

A.B. Varas de la Fuente
I. González Secunza

Fisioterapeutas. Profesores
de la Escuela Universitaria
de Fisioterapia de la ONCE.
Universidad Autónoma de Madrid.

Correspondencia:
A. B. Varas de la Fuente
E.U. Fisioterapia ONCE
C/Nuría, 42
28034 Madrid
E-mail: avd@once.es

Fecha de recepción: 10/3/03
Aceptado para su publicación: 10/9/03

Determinación de la normalidad mediante evaluación isocinética de la musculatura del complejo articular del hombro

Determination of normality by isokinetic evaluation of the musculature of the shoulder joint complex

RESUMEN

La dinamometría isocinética constituye un método objetivo de valoración del rendimiento muscular a partir de la determinación de una serie de parámetros y gráficas de representación del mismo. La evaluación isocinética de la musculatura del complejo articular del hombro es especialmente compleja debido a las características anatomofisiológicas propias del mismo. No obstante, pueden observarse evidentes modificaciones en el comportamiento muscular durante el ejercicio isocinético concéntrico efectuado a diferentes velocidades. El presente artículo describe un estudio llevado a cabo sobre individuos sanos, en el que se establece cómo se producen estas modificaciones, así como la manera en que la velocidad desarrollada en el ejercicio isocinético influye sobre los parámetros de evaluación y las gráficas de momento torsional obtenidas.

PALABRAS CLAVE

Dinamometría isocinética; Musculatura del hombro; Rendimiento muscular; Normalidad.

SUMMARY

The isokinetic dynamometry constitutes an objective method for assessing muscular performance using a series of parameters. The muscular performance can then be represented on a graph. Isokinetic evaluation of the muscles of the shoulder joint is especially complex due to its inherent anatomical and physiological characteristics. Nevertheless, clear modifications in muscular behaviour can be observed during concentric isokinetic exercises performed at different speeds. The present article describes a study carried out among healthy subjects, which establishes how these modifications are brought about. It also shows how the different speeds at which the exercises are performed exert an influence on both the evaluation parameters and the torque values shown in the graphs.

KEY WORDS

Isokinetic dynamometry; Shoulder muscles; Muscular performance; Average.

82 INTRODUCCIÓN

El concepto de ejercicio "isocinético" ideado por James Perrine e introducido en la literatura científica en 1967 hace referencia a un tipo específico de contracción muscular que acompaña a una velocidad constante de movimiento angular de un segmento esquelético determinado¹.

Un movimiento se convierte matemáticamente en isocinético, una vez el segmento esquelético iguale permanentemente la velocidad angular predeterminada, momento a partir del cual el dinamómetro aplicará sobre el miembro una contrarresistencia, similar en módulo y dirección, pero de sentido opuesto, al momento de fuerza ejercido por el grupo de músculos, en cada punto del campo cinético articular¹.

Esta modalidad de ejercicio garantiza:

1. La conservación de la velocidad angular predeterminada.
2. El rendimiento muscular máximo en cada punto del campo cinético articular establecido.
3. La seguridad intrínseca del método, puesto que la resistencia es función directa de la fuerza desarrollada por el individuo.

La dinamometría isocinética permite cuantificar, entre otros parámetros, la capacidad de un grupo de músculos para generar *momento torsional* de fuerza.

Las curvas de momento torsional constituyen la representación gráfica de la capacidad, y variaciones de la misma, de un grupo muscular para generar momentos de fuerza a lo largo del campo cinético articular².

El grupo de músculos y la articulación ensayados deberán estar exentos de dolor o "lesión". De lo contrario aparecerán "artefactos" en la curva de momento torsional.

En una curva de momento torsional isocinético, el área de la gráfica que queda por debajo de la curva corresponde al trabajo realizado por el grupo muscular evaluado.

La interpretación de la evaluación isocinética puede ser utilizada para alguno de estos supuestos:

- Detección precoz de signos que puedan predisponer a una lesión musculoesquelética.

- Seguimiento de la recuperación funcional de un individuo lesionado.
- Determinación del estado físico óptimo del paciente para la reanudación de las actividades cotidianas y/o atléticas.

