

Análisis isocinético de la flexo-extensión de la rodilla y su relación con la antropometría del miembro inferior

A. SLOCKER DE ARCE, J CARRASCOSA SÁNCHEZ, F. J FERNÁNDEZ CAMACHO, C. CLEMENTE DE ARRIBA y L GÓMEZ PELLICO

Departamento de Ciencias Morfológicas y Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (Madrid).

Resumen.—En este trabajo estudiamos la fuerza muscular isocinética de la articulación de la rodilla y las variables antropométricas más significativas de los individuos analizados. La muestra fue de 60 sujetos jóvenes voluntarios y sanos (30 hombres, 30 mujeres).

Se determinaron: 1º) Momento máximo de fuerza (Nm) y momento máximo/peso corporal (%), en la extensión y en la flexión a 60º/s en ambos miembros inferiores mediante test isocinéticos (dinamómetro Biode). 2º) Perímetro de muslo, perímetro de pierna y longitud de miembro inferior.

Se realizó un estudio comparativo entre extremidad derecha e izquierda (t de Student) y entre sexos (ANOVA), además se analizaron las correlaciones entre variables isocinéticas y antropométricas.

Aparecieron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables a favor del lado derecho menos en la variable longitud del miembro inferior. Igualmente el factor sexo determinó diferencias en todas las variables a excepción del perímetro del muslo, siendo estas mayores en los varones. Por último, el análisis de correlación entre las distintas variables, permitió constatar algunas interdependencias entre las variables morfológicas y de actividad muscular que pueden ser aplicadas en el campo clínico.

Palabras clave: *Isocinética. Antropometría. Rodilla. Miembro inferior.*

ISOKINETIC ANALYSIS OF FLEXION-EXTENSION OF THE KNEE AND ITS RELATIONSHIP WITH THE ANTHROPOMETRY OF THE LOWER LIMB

Summary.—In this work, we study the isokinetic muscular strength of the knee joint and the most significant anthropometric variables of the individuals analyzed. The sample was made up of 60 young, voluntary and healthy subjects (30 men, 30 women). The following were determined: 1) Maxi-

mum moment of strength (Nm) and maximum moment/body weight (%) in the extension and flexion of 60º/s in both lower limbs by isokinetic tests (Biode dynamometer). 2) Muscle circumference, leg circumference and length of lower limb. A comparative study was performed between the right and left limb (Student's t) and between genders (ANOVA). In addition, the correlations between isokinetic and anthropometric variables were analyzed. Statistically significant differences appeared in all the variables in favor the right side except in the length variable of the lower limb. In addition, the gender factor determined differences in all the variables except the muscle circumference, these being greater in the males. Finally, the analysis of the correlation between the different variables made it possible to observe some interdependencies between the morphological variables and the muscular activity that can be applied in the clinical field.

Key words: *Isokinetic. Anthropometry. Knee. Lower limb.*

INTRODUCCIÓN

La dinamometría isocinética representa actualmente uno de los métodos más objetivos de cuantificación de la fuerza muscular humana en condiciones dinámicas, habiéndose demostrado en numerosas publicaciones la fiabilidad, validez y reproducibilidad de las variables obtenidas^{1,2}, por lo que cada vez se utiliza con más frecuencia en la clínica. Es conocido que a mayor desarrollo muscular, objetivado antropométricamente por el aumento de su volumen, corresponde una mayor fuerza isocinética. En el caso de la rodilla cualquier patología condiciona una pérdida de fuerza global de los músculos del muslo, lo que se refleja en la clínica entre otros signos, por una disminución de sus dimensiones debido a la atrofia muscular. Por ello el propósito de este estudio fue, en primer lugar, obtener medidas antropométricas de los miembros infe-

Trabajo recibido el 29-III-01. Aceptado el 12-XII-01.

TABLA 1. Datos muestrales. Diferencias por sexo.

