

Evaluación isocinética de la musculatura flexoextensora de la rodilla en universitarios: estudio preliminar

Isokinetic assessment of the flexor-extensor knee musculature in university students: preliminary study

**M. A. Nerín
J. A. Montaño
L. Carrasco
J. L. Martínez Romero**

Departamento de Ciencias de la Salud, de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia. España.

RESUMEN

El estudio del rendimiento muscular puede basarse en la evaluación isocinética; aunque todavía son necesarias la interpretación y descripción de las curvas normales para que la valoración isocinética pueda utilizarse como referente en el seguimiento del entrenamiento deportivo o el diseño de programas que permitan la prevención de lesiones en el deporte.

El objetivo de este estudio es analizar las variables isocinéticas en jóvenes sanos para determinar si hay diferencias entre deportistas y no deportistas.

Se ha llevado a cabo un estudio isocinético en universitarios. Se ha valorado la musculatura flexoextensora de la rodilla a 60°/s y 180°/s en un dinamómetro Biodex System 3Pro con un software System 3 Advantage. Las variables estudiadas han sido: momento máximo de fuerza, potencia media, trabajo total y razón isquiosurales/cuádriceps.

Se han encontrado diferencias significativas ($p < 0,05$) a 60°/s en la potencia media; no hay diferencias significativas entre las demás variables. Se evidencian valores mayores entre los deportistas. El momento máximo de fuerza de los extensores es mayor que el de los flexores, lo que afecta a la variación de la razón flexores/extensores (isquiosurales/cuádriceps), tanto en los deportistas como en los no deportistas. La razón aumenta con la velocidad de estudio; se observan valores mayores entre los deportistas.

Se continúa trabajando en la valoración de jóvenes universitarios.

ABSTRACT

Study of muscle performance can be based on isokinetic assessment. Both description and interpretation of normal isokinetic curves are still necessary to be used as a reference for training control or for designing programmes to prevent sport injuries.

Trabajo de investigación financiado con cargo al Programa de Medidas de Apoyo y Fomento a la Investigación (PMAFI) de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (convocatoria 2003).

Correspondencia: M. Antonia Nerín y Juan Antonio Montaño.
Departamento de Ciencias de la Salud, de la Actividad Física y el Deporte.
Universidad Católica San Antonio de Murcia.
Campus de los Jerónimos, s/n. Pabellón 4. 30107 Guadalupe. Murcia. España.
Correo electrónico: manerin@pdi.ucam.edu

The aim of this study is to analyse several isokinetic variables in healthy young people in order to differentiate athletic (minimum of 6 hour / week of training) from nonathletic subjects.

An isokinetic study has been performed on university students, in which the flexor-extensor knee muscles were examined. BiodeX System3Pro Dynamometer for concentric analysis at speeds of 60° and 180° / sec. was used. The isokinetic variables studied are: peak-torque, total work, average power, coefficient of variation and flexors peak-torque/extensors peak-torque ratio.

In the preliminary results, we found significant differences ($p < 0.05$) between the two groups for average power at 60° / sec. There are no significant differences for the rest of variables; greater values were observed in the athletic group. The peak-torque developed by the extensors is greater than that of the flexors, which affects the variation (between 0.51 and 0.59) of the hamstrings/quadriceps (flexors/extensors) ratio, both in athletic and nonathletic subjects. This ratio rises when speed increases. Variation coefficients are between 6.3 ± 2.6 in both groups. Greater values were observed in athletic subjects.

We are still working in the assessment of a considerable number of university students with the purpose of finding more differences.

Palabras clave: Isocinéticos. Rodilla. Pruebas musculares. Balance muscular.

Key words: Isokinetics. Knee. Muscle testing. Muscle balance.

INTRODUCCIÓN

El estudio del rendimiento muscular puede basarse en la evaluación isocinética; aunque todavía son necesarias la interpretación y descripción de las curvas normales para que la valoración isocinética pueda utilizarse como referente en el seguimiento del entrenamiento deportivo o el diseño de programas que permitan la prevención de lesiones en el deporte¹⁻³.

«La prevención de lesiones requiere una valoración funcional muscular específica en todos los atletas y en todas las clases de deporte»³.