Las escasas investigaciones encontradas en el campo de la dinamometría isocinética aplicada al miembro superior hacen interesante la idea de avanzar en esta materia y aportar así, nuestro granito de arena al conocimiento científico actual.

El objetivo de nuestro estudio es evaluar el comportamiento de la musculatura del hombro en el transcurso del ejercicio isocinético concéntrico, en relación con la variación de la velocidad de las pruebas.

LA DINAMOMETRÍA ISOCINÉTICA DEL HOMBRO EN LA ACTUALIDAD

El cinturón escapular representa un complejo sistema de articulaciones capaz de orientar la extremidad superior en todas las direcciones del espacio.

La característica fundamental de este complejo articular es, por tanto, su gran capacidad de movimiento, si bien en detrimento de una estabilidad mantenida básicamente a partir de estructuras musculares y capsuloligamentosas.

La evaluación isocinética de la musculatura del hombro resulta especialmente compleja por las siguientes razones:

- La propia naturaleza del cinturón escapular, constituido al menos por cuatro articulaciones, que deben participar de forma secuencial en los movimientos de la extremidad superior. Las anomalías morfológicas y/o funcionales de alguna de ellas pueden alterar la biomecánica normal del complejo y por consiguiente introducir pequeñas modificaciones en el comportamiento de la musculatura, difíciles de percibir en ausencia de síntomas dolorosos.
- La gran capacidad de movimiento en todos los planos del espacio, unida a la complejidad de las acciones musculares, hacen de la isocinética aplicada al hombro un medio de valoración funcional de deter-

minados movimientos, y no una valoración muscular analítica de un músculo o grupo muscular específico.

- La inestabilidad relativa de la articulación glenohumeral se pone de manifiesto durante el ejercicio y la evaluación isocinéticos de la extremidad superior, principalmente en aquellas aplicaciones que emplean puntos distales de aplicación de la fuerza al dinamómetro.
- El dolor articular espontáneo del hombro, en ausencia de lesión aparente alguna, secundario probablemente a las fuerzas de estrés aplicadas sobre estructuras musculotendinosas y capsuloligamentosas durante algunos movimientos, principalmente si éstos se realizan a altas velocidades, puede alterar la capacidad máxima de contracción muscular, sobre todo a partir de los extremos de la amplitud articular preestablecida.

Este fenómeno puede producirse en articulaciones adyacentes, principalmente el codo, si se encuentran interpuestas entre el hombro y el punto de aplicación de la fuerza al dinamómetro.

Movimientos de flexión y extensión del hombro

Es, junto a la abducción/aducción, uno de los movimientos más complejos para la evaluación isocinética del hombro.

Al igual que en el resto de los movimientos del hombro es necesaria la participación de todas las articulaciones del cinturón escapular, luego su integridad es fundamental para la ejecución normal del movimiento.

Con objeto de minimizar esta cuestión conviene atender a las siguientes consideraciones:

- Aplicar la corrección de la gravedad.
- Reducir el número de articulaciones interpuestas, mediante la aplicación de la fuerza sobre la porción distal del húmero y no sobre la mano.
- Como ventaja adicional, algunos dinamómetros intentan reproducir los movimientos funcionales, respetando a su vez el comportamiento natural del complejo articular.

La evaluación isocinética de la musculatura flexoextensora del hombro, reflejada en la literatura científica, recoge hasta el momento las siguientes consideraciones³:

- En términos generales, los músculos flexores generan en torno al 75 %-80 % de los valores de momento torsional desarrollados por los músculos extensores.

Esta relación alcanza hasta el 50 % en individuos que practican actividades atléticas que precisan de una potente extensión (lanzamiento, natación, etc.).

- La relación miembro dominante/no dominante de la musculatura flexoextensora oscila entre el 5 %-10 %.

Movimientos de abducción y aducción del hombro

La musculatura efectora del movimiento precisa de la participación simultánea de otros grupos musculares estabilizadores de la cabeza humeral y de la articulación omohumeral.

La evaluación isocinética de estos movimientos supone en realidad una valoración de los músculos implicados, cuyas alteraciones en la curva de momento torsional son difícilmente atribuibles a un músculo específico.

Algunos dinamómetros isocinéticos permiten la evaluación del movimiento de abducción y aducción en el plano transversal a partir de una flexión de 90°.

