



- ◆ 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)

J. A. Martín Urrialde

Equipos isocinéticos y controles fisioterápicos en el deporte

31

Fisioterapeuta

RESUMEN

En los equipos deportivos, el fisioterapeuta asume un gran protagonismo en las labores preventivas, aprovechándose de los avances técnicos actuales, como los equipos isocinéticos dotados de soporte informático, que nos permiten evaluar, mantener y mejorar las capacidades funcionales de músculos o grupos musculares, es decir, la fuerza muscular en términos absolutos y/o específicos.

Con los datos obtenidos podremos: a) establecer protocolos de trabajo para cada sujeto, tanto de reeducación como de entrenamiento cotidiano, b) desarrollar estudios estadísticos para evaluar la fuerza muscular en alguna de sus características, tanto en sujetos como en grupos de trabajo y c) comparar los standards obtenidos con otras poblaciones de muestra, aventurando la evolución de un proceso de reeducación establecido. Los test los realizo generalmente en tres momentos del año: pre-temporada, mesociclo, fin de temporada. En este trabajo muestro un protocolo de test, y una serie de reflexiones sobre la interpretación y utilización de los datos obtenidos.

ABSTRACT

The work of the physiotherapist in the area of sports teams can be extremely important in the preventive field, and use may be made for this of recent technical advances, including computerized isokinetic equipment.

These apparatus allow assessment, maintenance and improvement of the functional capacity of muscles or groups of muscles, that is, muscular strength in terms both absolute and specific.

With the data obtained it is possible to: establish working protocols, either for recuperation or for daily training, for each individual, perform statistical studies to evaluate muscular strength in some of its facets, both in individuals and in study groups.

Make comparisons with the standards obtained in other sample populations, thus predicting the progress of an established rehabilitation programme. The tests are usually performed at three times of year: pre-seasonally, mid-seasonally, end of seasonally. In this work, I present a specimen protocol and a discussion of the interpretation and use of the data collected.

32 PRINCIPALES PARÁMETROS DE ESTUDIO EN LOS TEST ISOCINÉTICOS

Los resultados de un test isocinético pueden obtenerse en diversos formatos y modos, desde estudios unilaterales a bilaterales con expresión de una serie de constantes, de las cuales los principales son:

Fuerza máxima (Peak torque)

Es la fuerza producida en el eje de rotación del segmento testado, que coincide con el del registro; y por lo tanto, una expresión pura del estado de un músculo o grupos musculares.

Debemos conocer que los dinamómetros isocinéticos permiten un amplio abanico de velocidades angulares (0 a 300 o 420°/sec), y que los test suelen realizarse con 2 velocidades prefijadas, una baja (de 0 a 180°/sec), que nos va a dar la expresión de la fuerza absoluta, y por lo tanto, de la especificidad de las fibras lentas, en tanto que al trabajar con velocidades elevadas (por encima de los 240°/sec), vamos a incidir sobre la fuerza-resistencia, y por lo tanto, sobre las fibras de contracción rápidas.

La importancia de este parámetro reside en que con él vamos a acercarnos a las velocidades funcionales del deportista, en las cuales se producen las lesiones. No olvidemos que gestos como correr, se realizan a unas velocidades angulares de flexo-extensión de rodilla, cercanas a los 340°/sec.

Intervalo de fuerza máxima

Indica el tiempo empleado por el músculo testado en llegar a su umbral de fuerza máxima.

Es un dato que nos acerca al territorio neuro-muscular y en concreto al tiempo de inervación recíproca.

Sin embargo, no olvidemos que este tiempo está directamente relacionado con el reclutamiento de unidades motrices y que puede ser erróneo si se utiliza una velocidad alta, que no permite la adecuada coordinación de las mismas.

Trabajo máximo por repetición

Expone la potencia muscular máxima desarrollada en una sola repetición, considerada en este caso, la máquina nos ofrece la mejor.