Objetivos

El objetivo de este estudio es realizar una valoración isocinética de la musculatura de extremidades inferiores en jóvenes sanos, para determinar si hay diferencias entre deportistas y no deportistas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se propone un estudio observacional analítico transversal.

Selección de la muestra

- La muestra se obtuvo de entre los alumnos matriculados en nuestra universidad durante el curso 2003/2004.
- El criterio de selección fue que se presentaran como voluntarios al estudio. En todos los casos se contó con el consentimiento informado.
- Como criterios de exclusión se consideraron las lesiones o patologías que pudieran contraindicar la valoración isocinética.

Valoración isocinética

- Para las valoraciones isocinéticas se utilizó un dinamómetro móvil BIODEX System 3 Pro (fig. 1) con sistema informático System3 Advantage Software (3.2).
- Todos los sujetos del estudio calentaron la musculatura flexoextensora de las rodillas en una bicicleta ergométrica Monark durante 10 min. Después, ya sobre el módulo de rodilla, se alineó el eje de movimiento de la rodilla con el eje del dinamómetro. Se realizó corrección de la gravedad.



Fig. 1.—Dinamómetro isocinético Biodex System 3 Pro.
Fig. 1.—Biodex System 3 PRO isokinetic dynamometer.

- Se analizaron los grupos musculares implicados en la flexoextensión de la rodilla utilizando un protocolo de evaluación bilateral de la rodilla CON/CON a 2 velocidades (60°/s y 180°/s) con 5 y 10 repeticiones respectivamente.
- Las variables estudiadas fueron: momento máximo de fuerza, trabajo total, potencia media y razón convencional flexores/extensores.
- Báscula y tallímetro.

Tratamiento estadístico

- Las mediciones se registraron en una tabla de Excel entre 2 personas, y posteriormente se revisaron para detectar los posibles errores.
- Se utilizó el programa informático SPSS versión 11.0.
- Se llevó a cabo un estudio estadístico para determinar la media, la desviación estándar, así como los valores extremos.

- Se realizó un análisis multivariante de la varianza, complementado con un análisis de tipo univariante (pruebas *post hoc* DMS).
- Además se llevaron a cabo análisis de correlación en los que se calculó el coeficiente de Pearson.
- En todos los casos se situó el intervalo de confianza (IC) en el 95%.

RESULTADOS

Se presentaron 21 voluntarios, de los que se excluyó a 2 por presentar lesión reciente de rodilla.

Los 19 restantes se dividieron en 2 grupos: deportistas (acreditaban al menos 6 h/semana de entrenamiento) y no deportistas (no practicaban deporte de forma programada).

- El grupo de no deportistas estaba integrado por 10 sujetos (8 varones y 2 mujeres), con edades comprendidas entre los 20 y los 30 años.
- El grupo de deportistas estaba formado por 9 sujetos (8 varones y 1 mujer), con edades comprendidas entre los 20 y los 27 años.

Debido al reducido número de mujeres en la muestra, en este trabajo se presentan los resultados de sus valoraciones isocinéticas.

El análisis de la varianza determinó que los valores registrados seguían una distribución normal y que no había diferencias significativas entre la pierna dominante y la no dominante, tanto en el grupo de deportistas como en el de no deportistas. Por ello, se reflejan los resultados de la extremidad dominante.

Los resultados que exponemos (tablas 1 a 3) hacen referencia a los varones incluidos en el estudio (5 en el grupo de deportistas y 6 en el de no deportistas).

DISCUSIÓN

No se encontraron, tal y como referían otros autores³⁻⁵, diferencias entre el lado dominante y el no dominante, tanto en el grupo de deportistas como en el de no deportistas.