Las principales consideraciones a tener en cuenta durante la evaluación y el ejercicio isocinéticos del movimiento de abducción y aducción son las siguientes:

- Aplicar la corrección de la gravedad.
- Reducir el número de articulaciones interpuestas, mediante la aplicación de la fuerza sobre la porción distal del húmero y no sobre la mano.
- Favorecer, en lo posible, los movimientos fisiológicos del cinturón escapular, especialmente a partir de los 90° de abducción del brazo. Esto es fundamental para evitar el sufrimiento de las estructuras subacromiales.

La evaluación isocinética de la musculatura abductora/aductora de la extremidad superior en el plano fron-

84 tal, reflejada en la literatura científica, recoge hasta el momento las siguientes consideraciones³:

- En términos generales, los músculos abductores generan en torno al 50 %-65 % de los valores de momento torsional desarrollados por los músculos aductores.
- La relación miembro dominante/no dominante de esta musculatura oscila alrededor del 5 %.

Movimientos de rotación interna y externa del hombro

Los dinamómetros isocinéticos actuales permiten la evaluación de la musculatura rotadora del hombro en diferentes planos del espacio. La selección de la posición óptima para el ejercicio y la evaluación isocinética van a depender de diversos factores:

- El estado físico de la persona.
- Funcionalidad de la articulación, determinada a partir de una exploración previa de la región. Aquellos pacientes susceptibles de desarrollar un síndrome subacromial deberán prescindir de posiciones de evaluación por encima de los 45° de abducción glenohumeral.
- Las características constitucionales individuales. Si bien no existen estudios suficientes que lo respalden, parece ser conveniente desde un punto de vista preventivo y biomecánicamente más aceptable, la evaluación de la rotación glenohumeral en el plano del omóplato.
- Las actividades cotidianas y/o atléticas de la persona deben ser reproducidas, en la medida de lo posible, durante la evaluación y el ejercicio isocinéticos, si bien respetando el principio anterior.

La evaluación isocinética de la musculatura rotadora del hombro reflejada en la literatura científica recoge hasta el momento las siguientes consideraciones³:

- En términos generales, los músculos rotadores externos (RE) generan hasta el 60 %-80 % de los valores de momento torsional desarrollados por los rotadores internos (RI).

- La acción de la gravedad altera notablemente la relación entre los músculos rotadores recíprocos, sobre todo en sedestación, hasta el punto de igualarse en algunos casos. Este hecho justifica la necesidad de aplicar la corrección de la gravedad a la hora de objetivar la valoración isocinética.
- La relación miembro dominante/no dominante de la musculatura rotadora oscila en torno al 10 %.
- La evaluación isocinética en el plano escapular mejora, según Greenfield et al (1990), los valores de momento torsional generados por los músculos rotadores externos. Si bien la diversidad de posiciones de evaluación dificulta la determinación de los valores estándar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del estudio se utilizó una muestra de 50 personas con edades comprendidas entre 18 y 47 años, elegidas al azar entre los integrantes de una población constituida por alumnos, personal docente y no docente del Centro donde se llevó a cabo la investigación (Escuela Universitaria de Fisioterapia de la ONCE Universidad Autónoma de Madrid).

La única premisa a cumplir para poder someterse a las pruebas era la ausencia de cualquier tipo de patología o antecedente patológico en el miembro a evaluar, es decir, la población debía tener el hombro en estudio "sano". Con esto se perseguía obtener unos resultados aplicables al comportamiento general de la musculatura del hombro, para poder quizás, en estudios posteriores, comparar el mismo comportamiento muscular en determinadas patologías.

Las pruebas se llevaron a cabo en el miembro dominante. La distribución por edades y sexo de la muestra se pueden observar en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Distribución por sexo de los integrantes de la muestra

Sexo	Número de casos
Varones	23
Mujeres	27

Tabla 2. Distribución por edades de los integrantes de la muestra

Grupo de edad	Número de casos
Menos de 20 años	8
De 21 a 30 años	31
De 31 a 40 años	6
Más de 40 años	5

El material empleado para la realización de las pruebas fue el dinamómetro isocinético LIDO ACTIVE MULTIJOINT II.