	<i>Hombres (n=30)</i> media (DT)	<i>Mujeres (n=30)</i> media (DT)	<i>ANOVA</i> Valor-p
Peso (Kg)	72,53 (9,83)	53,93 (6,75)	≤ 0,0001
Altura(cm)	175,11 (5,83)	161,60 (6,18)	≤ 0,0001
Edad	18,77 (0,82)	18,63 (0,61)	n.s.

DT = desviación típica.

riores y de la fuerza muscular isocinética de la flexo-extensión de la rodilla, tratando de evidenciar la existencia de asimetría y dimorfismo morfológico y funcional. En segundo lugar, constatar y definir estadísticamente la interrelación entre tales dimensiones morfológicas y la fuerza isocinética del aparato flexo-extensor de la rodilla. Finalmente analizar las correlaciones entre las variables morfológicas y de fuerza que pueden ser aplicadas en el campo clínico, aportando en su caso las ecuaciones de las rectas de regresión.

MATERIAL Y MÉTODOS

La muestra analizada constó de 60 sujetos jóvenes (30 hombres y 30 mujeres) voluntarios, sanos y sin patología aparente del aparato locomotor, no deportistas, cuyos valores de edad, talla y peso se presentan en la tabla 1. Todos los sujetos, excepto dos, eran diestros, siendo la escritura el criterio para establecer la dominancia teórica del miembro inferior.

Valoración isocinética

Para la obtención de las medidas isocinéticas fue empleado un dinamómetro Biodex 2000. Con el fin de obtener fiabilidad en las medidas se siguió un riguroso protocolo³⁻⁵. Se calibró el dinamómetro antes de cada estudio. Se colocó al sujeto sentado con un ángulo de inclinación de la pelvis^{6,7} de 110°. Se efectuó la alineación del eje de rotación articular de la rodilla a 90°, determinado mediante la palpación de la cara externa del cóndilo lateral femoral, con el eje del dinamómetro. Se alineó el eje longitudinal de la pierna con el brazo de palanca, situando la resistencia del sistema en el de tercio distal de la pierna inmediatamente por encima del maleolo tibial. Para evitar compensaciones sinérgicas se inmovilizó al sujeto con correas en región pectoral y pélvica y tercio distal del muslo. Previamente al estudio, se realizó un precalentamiento muscular con el mismo dinamómetro mediante esfuerzos submáximos a la vez que el sujeto se familiarizaba con el sistema y por último se realizó la corrección del efecto de la gravedad^{3,8}.

El estudio se analizó en la modalidad isocinética concéntrica, a una velocidad de 60°/s, realizando cinco flexo-extensiones máximas. De la mayor de ellas se obtuvo el momento máximo de fuerza en Nm (MMF) y su valor normalizado por el peso corporal Momento máximo/peso corporal en %(MMF), durante la extensión (MMFE) y la flexión (MMFF) en cada uno de los miembros inferiores. El sujeto fue alejado durante toda la prueba.

Valoración antropométrica

El método empleado para describir los parámetros morfométricos fue el esquema seguido por Flügel et al⁹. Se analizaron:

Longitud de la extremidad inferior (LMI); se determinó con el sujeto en decúbito supino, con cinta métrica, como la línea rectilínea que va desde la espina ilíaca antero superior (iliospinale) al maleolo tibial (sphyrión tibiale), con la rodilla en extensión y sin modificar la actitud rotatoria del miembro inferior¹⁰.

Perímetro máximo del muslo (PM); con cinta métrica se obtuvo el mayor perímetro del muslo en un plano perpendicular al eje longitudinal de la extremidad inferior, no corresponde pues con el perímetro a nivel ni del pliegue subglúteo propuesto por otros autores^{11,12}, ni del punto medio o del segmento distal del muslo.

Perímetro máximo de la pierna (PP); también con la cinta métrica se obtuvo el mayor perímetro de la pierna, en un plano perpendicular al eje longitudinal de la misma¹¹⁻¹³.