Este factor va relacionado con la fuerza explosiva, ya que

Tabla 1 Velocidades más usuales de test isocinético

Articulación	Movimiento	Paciente clínico	Deportista
Rodilla	Ext./Flexión	120-240	60-300
Rodilla	Rot. tibiales	60-120	120-240
Hombro	Abduc./Add	60-120	120-300
Hombro	Flex./Extens.	60-120	120-300
Hombro	Rotaciones	120-240	90-180
Codo	Flex./Ext.	60-120	180-360
Muñeca	Ext./Flexión	60-120	120-200
Muñeca	Desviaciones Rd/Cb	60-120	120-200
Antebrazo	Pron./Supinac	60-120	120-200
Tobillo	Flex./Extens.	60-120	120-240
Tobillo	Inv./Eversión	60-120	120-240
Cadera	Flex./Ext	120-240	180-420
Cadera	Abduc./Add	120-240	180-420
Cadera	Rotaciones	120-240	180-420

Valores de codo, muñeca y antebrazo tomados de Grimby G. Isokinetic Training. Int J Sports Med 1982, 3, págs. 61 a 64.

el trabajo isocinético al ser continuo alterna ciclos de elongación-acortamiento sucesivos, observando al final de los movimientos un frenado de los mismos por los agonistas del movimiento, preparando el retorno a la posición inicial, y por lo tanto, almacenando energía elástica.

Este es el fundamento del entrenamiento explosivo o pliométrico.

Tasa media de trabajo

Indica la potencia total desarrollada durante la prueba, y podríamos asimilarla a la carga de trabajo impuesta al deportista durante una sesión de entrenamiento.

En la tabla 1, muestro algunos valores de velocidades de test para algunas articulaciones.

MÉTODO DE REALIZACIÓN DE UN TEST ISOCINÉTICO

Sabemos que un 50% de las lesiones deportivas asientan en los miembros inferiores, y de éstas un 30% afectan a las rodillas, por lo que a efectos didácticos, la rodilla es la articulación que más se suele testar en el deporte, y sobre todo el par cuadriceps/isquiotibiales, pues bien, vamos a describir sucintamente el protocolo de un test de rodilla:

- 1 Período de calentamiento previo, de unos 5 a 10 minutos, bien mediante carrera o bicicleta ergonómica (800 Kg/m/mn a 90 rpm).
- 2 Fijación del sujeto a la silla: sedestación, con 105° de extensión de la cadera, ángulo óptimo para el trabajo de isquiotibiales. El sujeto es cinchado a nivel de muslo, cadera y tórax y se anota esta posición, que generalmente suele tener un registro informático a fin de reproducirla en otros test (sillón con memoria de posición).
- 3 Se hace coincidir el eje de rotación de la rodilla con el eje del sistema, a 90° de flexión.
- 4 Medición y corrección de la fuerza de gravedad, realizada por medio de un menú informático que tiene el equipo. De esta forma, los valores obtenidos vendrán corregidos posteriormente, siendo unos valores de fuerza puros.
- 5 Selección de las velocidades de trabajo y explicación del test al sujeto, realizando un ensayo a fin de que perciba la sensación cinestésica de un ejercicio isocinético, y podamos corregir algunos errores frecuentes, como no completar el arco total de recorrido.
- 6 Realización del test, a través de una serie de repeticiones: de 5 a 10; insistiendo en que durante todas ellas el esfuerzo sea máximo, ayudándonos para ello del mio-feedback visual que la pantalla del ordenador nos ofrece, con la representación de la curva en el espacio.
- 7 Realizado el registro gráfico en pantalla o en papel, posteriormente pasaremos a realizar el tratamiento informático de ese material, para obtener:
 - Corrección automática de la gravedad
 - Valores de fuerza máxima y posición angular
 - Valores de fuerza media, potencia, media, pares máximos con antagonistas, o incluso con otros sujetos que han hecho el mismo test.

El tiempo utilizado en este proceso no excede de unos 30 minutos y la información posteriormente suele ser almacenada en un diskette para su custodia.

CONSIDERACIONES PERSONALES SOBRE LA INTERPRETACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DE UN TEST ISOCINÉTICO

Continuando con el ejemplo anterior, cuya plasmación gráfica la hallaríamos en la tabla 2 y 3, la primera

conclusión sería conocer cuál es el ratio de antagonistas, ratio ésta muy barajada por autores y que se sitúa en 60:40 (65 %), cifra ésta usada por ej., por Davis. Sin embargo, otros autores nos hablan de ratios de 100:85, en jugadores de voleibol, o de 85:90 en baloncesto. ¿Qué sucede? Sucede que dentro del mundo isocinético los resultados son totalmente personalizados, que no podemos aplicar los datos de Davis, obtenidos en Colleges de U.S.A., a un C.A.R. de Madrid, por ejemplo.

Esto nos obliga a elaborar nuestras propias tablas y ratios, según la población de muestra trabajada, y a considerar las múltiples tablas de ratios que circulan, como guías de consulta, pero nunca como «recetas» a aplicar en nuestro centro.