Las pruebas se realizaron en base a dos movimientos distintos (figs. 1 y 2): flexión/abducción-extensión/aducción en posición de decúbito supino y rotación externa-rotación interna con el brazo en 45° de abducción (también en posición de decúbito supino). El primer movimiento fue elegido en el diseño del estudio con el fin de poder evaluar de una forma global la actuación conjunta de la musculatura del hombro en un movimiento funcional como lo es éste; la valoración de la rotación del brazo, por otro lado, nos pareció interesante para conocer el comportamiento de los músculos integrantes del manguito rotador, de cara a posteriores estudios comparativos con patología subacromial.

De todas las posibilidades de trabajo que ofrece el equipo empleado, decidimos realizar las pruebas correspondientes al movimiento de rotación, en una posición del brazo de abducción de 45°, puesto que ésta nos pareció más fisiológica y cómoda que en 0° o en 90° de abducción.

Cada una de las pruebas constaba de cuatro ejercicios de contracción isocinética concéntrica a diferentes velocidades. Éstas, seleccionadas para abarcar un amplio espectro entre velocidades bajas y altas, fueron de: 90°/s, 150°/s, 250°/s y 350°/s.

Los cuatro ejercicios a diferentes velocidades se realizaron tanto en las pruebas para la valoración del movimiento de flexión/abducción-extensión/aducción como para el movimiento de rotación externa-rotación interna y su objetivo era determinar la variación en el comportamiento muscular con la velocidad del movimiento en condiciones idénticas de ejecución del mismo.



Fig. 1. Esta figura muestra la realización de una prueba de dinamometría isocinética para la evaluación del movimiento de flexión/abducción-extensión/aducción del hombro.



Fig. 2. Esta figura muestra la realización de una prueba de dinamometría isocinética para la evaluación del movimiento de rotación interna-rotación externa del hombro, con el paciente en decúbito supino y el brazo en una posición de abducción de 45° en el plano de la escápula.

La amplitud de movimiento en el que se decidió que se hicieran las pruebas también fue homogénea, suprimiendo los recorridos extremos. De este modo se determinó una amplitud de 30°-160° para el movimiento de flexión/abducción-extensión/aducción, 70° de rotación interna y 60° de rotación externa.

Una vez diseñado el estudio, se comenzaron a efectuar las pruebas en la muestra seleccionada. Cada participan-

86 te se sometía a un programa de calentamiento inicial antes de llevar a cabo el registro definitivo, así como a un adiestramiento exhaustivo con el equipo.

En cada uno de los ejercicios efectuados se registraron cinco repeticiones del movimiento completo solicitado en cada caso. Al finalizar cada registro se observaba el coeficiente de variación realizado en el ejercicio (parámetro que mide la homogeneidad entre las repeticiones de un ejercicio). Si este coeficiente de variación era superior al 10 % se determinaba que las cinco repeticiones registradas no eran lo suficientemente homogéneas entre sí como para poder derivar conclusiones comunes, con lo que se volvía a repetir hasta que el registro se diera por válido.

De este modo, de cada individuo integrante de la muestra se obtuvieron ocho registros (cuatro de cada uno de los movimientos evaluados). El material obtenido en la totalidad de la muestra se empleó posteriormente para la elaboración de conclusiones.

Con este fin se seleccionaron las siguientes variables para su análisis en relación con un parámetro constante (velocidad de las pruebas):

- *Momento torsional punta (peak torque)*. Este parámetro corresponde al módulo del momento angular específico más elevado del ejercicio isocinético. Se mide en Newtons por metro (N·m).
- *Ángulo de movimiento en el que se alcanzó el momento torsional punta.*
- *Repetición del ejercicio en la que se alcanzó el momento torsional punta.*
- *Trabajo desarrollado durante la prueba.* El trabajo es la capacidad de un grupo de músculos para producir el desplazamiento del segmento esquelético correspondiente. Se mide en Julios (J).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez llevada a cabo la distribución de los datos recogidos, el paso siguiente en nuestro estudio fue el análisis de los resultados.

Para ello calculamos el valor medio de cada una de las variables recogidas. En las tablas 3-6 se muestran estos valores medios con sus respectivos intervalos de confianza.