Análisis estadístico

Fue empleado el paquete estadístico SPSS. Se realizó la comparación de medias de las variables mediante el t-test para muestras apareadas entre lados. ANOVA del factor sexo y comparación de medias para muestras independientes mediante la prueba de la t de Student. Para ambos tests la diferencia se consideró estadísticamente significativa cuando $p < 0,05$. Se obtuvieron los coeficientes de correlación de Pearson entre cada dos variables del estudio. Se obtuvieron las ecuaciones de rectas de regresión lineal entre las variables antropométricas y las de fuerza isocinética que manifestaron un coeficiente de correlación estadísticamente significativo.

RESULTADOS

En la tabla 2 observamos que, en la comparación de lados del momento máximo de fuerza (MMF) apa-

TABLA 2. Datos descriptivos, diferencias entre lados y diferencias entre sexo.

	HOMBRES				MUJERES				Sig.		
	Derecha		Izquierda		Sig.	Right		Left		Dcha	Izda
	media	(DT)	media	(DT)		media	(DT)	media	(DT)		
MMFE	203,1	(30,1)	192,7	(34)	**	111,2	(21,5)	102,2	(22,1)	***	***
MMPE	283,1	(40,3)	263,1	(54,9)	**	206,1	(26,2)	188,7	(26,5)	***	***
MMFF	117,8	(25,4)	110,7	(23)	*	63,7	(10,5)	59,7	(12,5)	*	***
MMPF	163,4	(29,8)	154,1	(28,3)	*	118,8	(18,9)	111,1	(19,4)	*	***
LMI	94,9	(6,2)	94,7	(6,1)		87,07	(4,9)	87,05	(4,8)	**	**
PM	57,2	(3,8)	56,7	(3,8)	*	56,3	(3,4)	55,8	(3,4)	**	
PP	37,3	(2,5)	36,9	(2,4)	**	34,9	(2,5)	34,4	(2,3)	**	***

MMFE- Momento máximo de fuerza en extensión (Nm), MMPE - Momento máximo/peso corporal Extensión (%), MMFF- Momento máximo de fuerza en flexión (Nm), MMPF- Momento máximo/peso corporal Flexión (%), LMI Longitud miembro inferior (cm), PM- Perímetro máximo de muslo (cm), PP- Perímetro máximo de pierna (cm). Sig* p ≤ 0,05, ** p ≤ 0,01, *** p ≤ 0,001.

recen diferencias estadísticamente significativas, tanto en la extensión (MMFE) como en la flexión (MMFF) y en los dos grupos de sexo; en general suele haber una ligera diferencia de fuerza máxima entre el miembro inferior derecho y el izquierdo, de un 5-6% en hombres y de un 6-8% en mujeres, siendo mayor en ambos casos en el miembro inferior derecho. Los perímetros del muslo (PM) y de la pierna (PP) fueron significativamente mayores en el lado derecho. En la longitud del miembro inferior no aparecieron estas diferencias.

El análisis univariante (ANOVA) mostró que el factor sexo determina diferencias en las variables talla y peso (tabla 1). En la comparación del momento máximo de fuerza (tabla 2) entre los hombres y las mujeres, tanto en el movimiento de extensión (MMFE) como en el de flexión (MMFF), destaca que, independientemente del lado o tipo de movimiento, los hombres consiguieron un momento máximo de fuerza un 47 % mayor que el de las mujeres. Asimismo, la longitud del miembro inferior (LMI) y el perímetro de la pierna (PP) de los hombres fue significativamente mayor que los de las mujeres, pero en el perímetro de muslo estas diferencias de sexo no se presentaron.

En el estudio de correlaciones, como cabría esperar, tanto en el grupo de hombres (tabla 3) como en el de mujeres (tabla 4) y en ambos miembros inferiores, presentaron fuertes interdependencias entre sí las variables de fuerza por un lado, y las variables antropométricas PM y PP por otro.

