass correlation coefficient and critical difference in patient with chronic low back pain and healthy individuals. *Spine.* 2001;26:771-7.
27. Vasopollo D. La rilevazione del danno nelle lesioni capsulo-legamentose del ginocchio. *Aspetti medico-legali.* En: Duppo A, Caseno M, Pasquetti P, editores. *Isocinetica'92.* Firenze: Scientific Press; 1993. p. 171-80.
28. Ivey FM, Calhoun JH, Rusche K, Bierschenk J. Isokinetic testing of shoulder strength: normal values. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66:384-6.
29. Huesa Jiménez F. Valoración isocinética del codo. En: Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. *Isocinéticos: metodología y utilización.* Madrid: Mapfre; 2000. p. 95-110.
30. Wissinger HA. Chondromalacia patellae: a nonoperative treatment program. *Othopedic.* 1982;5:315.
31. Polo Piñero JM, García Díaz J, Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A. Valoración isométrica del poder de agarre con JAMAR electrónico. Patrones de normalidad. En: Guillén García P, Fundación Mapfre Medicina, editores. *XXV Symposium Internacional de Traumatología: Evolución de la traumatología y ortopedia en los últimos 25 años.* Madrid: Mapfre; 1999. p. 283-96.
32. Huesa Jiménez F. Valoración isocinética de la columna. En: Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. *Isocinéticos: metodología y utilización.* Madrid: Mapfre; 2000. p. 111-28.
33. Hupli M, Sinio P, Hurri H, Alaranta H. Comparison of trunk strength measurements between two different isokinetics devices used at clinical settings. *J Spinal Disord.* 1997;10:391-7.
34. Dvir Z. Isokinetics of the trunk. En: Dvir Z, editor. *Isokinetics: Muscle testing, interpretation and clinical applications.* Singapore: Churchill Livingstone; 1996. p. 145-69.
35. Timm KE. Testing the spine. En: Brown LE, editor. *Isokinetics in human performance.* Champaign, IL (UE): Human Kinetics; 2000. p. 258-76.