Al observar detenidamente estas tablas, se puede determinar la variación de cada uno de los valores con respecto a la velocidad de la prueba, obteniendo los siguientes resultados:

Respecto al ángulo en el que se alcanza el pico máximo de fuerza

Movimiento de flexión/abducción (fig. 3)

En este movimiento, a medida que aumentamos la velocidad de la prueba, el ángulo en el que se alcanza el pico de fuerza disminuye, observándose una relación inversa entre las dos variables (velocidad y ángulo de movimiento).

Esta relación no se cumple en la cuarta prueba, aquella en la que la velocidad es mayor. Se sospecha que esta situación se produce por la dificultad de los participantes para alcanzar la velocidad predeterminada, con lo que el ejercicio no se realizaría en unas condiciones netamente isocinéticas. De este modo, los resultados de esta última prueba no se consideran significativos.

Teniendo en cuenta esta última premisa y la relación antes descrita, podríamos decir que a una mayor velocidad en la ejecución de las pruebas, la musculatura efectora se contrae eficazmente a partir de un mayor grado de elongación, es decir, alcanza precozmente el pico de fuerza.

De cualquier modo, se puede observar en la tabla que cualquiera que sea la velocidad de actuación, el pico de momento de fuerza se alcanza en el primer tercio del campo cinético establecido, que corresponde con el sector de alargamiento de la musculatura agonista (primeros 40° de movimiento).

Movimiento de extensión/aducción (fig. 4).

En este movimiento no se observa relación entre las dos variables.

La única conclusión que podemos obtener a raíz de este análisis es el hecho de alcanzar el pico de fuerza en la primera mitad del recorrido de extensión, es decir, en el recorrido intermedio y de alargamiento de la musculatura agonista.

Tabla 3. Distribución de medias (con sus respectivos intervalos de confianza) del ángulo de movimiento en el que se alcanza el pico máximo de fuerza (medido en grados) para cada uno de los movimientos en función de la velocidad de las pruebas

V(°/s)	Flex/abd	Ext/ad	Rot ext	Rot int
90	68,6 +/- (6,71)	92,5 +/- (7,98)	-40,2 +/- (16,15)	36,3 +/- (5,32)
150	60,9 +/- (5,91)	100,3 +/- (8,46)	-43,5 +/- (18,13)	42,1 +/- (5,86)
250	56,7 +/- (7,09)	85,3 +/- (12,02)	-48,8 +/- (4,7)	48,8 +/- (5,44)
350	61,3 +/- (7,95)	103,3 +/- (10,22)	-49,7 +/- (2,05)	55,3 +/- (4,72)

Tabla 4. Distribución de medias (con sus respectivos intervalos de confianza) del número de repetición en el que se alcanza el pico máximo de fuerza para cada uno de los movimientos en función de la velocidad de las pruebas

V(°/s)	Flex/abd	Ext/ad	Rot ext	Rot int
90	2,52 +/- (0,53)	2,91 +/- (0,39)	2,82 +/- (0,39)	2,7 +/- (0,37)
150	2,79 +/- (0,37)	2,9 +/- (0,4)	2,88 +/- (0,36)	2,63 +/- (0,37)
250	2,91 +/- (0,38)	2,7 +/- (0,37)	2,83 +/- (0,32)	2,77 +/- (0,37)
350	2,69 +/- (0,34)	2,93 +/- (0,4)	2,82 +/- (0,31)	2,8 +/- (0,37)

Tabla 5. Distribución de medias (con sus respectivos intervalos de confianza) del pico máximo de fuerza alcanzado para cada uno de los movimientos (medido en N·m) en función de la velocidad de las pruebas

V(°/s)	Flex/abd	Ext/ad	Rot ext	Rot int
90	30,1 +/- (3,47)	43,9 +/- (6,43)	19 +/- (2,51)	25,5 +/- (3,86)
150	30,5 +/- (2,96)	42,3 +/- (6,27)	18,6 +/- (2,72)	25 +/- (3,86)
250	28,3 +/- (3,36)	40,1 +/- (6,41)	18,4 +/- (2,14)	24,7 +/- (3,45)
350	29,1 +/- (3,57)	30,9 +/- (7,48)	18,9 +/- (2,15)	25,3 +/- (4,1)