Se obtuvieron correlaciones positivas estadísticamente significativas de las variables de fuerza con las antropométricas en los hombres (tabla 3): del MMFE del grupo muscular extensor derecho con el PP del mismo lado, del MMFF del grupo flexor derecho con LMI y con PP; y del MMFF del grupo flexor izquierdo con LMI y con PP.

También se obtuvieron correlaciones positivas estadísticamente significativas entre las variables de fuerza y antropométricas en las mujeres (tabla 4): del MMFE del grupo muscular extensor derecho con LMI, PM y PP; del MMFE del grupo extensor izquierdo con LMI y PM; del MMFF del grupo flexor derecho con PM; del MMFF del grupo flexor izquierdo con PM y PP.

Por último, de aquellas correlaciones que han presentado un coeficiente de correlación significativo, se han calculado las rectas de regresión.

TABLA 3. Correlaciones entre variables de fuerza y antropometría en hombres.

Hombres		Lado derecho				Lado izquierdo									
MMFF	0,796***			0,419*	0,750**	0,604***	0,427*	0,479**	0,683***						
MMFE	0,457*	0,398*	LMI	0,750**	0,479**	0,604***	0,427*	0,683***	0,683***						
PM			PM												
PP			PP												
	MMFE	MMFF	LMI	PM		MMFE	MMFF	LMI	PM						

MMFE = Momento Máximo de Fuerza en Extensión, MMFF = Momento Máximo de Fuerza en Flexión, LMI = Longitud Miembro Inferior, PM = Perímetro Máximo de Muslo, PP = Perímetro Máximo de Pierna. Valor de r de Spearman y significación = * p ≤ 0,05, ** p ≤ 0,01, *** p ≤ 0,001.

TABLA 4. Correlaciones entre variables de fuerza y antropometría en mujeres.

Hombres

<i>Lado derecho</i>					<i>Lado izquierdo</i>				
MMFF	0,620***				MMFF	0,611***			
LMI	0,388*				LMI	0,542**			
PM	0,722**	0,456*			PM	0,646***	0,563**		
PP	0,451*			0,818***	PP		0,377*		0,793***
	MMFE	MMFF	LMI	PM		MMFE	MMFF	LMI	PM

MMFE = Momento Máximo de Fuerza en Extensión, MMFF = Momento Máximo de Fuerza en Flexión, LMI = Longitud Miembro Inferior, PM = Perímetro Máximo de Muslo, PP = Perímetro Máximo de Pierna. Valor de *r* de Spearman y significación = * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p < 0,001$.

DISCUSIÓN

A pesar de ser un aspecto ampliamente tratado en la literatura, la definición y la determinación de «lado dominante» en los miembros inferiores no presenta un acuerdo unánime entre los diferentes autores. Efectivamente, diversos estudios no encontraron diferencias significativas en el desarrollo del momento máximo de fuerza en los músculos flexo-extensores de la rodilla entre los denominados miembro dominante y no dominante¹⁴⁻¹⁷. Sin embargo en contraposición con lo anterior, algunos trabajos sí demostraron una actividad muscular mayor en el lado dominante¹⁸. Además en investigaciones de análisis de fuerza muscular en grupos de diferente género, observaron que en los hombres existía una fuerza muscular mayor en el miembro dominante y sin embargo en el grupo de mujeres analizado no aparecía dicha diferencia¹⁹. Por otro lado, algunos autores no encontraron diferencias en la fuerza entre los lados derecho e izquierdo y sin embargo sí las encontraron al agrupar los resultados por «miembro dominante y no dominante»²⁰. En determinados estudios, se adoptó la decisión de definir como miembro inferior dominante al que desarrollaba una actividad específica tal como «pierna preferida para golpear un balón»^{16,19,21}, otros por el contrario asignaron la denominación de «lado dominante» para el miembro inferior que mostró mayor fuerza muscular a través de un análisis dinamométrico²⁰. Nosotros, al igual que algunos autores^{17,22}, asumimos la dominancia del miembro inferior de acuerdo con la del superior, siguiendo como criterio la mano libremente elegida para escribir. En nuestro caso, este criterio ha puesto de relieve una mayor fuerza muscular en el lado denominado dominante, es decir, las personas diestras tienen mayor fuerza flexora en el miembro inferior derecho.