Rothsein y cols. exponen en 1987 sus dudas sobre la validez de los datos de los test isocinéticos, si la máquina no es previamente calibrada en sus parámetros de posicionamiento y medición, para lo cual todos los equipos suelen tener en su software un menú para ello. Por otra parte, Burdett coincide con el anterior, pero señala la necesidad de elaborar las propias tablas de trabajo individual.

Otra de las posibles acciones que podríamos tomar, a la vista del test, es su comparación con el otro miembro, conducta ésta válida, e incluso necesaria, pero que suele ser cúmulo de errores, al considerar como un buen resultado la igualdad de los parámetros numéricos. El profesor Perrin cita textualmente «... la asunción de las equivalencias bilaterales como datos fiables olvidan a menudo la gran importancia que tiene la dominancia hemicorporal, o las exigencias neuro-musculares que el entrenamiento específico conlleva...».

Sin embargo, también es cierto que estos equipos, gracias a sus mecanismos de calibración electrónica, son totalmente fiables en términos cuantitativos, y sus datos han sido usados en varias ocasiones como pruebas periciales aceptadas, tras la verificación notarial de la calibración.

Otra consideración importante es que estos equipos sólo permiten el análisis de movimientos alrededor de un solo eje de movimiento, lo cual a veces nos aleja del gesto deportivo multiaxial: por ello no podemos considerar al isocinetismo como el remedio perfecto para todos los problemas de evaluación y tratamiento muscular. No cabe duda de que es un medio de gran valor, que aumenta su rendimiento cuando lo usamos en combinación con otras técnicas de exploración y tratamiento.

Otra tesis muy extendida es admitir como válidas di-

Tabla 2

Biodesx Referral Summary

Name:	Andrés Izquierdo Carrión	Joint:	KNEE
ID:	00078/90	Pattern	Extensión/Flexión
Date:	Apr 27, 1990	Involved Side:	L
Age:	28	Settings:	3, 5, 12
Sex:	M	Injury/Surgery:	
Height:	54	Calibration	Jan 26, 1990 23:21:36
Weight:	123	Mode	Setup
Clinician:	Sr. Martín Urrialde	Contraction:	Concentric/Concentric
Referral:	Mutua Hoste. Madrid		

SLOW Speed: 5,00 Reps at 90,0/ 90,0 deg/sec

Fast Speed: 5,00 Reps at 135,0/ 120,0 deg/sec

All Data reported

	<i>Uninjured</i>	<i>Injured</i>	<i>Deficit</i>	<i>Uninjured</i>	<i>Injured</i>	<i>Deficit</i>
<i>Extension</i>						
Peak torque:	93,0 ft-lbs	85,0 ft-lbs	8,60 %	102,0 ft-lbs	94,0 ft-lbs	7,84 %
Time to Peak torque:	0,39 secs	0,24 secs	-38,5 %	0,52 ft-lbs	0,26 secs	-50,0 %
Max Rep Work:	71,0 ft-lbs	75,6 ft-lbs	-6,56 %	82,0 ft-lbs	87,2 ft-lbs	-6,27 %
<i>Flexion</i>						
Peak torque:	62,0 ft-lbs	44,0 ft-lbs	29,0 %	58,0 ft-lbs	36,0 ft-lbs	37,9%
Time to Peak torque:	0,59 secs	0,48 secs	-18,6%	0,37 secs	0,36 secs	-2,70%
Max Rep Work:	55,7 ft-lbs	39,2 ft-lbs	29,6%	54,7 ft-lbs	33,7 ft-lbs	38,3%
Maximun ROM:	67,0 deg	70,0 deg	-4,48%	68,0 deg	70,0 deg	-2,94%
Anatomical ROM:	25,0 to 92,0	76,0 to 146,0		26,0 to 96,0	76,0 to 146,0 degs	
Maximun GET:	14,0 ft-lbs	14,0 ft-lbs				

Maximun repetition torque curve: 0... = Uninjured side
 0___ = Injured side

Definition of Parameters

- Peak torque - Highest torque developed in a set
- Time to peak torque - Indicator of the functional ability to produce torque quickly
- Max rep work - Measurement of the maximum work produced in a single repetition
- Max ROM - Maximum range of motion for the indicated joint test pattern

*** BIODEX Corporation***

frecias en los valores de fuerza bilateral de ± 10%, y curiosamente la mayoría de los autores coinciden en este dato, llegando incluso a postular de una forma conjunta que desviaciones mayores de ese factor, lleva al deportista a una zona de riesgo lesional muscular muy elevado en el lado, músculo o grupo testado. Personalmente, creo que es uno de los datos más aceptables, y que rebasar ese umbral debe poner en marcha un protocolo de trabajo

muscular tendente a reducirlo: es el campo de la potenciación muscular analítica.