Tabla 6. Distribución de medias (con sus respectivos intervalos de confianza) del trabajo desarrollado para cada uno de los movimientos (medido en Julios) en función de la velocidad de las pruebas

V(°/s)	Flex/abd	Ext/ad	Rot ext	Rot int
90	284,5 +/- (36,83)	437,3 +/- (66,69)	167,4 +/- (20,2)	299,4 +/- (42,34)
150	254,5 +/- (30,71)	369,5 +/- (63,04)	152,4 +/- (21,4)	299,4 +/- (41,98)
250	214,16 +/- (26)	325,9 +/- (42,28)	139,4 +/- (18,09)	206,4 +/- (33,58)
350	238,5 +/- (26,6)	351,5 +/- (50,64)	137,8 +/- (17,73)	196,1 +/- (31,63)

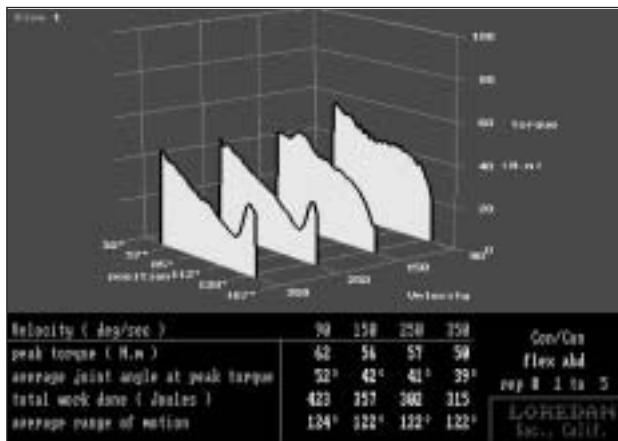


Fig. 3. Gráfica representativa de las variaciones del pico de momento de fuerza, ángulo correspondiente al mismo, y trabajo realizado en relación con la velocidad del ejercicio durante el movimiento de flexión/abducción del hombro.

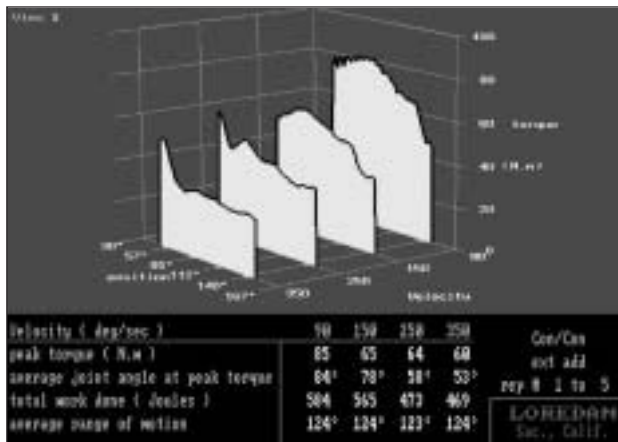


Fig. 4. Gráfica representativa de las variaciones del pico de momento de fuerza, ángulo correspondiente al mismo, y trabajo realizado en relación con la velocidad del ejercicio durante el movimiento de extensión/aducción del hombro.

Movimiento de rotación externa (fig. 5)

En el movimiento de rotación externa se puede observar que a medida que aumenta la velocidad de las pruebas, el ángulo en el que se alcanza el pico disminuye, es decir, éste se consigue antes en el recorrido articular.

En conjunto, independientemente de la variación observada en relación con los cambios en las velocidades de las pruebas, el sector del campo cinético en el que se alcanzan los picos de fuerza se encuentra en el primer tercio del arco total del movimiento de rotación.

Movimiento de rotación interna (fig. 6)

En cuanto al movimiento de rotación interna se observa una variación semejante al movimiento de rotación externa: a medida que aumenta la velocidad de las pruebas, el pico máximo de fuerza aparece antes en el recorrido articular.

Del mismo modo, el alcance de estos picos se ha obtenido en el primer tercio del recorrido de rotación interna.

Respecto al número de repetición del ejercicio en el que se alcanzó el pico de momento de fuerza

En todas las pruebas se observa que los individuos tienden a alcanzar el pico de momento de fuerza entre la segunda y tercera repetición del ejercicio.