La diferencia entre lados en los perímetros del muslo y de la pierna en nuestro estudio, siendo mayores los valores en el lado derecho, se puede relacionar

con mayor desarrollo muscular y por tanto con mayores momentos en el lado derecho. En estudios antropométricos previos también se han establecido asimetrías somatométricas en función del distinto uso dado a cada miembro inferior. Singh²³ observó en una muestra de voluntarios sanos una asimetría funcional en los miembros inferiores, afirmando que la mayoría de los diestros así como casi todos los zurdos usan más la extremidad inferior izquierda para la marcha y la transmisión del peso. Dogra y Singh²⁴ encontraron que en la mayoría de los casos el fémur izquierdo pesa más que el derecho. Para algunos autores se encuentran diferencias en variables morfológicas lineales a favor del lado izquierdo en el coxal, lo que sugeriría un distinto uso con relación a la transmisión de carga²⁵, y algún autor refiere asimetría en la longitud de los miembros inferiores del adulto a favor del miembro izquierdo²⁶. Otros observan que los individuos diestros de mano utilizan más por compensación el miembro inferior izquierdo y que por ello el esqueleto y la musculatura de esta extremidad están más desarrollados en el adulto. Afirman además que tal diferencia no existe al nacimiento, y que en el niño pequeño el miembro inferior izquierdo es más corto, siendo en la adolescencia cuando el miembro inferior derecho se hace más corto al utilizarse más como miembro estático y el izquierdo más grande al ser el dinámico²⁷. Mediante plataformas dinamométricas se han encontrado algunas diferencias en parámetros de marcha de las que cabe destacar que el pie izquierdo apoya durante más tiempo que el pie derecho²⁵. Esta diferencia de uso es independiente del factor sexo ya que los parámetros de marcha difieren poco entre varones y mujeres²⁸. A pesar de todo lo dicho, en nuestra muestra no hemos encontrado diferencias de lados en la longitud de los miembros inferiores, pero sí en los perímetros a favor del miembro inferior derecho.

En la comparación del MMFE y MMFF entre sexos, como es de suponer, los hombres presentaron siempre valores de fuerza significativamente mayores que

las mujeres, tanto en el MMFE como en MMFF, descartando así las posibles diferencias de fuerza debidas al tamaño corporal. Este predominio de fuerza muscular de los varones frente a las mujeres ha sido corroborado en numerosas ocasiones en la literatura especializada tanto por métodos isométricos²⁹ como isocinéticos¹⁶, así como en distintos grupos de edad: infantil^{15,30}, jóvenes²⁰ y en ancianos³¹.

Nuestros datos permiten afirmar la existencia de dimorfismo sexual en la longitud de la extremidad inferior y en el perímetro de la pierna, que análogamente pudiera atribuirse al diferente tamaño corporal dadas las diferencias en talla y peso de nuestra muestra, sin embargo, no hemos podido constatar diferencias en el perímetro máximo del muslo entre ambos sexos, coincidiendo con algunos estudios publicados^{32,33}.

En el estudio de correlaciones, en ambos sexos y en ambos miembros inferiores, se evidenciaron fuertes interdependencias entre las variables de fuerza MMFE y MMFF³⁴ y entre las variables antropométricas PP y PM. Se debe señalar, no obstante, que no se pudieron demostrar correlaciones entre los perímetros de la pierna y muslo con la longitud de la extremidad inferior, de lo que se puede deducir que esta relación es independiente del factor de la talla y, consecuentemente, las diferencias entre varones y mujeres para el perímetro de la pierna y la longitud de la extremidad inferior, apuntan a un factor dimórfico sexual no atribuible al tamaño corporal.