En referencia a la flexión de rodilla (tabla 1), aunque no se han demostrado diferencias significativas, el grupo de deportistas tiene en todos los parámetros medias más altas que el grupo de no

TABLA 1
RESULTADOS DE LA FLEXIÓN (RODILLA DOMINANTE)

	<i>60°/s</i>		<i>180°/s</i>	
	<i>Deportistas</i>	<i>No deportistas</i>	<i>Deportistas</i>	<i>No deportistas</i>
PT (N-m)	130,3 (± 12,85)	116,3 (± 30,96)	140,22 (± 5,07)	88,53 (± 21,4)
TW (J)	641,78 (± 75,31)	596,18 (± 152,83)	977,74 (± 113,09)	933,75 (± 252,7)
AP (watts)	98,66 (± 9,6)	79,4 (± 21,98)	179,6* (± 19,32)	152,25* (± 42,09)
			<i>p < 0,05</i>	

Expresados en media (± DE) del momento máximo de fuerza (PT), trabajo total (TW) y potencia media (AP).

TABLA 2
RESULTADOS DE LA EXTENSIÓN (RODILLA DOMINANTE)

	<i>60°/s</i>		<i>180°/s</i>	
	<i>Deportistas</i>	<i>No deportistas</i>	<i>Deportistas</i>	<i>No deportistas</i>
PT (N-m)	253,8 (± 26,03)	212,21 (± 41,25)	177,88 (± 17,73)	157,48 (± 36,76)
TW (J)	1070,34 (± 172,4)	989,08 (± 170,12)	1617,5 (± 284,5)	1609,13 (± 374,15)
AP (watts)	170,48* (± 14,12)	134,83* (± 22,06)	309,78 (± 26,85)	272,88 (± 63,36)
	<i>p < 0,05</i>			

Expresados en media (± DE) del momento máximo de fuerza (PT), trabajo total (TW) y potencia media (AP).

TABLA 3
RESULTADOS DE LA RAZÓN CON/CON FLEXORES/EXTENSORES

	<i>60°/s</i>		<i>180°/s</i>	
	<i>Deportistas</i>	<i>No deportistas</i>	<i>Deportistas</i>	<i>No deportistas</i>
Razón HAM/QUA	51,7 (± 6,53)	54,88 (± 10,75)	59,06 (± 6,8)	57,13 -10,67

Expresados en media (± DE) en las dos velocidades evaluadas.

deportistas en las 2 velocidades de evaluación. Nuestros resultados muestran sólo diferencias significativas entre los 2 grupos para la variable potencia media a la velocidad de 180°/s. La des-

viación estándar es menor en el grupo de deportistas para todas las variables estudiadas.

Con referencia a la extensión de rodilla (tabla 2), también son mayores los valores medios en el

grupo de deportistas que en el de no deportistas en las 2 velocidades. Sólo se ha encontrado diferencias significativas en la potencia media a bajas velocidades ($60^{\circ}/s$).

Tal y como está reflejado en la bibliografía^{1,4}, el valor medio del pico máximo de fuerza disminuye al aumentar la velocidad y los extensores tienen valores mayores que los flexores (fig. 2).

El trabajo total es mayor a velocidades medias-altas que a bajas (fig. 3). Al igual que la potencia media (fig. 4).

La relación entre los músculos agonistas-antagonistas ha generado amplia controversia y los autores distinguen entre la razón convencional isquiosurales/cuádriceps y la funcional^{6,7}.

Nosotros, como Baratta et al⁸, Pocholle y Codine⁴ o Siquiera et al³, pensamos que la razón convencional es un buen indicador de la relación de las fuerzas musculares implicadas (tabla 3). Actualmente, para la valoración de las razones agonista-antagonista entre cuádriceps e isquiosurales se efectúan pruebas isocinéticas mediante el protocolo concéntrico-concéntrico. No obstante, algunos autores defienden que no es una valoración funcional, por lo que proponen efectuar el protocolo concéntrico-excéntrico^{6,7,9}. En el primer protocolo la valoración de las razones es real ya que se observan las diferencias entre cuádriceps e isquiosurales, obteniendo información útil para la prevención de la lesión. En el segundo protocolo, si bien es más funcional, no se pueden observar las diferencias entre musculatura agonista-antagonista ya que la valoración se realiza en un mismo grupo muscular, lo cual nos lleva indefectiblemente a tener que realizar 2 pruebas y comparar medias para definir las razones. No hay que olvidar que aunque el segundo protocolo, a priori, es más funcional no lo llega a ser totalmente ya que difiere del movimiento funcional real. Esto nos lleva necesariamente a tener que diseñar nuevos protocolos de valoración isocinética en los cuales se realice una valoración de los valores obtenidos tanto de la contracción concéntrica como excéntrica en ambos grupos musculares agonista-antagonista, que nos permitan comparar medias.