Respecto al pico de momento de fuerza alcanzado

Movimiento de flexión/abducción (fig. 3)

En este movimiento no se observa relación constante entre las variables, si bien sí se observa que la variación de los valores en las diferentes velocidades es mínima.

Movimiento de extensión/aducción (fig. 4)

En este movimiento se observa cómo el valor medio del pico de momento de fuerza alcanzado en las pruebas disminuye a medida que aumenta la velocidad de ejecución de las mismas (se obtiene una relación inversa entre las variables).

Movimiento de rotación externa-rotación interna (figs. 5 y 6)

Durante el movimiento de rotación glenohumeral se observa también una disminución del pico máximo de fuerza alcanzado en relación con el aumento en la velocidad de las pruebas.

Fig. 5. Gráfica representativa de las variaciones del pico de momento de fuerza, ángulo correspondiente al mismo, y trabajo realizado en relación con la velocidad del ejercicio durante el movimiento de rotación externa del hombro.

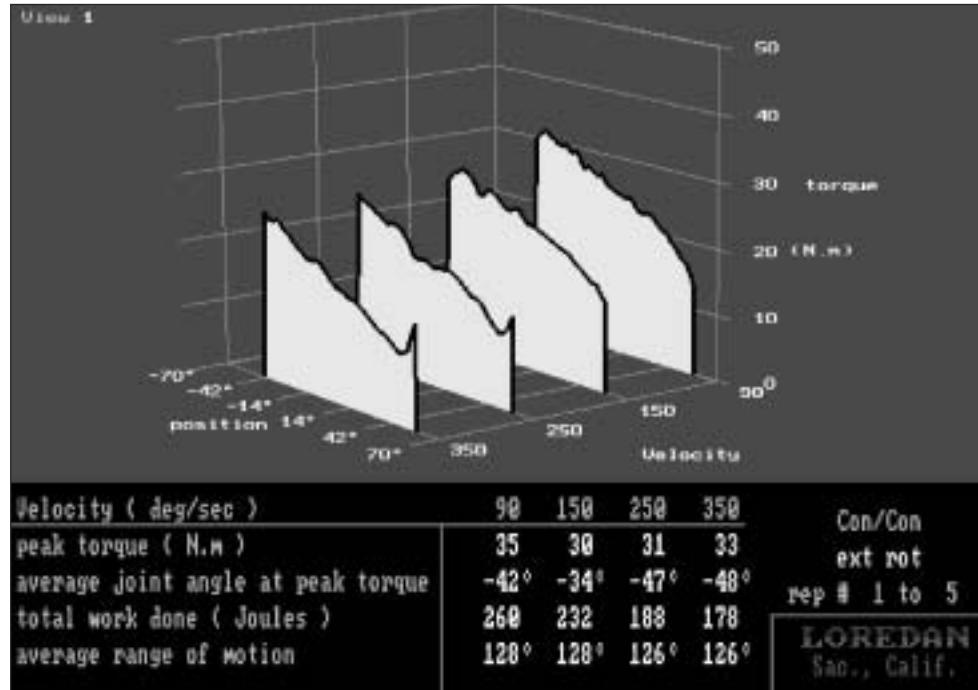
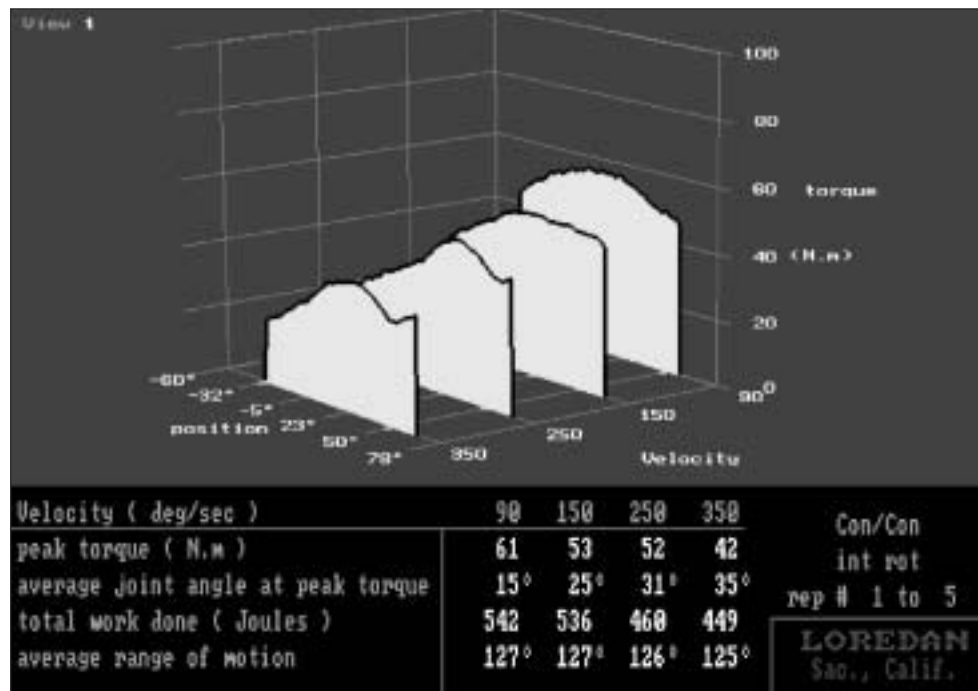