CONCLUSIONES

Creo necesario hacer mención a algunos aspectos de este trabajo de forma sincrética:

Tabla 3

Biodex Comprehensive Summary

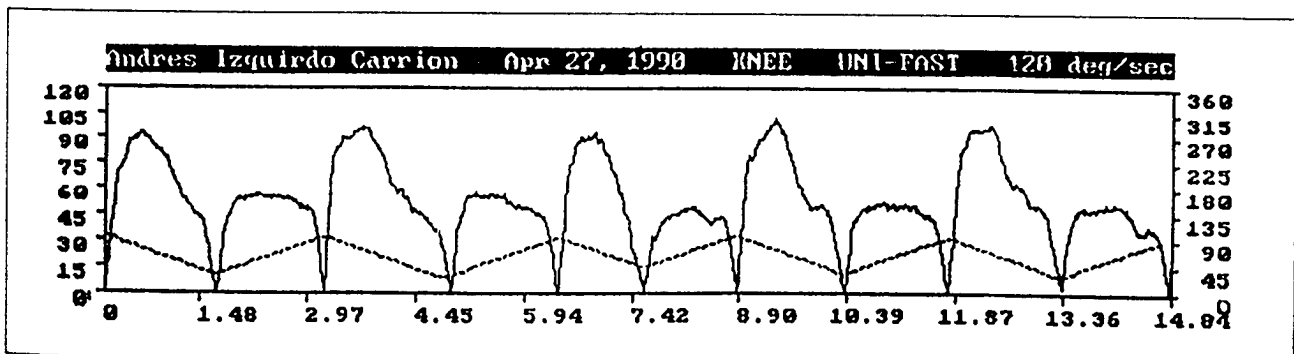
Name:	Andrés Izquierdo Carrión	Joint:	KNEE
ID:	00078/90	Pattern:	Extensión/Flexión
Date:	Apr 27, 1990	Involved Side:	L
Age:	28	Settings:	3, 5, 12
Sex:	M	Injury/Surgery:	
Height:	54	Calibration:	Jan 26, 1990 23:21:36
Weight:	123	Mode:	Setup
Clinician:	Sr. Martín Urrialde	Contraction:	Concentric/Concentric
Referral:	Mutua Hoste. Madrid		

UNINJURED Side: 5,00 repetitions acquired at 135, 0 /120,0 deg/sec

All data reported

<i>Measurement</i>	<i>Extension</i>	<i>Flexion</i>	<i>Ratio</i>
Peak torque:	102,0 ft-lbs	58,0 ft-lbs	56,9%
Peak torque "Rep":	4,00	2,00	
Time to peak torque	0,52 secs	0,37 secs	
Angle of peak torque	73,0 degs	42,0 degs	
Torque @ 30,0 deg:	ft-lbs	25,0 ft-lbs	
Torque @ 0,20 sec:	78,0 ft-lbs	46,0 ft-lbs	
Torque / body weight:	82,9%	47,2%	
Work / body weight:	66,7%	44,4%	
Max rep work:	82,0 ft-lbs	54,7 ft-lbs	66,6%
Max work "Rep":	2,00	1,00	
Total work:	363,8	241,6 ft-lbs	66,4%
Work first third:	161,6 ft-lbs	58,3 ft-lbs	36,1%
Work last third:	89,1 ft-lbs	95,5 ft-lbs	107,2%
Work fatigue	44,8%	-63,8%	
Average power	65,9 watts	44,3 watts	