Otra de las causas que nos impide la valoración de un gesto funcional real es la fijación de los ejes del dinamómetro isocinético; el gesto real no se li-

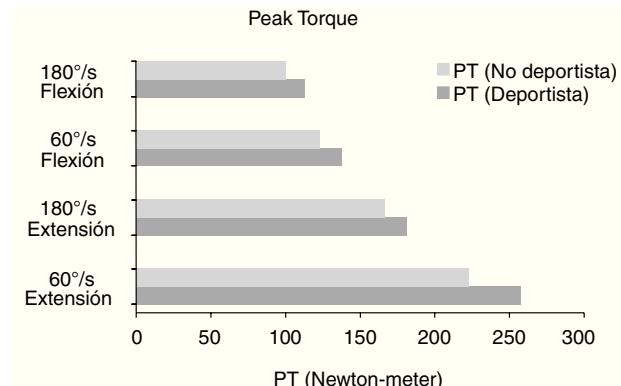


Fig. 2.—Momento máximo de fuerza (PT) a $60^{\circ}/s$ y $180^{\circ}/s$.

Fig. 2.—Peak torque at $60^{\circ}/s$ and $180^{\circ}/s$.

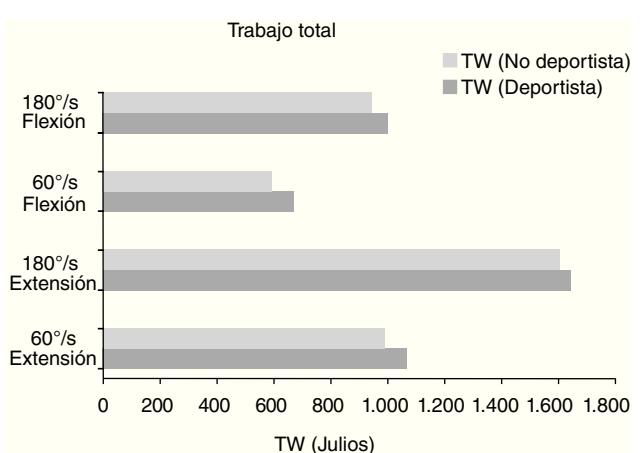


Fig. 3.—Trabajo total (TW) a $60^{\circ}/s$ y $180^{\circ}/s$.

Fig. 3.—Total work at $60^{\circ}/s$ and $180^{\circ}/s$.

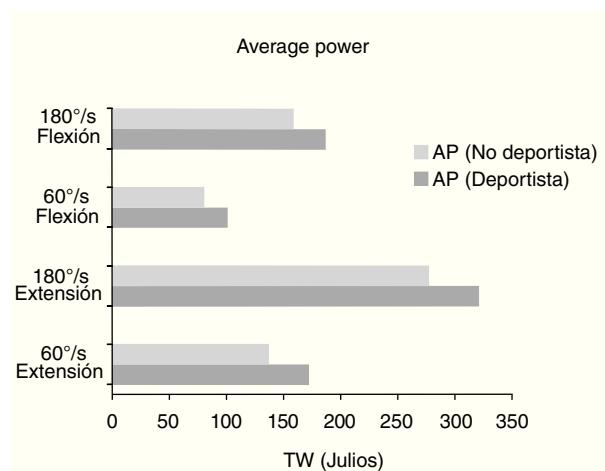


Fig. 4.—Potencia media (AP) a $60^{\circ}/s$ y $180^{\circ}/s$.

Fig. 4.—Average power at $60^{\circ}/s$ and $180^{\circ}/s$.