Al analizar los resultados del análisis de correlación lineal entre las variables de fuerza y las antropométricas, merecen ser destacados los siguientes hechos. En los hombres el grupo muscular extensor de la rodilla tuvo un comportamiento diferente en las dos extremidades inferiores. Efectivamente, en el lado derecho el MMFE presentó una correlación estadísticamente significativa con el PP, sin embargo en el lado izquierdo dicha correlación no pudo ser demostrada. Cabría interpretar esta disparidad en el hecho de que la dominancia del miembro inferior derecho define una mejor y más completa relación funcional entre estas variables, no siendo así en el lado contralateral. Este comportamiento se mantiene en el sexo femenino, lo que corrobora la idea de que el factor de lateralidad influye sobre cualquier otro en este comportamiento.

Debe, sin embargo, admitirse que la no evidencia de correlación con el perímetro del muslo y sí con el de la pierna, puede parecer sorprendente. Nosotros interpretamos el hecho en función de la lateralidad con un mayor desarrollo de los músculos de la pantorrilla en el lado derecho.

Por último debe señalarse que en ambos sexos, el valor del coeficiente de correlación aún siendo esta-

TABLA 5. Ecuaciones de regresión de las medidas isocinéticas y antropométricas en hombres.

Ecuación de regresión	SEE
<i>Derecha</i>	
MMFE = 0,61119 + 5,42617 × PP	27,30
MMFF = -30,5581 + 3,97486 × PP	23,71
MMFF = -43,8654 + 1,70354 × LMI	23,46
<i>Izquierda</i>	
MMFF = -56,1358 + 4,51653 × PP	20,66
MMFF = -42,3493 + 1,61531 × LMI	21,28

SEE = error estándar de la estimación.

MMFE = Momento Máximo de Fuerza en Extensión, MMFF = Momento Máximo de Fuerza en Flexión, LMI = Longitud Miembro Inferior, PM = Perímetro Máximo de Muslo, PP = Perímetro Máximo de Pierna.

dísticamente significativo, es bajo por lo que el coeficiente de determinación ($r^2 = 0,2$) nos indica que la influencia del PP sobre el MMFE nos sugiere el 20%

En el grupo de mujeres el MMFE también presenta interdependencia estadísticamente significativa con el PM y el LMI en ambos miembros inferiores. Parecerá, de acuerdo con estos resultados, que en el grupo femenino, existe una construcción funcional más definida que en el masculino.

La variable MMFF, en los hombres tiene una correlación estadísticamente significativa con el PP y la LMI en ambos miembros inferiores. Su comportamiento por tanto es muy similar en el MMFE en lo que respecta al PP.

TABLA 6. Ecuaciones de regresión de las medidas isocinéticas y antropométricas en mujeres.

Ecuación de regresión	SEE
<i>Derecha</i>	
MMFE = -21,8604 + 3,81079 × PP	19,53
MMFE = -143,049 + 4,51042 × PM	15,14
MMFE = -34,9545 + 1,67925 × LMI	20,18
MMFF = -14,7522 + 1,39159 × PM	9,51
<i>Izquierda</i>	
MMFE = -130,938 + 4,17151 × PM	17,15
MMFE = -114,588 + 2,49016 × LMI	18,88
MMFF = -8,36026 + 1,97623 × PP	11,82
MMFF = -55,6776 + 2,06617 × PM	10,54

SEE = error estándar de la estimación.

MMFE = Momento Máximo de Fuerza en Extensión, MMFF = Momento Máximo de Fuerza en Flexión, LMI = Longitud Miembro Inferior, PM = Perímetro Máximo de Muslo, PP = Perímetro Máximo de Pierna.

En las mujeres, y al igual que con el MMFE, el MMFF se correlaciona también con el perímetro del muslo.