Fig. 6. Gráfica representativa de las variaciones del pico de momento de fuerza, ángulo correspondiente al mismo, y trabajo realizado en relación con la velocidad del ejercicio durante el movimiento de rotación interna del hombro.



90 Esta variación no se respeta en la última prueba, realizada a $350^\circ/\text{sg}$, sospechamos que debido a la dificultad de los individuos para alcanzar una velocidad tan elevada.

Para evitar conclusiones erróneas se consideran despreciables los valores de esta última prueba.

Respecto al trabajo realizado en el transcurso de las pruebas (figs. 3-6)

La variación del trabajo desarrollado en las pruebas respecto a la velocidad de las mismas sigue una relación inversa en todos los movimientos evaluados, como puede observarse en la tabla 6.

Con esto queremos decir que si al incrementar la velocidad del movimiento el trabajo desarrollado por los individuos de nuestra muestra disminuye, esto es debido al déficit muscular para desarrollar fuerza torsional, ya que la cantidad de desplazamiento siempre es constante.

CONCLUSIONES

A modo de resumen y teniendo en cuenta el análisis de resultados desarrollado anteriormente, podemos extraer del presente trabajo las siguientes conclusiones:

- En relación al ángulo correspondiente al pico de momento de fuerza, el comportamiento de la musculatura del hombro muestra caracteres similares en los movimientos de flexión, rotación interna y externa. Concretamente se desarrolla en el primer tercio del campo cinético preestablecido para cada uno de los movimientos, mostrando durante el re-

corrido restante, un declive progresivo de la fuerza concéntrica.

- Este hecho podría justificarse a partir del estado de pretensión de la fibra muscular en el recorrido de alargamiento, que sin duda favorece la aparición temprana del pico de momento de fuerza. La disminución de la misma a partir de un acortamiento muscular progresivo, refleja la escasa capacidad de acortamiento de estos músculos.
- Este fenómeno se acentúa con el incremento de la velocidad de la prueba en relación a la disminución de la capacidad muscular para desarrollar fuerza isocinética concéntrica.
- La capacidad muscular para desarrollar fuerza isocinética concéntrica es, por tanto, inversamente proporcional a la velocidad del ejercicio concéntrico, en base a una integración submáxima de unidades motoras durante la contracción.
- Este fenómeno implica, por consiguiente, la relación inversa entre el trabajo isocinético concéntrico y la velocidad del movimiento, si bien las variaciones del pico de momento de fuerza no se corresponden con las del trabajo durante el movimiento de flexión/abducción.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos mostrar nuestro agradecimiento a la Escuela Universitaria de Fisioterapia de la ONCE y a todos aquellos que, dentro de ella, han hecho posible la elaboración de este trabajo, especialmente a D.^a Jean Boyd.

BIBLIOGRAFÍA

1. Perrin DH. Isocinética. Ejercicios y evaluación. Bellaterra 2.000, 1994.
2. Huesa. Isocinéticos. Metodología y utilización. Madrid: MAPFRE, 2000.
3. Blas LM, Vázquez C, Martínez I. Valoración isocinética de la musculatura rotadora del hombro. Selección, 1998;4:15-24.