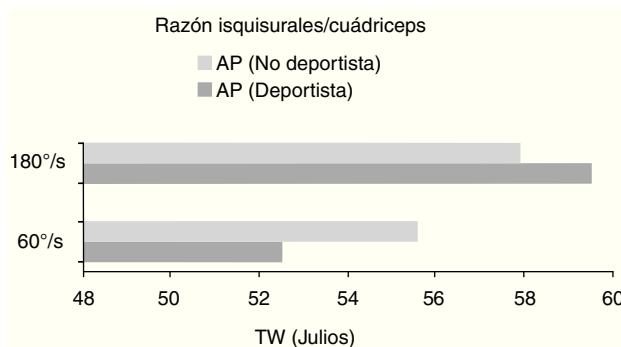


Fig. 5.—Razón isquiosurales/cuádriceps a 60°/s y 180°/s.
Fig. 5.—Hamstring / quadriceps ratio at 60 °/s and 180 °/s.

mita a un eje de movimiento sino a varios. Una posibilidad, que se está estudiando, es la liberación total de los ejes del dinamómetro, lo cual en principio permitirá valorar con mayor aproximación los movimientos funcionales habituales en los diferentes deportes.

La razón flexores/extensores aumenta con la velocidad, ya que el rendimiento de los isquiosurales es mayor a velocidades medias-altas por su mayor porcentaje de fibras musculares tipo II que el cuádriceps⁴. Los valores normales definidos están entre 50 y 60 a velocidades lentas (30-60°/s) y entre 60 y 70 a velocidades medias (120-180°/s). El que la razón convencional (CON/CON) sea constante independientemente de la edad, el sexo y el lado evaluado, se explica por la acción sinérgica de los grupos musculares implicados (isquiosurales/cuádriceps) necesaria para la bipedestación, ya que toda actividad en carga supone un incremento proporcional de la fuerza del par agonista-antagonista⁴.

Si se considera 60 como valor normal de la razón isquiosurales/cuádriceps (obtenida a partir de la contracción de ambos músculos en modo concéntrico), por debajo del cual pueden presentarse lesiones, se insiste en la necesidad de potenciar la musculatura isquiosural cuando se objetiva un claro desequilibrio entre flexores y extensores de rodilla, especialmente tratándose de deportistas.

No hay diferencias significativas entre los 2 grupos (fig. 5), quizás por el reducido tamaño de nuestra muestra, quizás porque el grupo de deportistas no es homogéneo.

CONCLUSIONES

Este estudio preliminar nos ha llevado a las siguientes conclusiones:

- No se han encontrado diferencias significativas entre extremidad dominante y no dominante en ninguno de los 2 grupos. Se observan mayores medias entre el grupo de deportistas.
- Se han encontrado diferencias significativas entre deportistas y no deportistas en la variable potencia media a 60°/s en extensión y a 180°/s en flexión. No se han encontrado diferencias significativas entre los 2 grupos en el resto de variables.
- No se han encontrado diferencias significativas entre deportistas y no deportistas en la razón convencional flexores/extensores.

Continuamos trabajando en la valoración de jóvenes universitarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Huesa F, Carabias A. Isocinéticos: metodología y utilización. Madrid: Fundación Mapfre Medicina; 2000.
2. Ordax G. Trabajo y valoración isocinética en la fisioterapia del deporte. Archivos de Medicina del Deporte. 1999;74:627-32.
3. Siquiera CM, Pelegrini FR, Fontana MF, Greve JM. Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes. Rev Hosp Clin. 2002;57:19-24.
4. Pocholle M, Codine P. Isocinétisme et médecine sportive. Paris: Masson ; 1998.
5. Calmels P, Nellen M, van den Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexor-extensor torque ratios at the hip, knee and ankle in a sample population of healthy subjects. Arch Phys Med Rehabil. 1997;78:1224-30.
6. Aagaard P, et al. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. Am J Sports Med. 1998;26:231-7.

7. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sports Sci Med.* 2002;1:56-62.
8. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, et al. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med.* 1988;16:113-22.
9. Peirau Terés J. Estudio de la relación entre la fuerza muscular de los isquiotibiales y del cuádriceps como un factor a tener presente en la lesión muscular aguda intrínseca de los isquiotibiales. Tesis doctoral. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2001.

Valutazione isocinetica della muscolatura flesso-estensoria del ginocchio in giovani universitari: studio preliminare

RIASSUNTO

Lo studio del rendimento muscolare si può basare sulla valutazione isocinetica; sebbene siano ancora necessarie l'interpretazione e la descrizione delle curve normali affinché la valutazione isocinetica si possa utilizzare come riferimento nel controllo dell'allenamento sportivo o nell'elaborazione di programmi che permettano la prevenzione di lesioni nello sport.