Se puede por tanto afirmar en nuestro estudio, que en el hombre, el perímetro del muslo, tiene menos relación que el de la pierna respecto a los momentos de fuerza generados por los extensores de la rodilla y los músculos isquiotibiales, justamente lo contrario que en las mujeres, donde el perímetro del muslo parece tener una relación más clara con los momentos de fuerza tanto en extensores como en flexores. Analogamente en estudios previos^{35,36} no se encontraron correlaciones entre la fuerza muscular isocinética y el perímetro del muslo en rodillas con deficiencia de ligamento cruzado anterior, a pesar de que presentaban disminución del perímetro muscular y de la fuerza; dichos autores exponen que son necesarios mayores conocimientos de la fisiología muscular en el ligamento cruzado anterior para explicar tal falta de correlación. Ahora bien, en nuestro grupo de mujeres sí se presentan correlaciones significativas entre el momento máximo de fuerza por lo cual quizá pueda atribuirse al factor hormonal y mayor proporción de grasa en las mujeres y no al factor muscular.

Podemos concluir, que en nuestra muestra aparecen diferencias estadísticamente significativas a favor del lado derecho en todas las variables analizadas, menos en la longitud del miembro inferior. Asimismo, el factor sexo determinó diferencias en todas las variables a excepción del perímetro del muslo. Además existen correlaciones entre algunas variables isocinéticas y antropométricas en la región estudiada, pero claramente diferenciadas según el sexo, en los hombres el PP muestra interdependencias con el comportamiento de los MMFE y MMFF, mientras que en las mujeres estas variables correlacionan con el PM. No obstante, mediante las ecuaciones de rectas de regresión correspondientes que se aportan en las tablas 5 (hombres) y 6 (mujeres), se puede estimar indirectamente el valor del MMF a partir de los perímetros del muslo y de la pierna.

BIBLIOGRAFÍA

1. Feiring DC, Ellenbecker TS, Dercheid GL. Test-retest reliability of the Biodek isokinetic dynamometer. *JSP* 1990;11:298-300.
2. Wilk KD, Johnson RE. The reliability of the Biodek B-2000. *Phys Ther* 1988;68:792.
3. Multi-Joint System Manual. Applications/Operations. 3rd ed. Shirley: Biodek Corporation, 1988.
4. Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. 4th ed. Wisconsin: Sand S Publishers, 1992.
5. Perrin DH. Isokinetic exercise and assessment. Illinois: Human Kinetics Publishers, 1993.
6. Bohannon RW, Gajdosik RL, Leveau BF. Isokinetic knee flexion and extension torque in the upright sitting and semi-reclined sitting positions. *Phys Ther* 1986;66:1083-6.
7. Merllié A. Le dinamomètre isokinétique «Cybex II». Fiabilité des mesures. Étude réalisée sur le mouvement de flexion extension de genou. Thèse. Saint-Étienne. Paris, 1985.
8. Fillyaw M, Bevins T, Fernández L. Importance of correcting peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios. *Phys Ther* 1986;66:23-8.
9. Flügel B, Greil H, Sommer K. Antropologischer Atlas Grundlagen und Daten, Berlin: Verlag Tribune, 1986.
10. Knussmann R. Somatometrie. En: Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Begründet von Rudolf Martin. R Knussmann. Band I: Wesen und Methoden der Anthropologie. 1. Teil: Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden. Stuttgart: G Fischer; 1988. p. 232-82.
11. Mezzogiorno V. Morfotipología humana. Padova: Piccin Editrice, 1981.
12. Olivier G. Pratique anthropologique. Paris: Vigot Frères Éditeurs, 1960.
13. Brian L, Anaderio M, Rossi P. Tipi fisici e temperamenti umani. Compendio di Antropologia Constitucionalistica e Antropometria. Padova: Piccin Nuova Libraria, 1987.
14. Burnie J, Brodie DA. Isokinetic measurement in preadolescent males. *Int J Sports Med* 1986;7:205-9.
15. Gilliam TB, Villanacci JF, Freedson PS, Sady SP. Isokinetic torque in boys and girls ages 7 to 13: Effect of age, height, and weight. *Res Q Exerc Sport* 1979;50:599-609.
16. Holmes JR, Alderink GJ. Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring muscles in high school students. *Phys Ther* 1984;64:914-8.
17. Lindström B, Karlsson S, Gerdele B. Knee extensor performance of dominant and non-dominant limb throughout repeated isokinetic contractions, with special reference to peak torque and mean frequency of the EMG. *Clin Physiol* 1995;15:275-86.
18. Molnar GE, Alexander J. Development of quantitative standards for muscle strength in children. *Arch Phys Med Rehabil* 1974;55:490-3.
19. Wyatt MP, Edwards AM. Comparison of quadriceps and hamstring torque value during isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 1981;3:48-56.
20. Goslin BR, Charteris J. Isokinetic dynamometry: normative data for clinical use in lower extremity (knee) cases. *Scand J Rehabil Med* 1979;11:105-9.
21. Kannus P. Normality, variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic muscle testing. *Int Sports Med* 1992;13:249-56.
22. Borges O. Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20-70. *Scand J Rehabil Med* 1989;21:45-53.
23. Singh I. Functional asymmetry in the lower limbs. *Acta Anat* 1970;77:131-8.
24. Dogra SK, Singh I. Asymmetry in the bone weight in the human lower limbs. *Anat Anz* 1971;128:278-80.
25. Fernández Camacho FJ, Dankloff Mora C. Morphometric relationships in human gait. *An Anat* 1990;36:104-5.