Maximum ROM: 68,0 deg, from 26,0 to 96,0 degs
 Maximum GET: 14,0 ft-lbs



36

- Los test de evaluación deben ser periódicos y nunca pueden ser usados como únicos medios diagnósticos.
- La pauta de examen unilateral o bilateral debe hacerse tanto a nivel individual como grupal, sobre todo, en deportes de asociación. Dentro de estos, unificar los datos en virtud de razones técnicas o estratégicas, por ej.: conocer valores de los defensas o de los escaladores, o de los pivots, pueden ayudar al entrenador a mejorar el rendimiento de cada uno de ellos.
- La fijación del sujeto al banco de exploración y la calibración del equipo, son dos condiciones básicas para lograr un test de alta fiabilidad.
- Aunque es aceptado que hay una estrecha relación entre velocidad de trabajo y fuerza muscular, basada en el reclutamiento de un mayor número de unidades motrices, no olvidemos que la auténtica razón de esta relación se halla en fenómenos de estimulación eléctrica, aspecto éste que la mayoría de los autores no citan.
- Debemos usar términos apropiados para trabajar y definir los datos que el equipo proporciona, tales como fuerza, par, trabajo y potencia, términos, por otra parte, muy viejos y definidos correctamente por Newton hace muchos años. No es extraño oír hablar de potencia para referirse a la fuerza obtenida con velocidades altas y de tensión o fuerza-tensión, para referirse al trabajo a bajas velocidades, como si de esta forma se quisiera diferenciar dos formas de trabajo y a la vez dos resultados, cuando en realidad estamos ante un único modo de actuación, con múltiples posibilidades. Considero que sería necesario hacer un esfuerzo crítico y limpiar la «jerga» que suele acompañar el trabajo isocinético.
- El uso de ratios, como el que mostré en párrafos anteriores, no queda exento de alguna crítica, ya que la fuerza generada por un trabajo isocinético

podríamos considerarla como una curva, en la cual el punto 0,0 no corresponde a la ausencia de contracción, sino que en la curva queda representada la fuerza generada por máquina para frenar la aceleración de un segmento corporal durante un ejercicio. *La fuerza generada por el músculo intrínsecamente no es registrada por ningún equipo isocinético*, y ésta quizá sea la afirmación clave para entender cómo y para qué va un costoso equipo por parte del fisioterapeuta no introducido en este territorio de la fisioterapia.

Winter y cols. elaboraron un interesante estudio en 1981, en el cual analizaron más de 300 ratios de diferentes test, hechos a varios equipos, y hallaron errores de hasta un 500% en la potencia y de un 86 % en los valores de fuerza, generalmente en forma de exceso, y sobre todo al elevar las velocidades angulares de trabajo o testar segmentos corporales con grandes brazos de palanca. Dichos ratios sólo pueden ser fiables cuando el equipo ha sido corregido del efecto gravitacional y calibrado.

Actualmente en España se vive un momento de interés por el trabajo isocinético, debido al tirón del deporte, desapareciendo paulatinamente del mercado marcas que ofrecen máquinas isocinéticas, pero que en el fondo no son más que equipos isotónicos o a lo sumo isodinámicos. Es de esperar que en un futuro cercano, lleguen a nuestro mercado los equipos más completos; también los más caros; que dotados de soporte informático permiten la correcta y adecuada vigilancia de la prueba realizada y sobre todo la perfecta tabulación de los datos que los mismos reportan.

Aparece, pues un nuevo reto para el fisioterapeuta, al cual, todos aquellos que quieran ser competitivos en el mercado de 1993, tendrán que aceptar y resolver.

BIBLIOGRAFÍA

Bartolomé Martín J. *Potenciación Muscular*. Mapfre, 1989, págs. 239 a 255.

Bartolomé Martín J. Ejercicios isocinéticos. Evaluación y datos normativos. *Fisioterapia*. Barcelona, nº 40, págs. 21 a 34.

Burdett R, Van Swearingen J. *J Orthopaedic Sports Phys. Ther* 8, 484-488. Abril 1987.

Davis P. *A Compendium of Isokinetic in clinical usage and Rehabilitative Techniques*. Ulm. 3ª ed. U.S.A., 1987.

Einsingbach T. *Fisioterapia y Rehabilitación en el Deporte*. Escriba. Barcelona, 1989. págs. 52 y 53.

Heuleu J y cols. *Muscle et rééducation*. Ed. Masson. Paris, 1990.

Jiménez Martínez J. *Potenciación Muscular*. Mapfre, 1989, págs. 63 a 75.

Lamb R. *Manual muscle testing and Measurements in P.T.* Churchill Livingstone, N. York, 1977.

Perrin D. Richard, R. *J.O.S.P.T.* 9, 184-189. Noviembre 1987.

Rothsein J y cols. *Physical Therapy* 67, 1840-1844. Diciembre 1987.

Ruiz Alonso G. *Fuerza y Musculación* Agonos. Lérida, 1990.

Winter D. Wells R. *European Journal Appl. Physiol.* 46, 397-408. Enero 1981.