26. Burwell RG, Vernon CL, Dangerfield PH. Medición del esqueleto. En: Owen R, Goodfellow J, Bullough P, eds. *Fundamentos científicos en ortopedia y traumatología*. Barcelona: Ed Salvat; 1984. p. 349-61.
27. Pérez Casas A, Bengoechea ME. *Anatomía Funcional del Aparato Locomotor*. Oviedo: Gráficas Summa, 1987.
28. Gómez Pellico L, Fernández Valencia R, Dankloff Mora C, Fernández Camacho FJ. *Ánalisis Biomecánico de la marcha humana normal*. Med Militar 1992;48:11-4.
29. Laubach LL. Comparative muscular strength of men and women: a review of the literature. *Aviat Space Environ Med* 1976;47:534-42.
30. Miyashita M, Kanehisa H. Dynamic peak torque related to age, sex, and performance. *Research Quarterly* 1979; 50:249-55.
31. Anianssoh A, Grimby G, Rundgren A. Isometric and isokinetic quadriceps muscle strength in 70 - year - old men and women. *Scand J Rehab Med* 1983; 9: 92-102.
32. Dankloff Mora C. *Ánalisis de la marcha humana*. [Tesis doctoral]. Ed. Universidad de Alcalá de Henares. España; 1991.
33. Piedade AJ. Contribution to the study of the sex differences growth of portuguese students (Queluz Town). En: Borms J, Hauspie R, Sand A, Susanne C, Hebbelink M, eds. *Human Growth and Development*. Belgium: 1984.
34. Stocker de Arce AM. *Estudio isocinético de la articulación de la rodilla en el plano sagital*. [Tesis doctoral]. Ed. Universidad de Alcalá de Henares. España; 1997.
35. Arangio GA, Chen C, Kalady M, Reed JF. Thigh muscle size and strength after anterior cruciate ligament reconstruction and rehabilitation. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26:238-43.
36. Lorentzon R, Elmquist L, Sjöstrom M, Fagerlund M, Fuglmeier AR. Thigh musculature in relation to chronic anterior cruciate ligament tear: muscle size, morphology, and mechanical output before reconstruction. *Am J Sports Med* 1989;17:423-9.

Correspondencia:

A. Stocker de Arce
Departamento de Ciencias Morfológicas y Cirugía
Facultad de Medicina, Universidad de Alcalá
Ctra. Madrid-Barcelona, Km 33,600
28871 Alcalá de Henares (Madrid)