L'obiettivo di questo studio è quello di analizzare le variabili isocinetiche in giovani sani, per determinare se esistono differenze fra sportivi e non sportivi.

Abbiamo realizzato uno studio isocinetico fra universitari. Abbiamo valutato la muscolatura flesso-estensoria del ginocchio a 60°/sec. e 180°/sec. in un dinamometro Biodex System 3Pro con un software System 3 Advantage. Le variabili studiate sono state il momento di massima forza, la potenza media, il lavoro totale e il rapporto ischio crurali/quadricipiti.

Abbiamo riscontrato differenze significative ($p < 0,05$) a 60°/sec. nella potenza media; non vi sono invece differenze fra le altre variabili. Si evidenziano valori maggiori fra gli sportivi. Il momento di massima forza degli estensori è maggiore di quello dei flessori, il che influenza sulla variazione del rapporto flessori/estensori (ischio crurali/quadricipiti), sia negli sportivi sia nei non sportivi. Il rapporto aumenta con la velocità di studio; si osservano valori maggiori fra gli sportivi.

Continuiamo a lavorare alla valutazione di giovani universitari.

Evaluation isocinétique de la musculature flexion-extension du genou chez des universitaires: étude préliminaire

RÉSUMÉ

L'étude du rendement musculaire peut reposer sur l'évaluation isocinétique ; cependant, l'interprétation et la description des courbes normales sont encore nécessaires pour que l'évaluation isocinétique puisse servir de référence dans le suivi de l'entraînement sportif ou la conception de programmes permettant la prévention des lésions lors de la pratique du sport.

L'objectif de cette étude est d'analyser les variables isocinétiques chez des jeunes gens sains afin de mettre à jour les différences éventuelles entre sportifs et non sportifs.

Nous avons effectué une étude isocinétique au sein d'un groupe de jeunes universitaires. Nous avons évalué la musculature flexion-extension du genou à 60°/s et 180°/s avec un dynamomètre Biodex System 3Pro et un logiciel System 3 Advantage. Les variables étudiées furent : moment maximal de force, puissance moyenne, travail total et rapport ischio jambiers/quadriceps.

Nous avons observé des différences significatives ($p < 0,05$) à 60°/s pour la puissance moyenne ; il n'y a pas de différences significatives pour les autres variables. Des valeurs plus grandes sont relevées chez les sportifs. Le moment maximal de force des muscles extenseurs est plus grand que celui des muscles flexeurs, ce qui influe sur la variation du rapport flexeurs/extenseurs (ischio jambiers/quadriceps), aussi bien pour les sportifs que pour les non sportifs. Le rapport augmente avec la vitesse d'étude ; des valeurs plus grandes sont relevées chez les sportifs.

Nous travaillons encore sur l'évaluation chez les jeunes universitaires.

Isokinetischen Bewertung der Beuge- und Dehnmuskulatur des Knies bei Studenten: Vorläufige Ergebnisse

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der Muskelleistung kann anhand der isokinetischen Bewertung durchgeführt werden. Dabei sind jedoch immer noch Interpretation und Beschreibung der Normalkurven notwendig, damit die isokinetische Bewertung als Referenz bei der Beobachtung oder dem Design von Programmen zur Verhütung von Sportverletzungen verwendet werden kann.

Ziel dieser Untersuchung ist die Analyse der isokinetischen Untersuchungen bei gesunden Jugendlichen, um festzustellen, ob es Unterschiede zwischen Sportlern und Nichtsportlern gibt.

Wir haben eine isokinetische Studie unter Universitätsstudenten durchgeführt. Wir haben die Beuge-Streck-Muskulatur des Knies bei 60°/Sek. und 180°/Sek. auf einem Dynamometer des Modells Biomed System 3Pro mit Software System 3 Advantage bewertet. Die untersuchten Variablen waren maximaler Kraftmoment, mittlere Leistung, Gesamtanstrengung und das Verhältnis vordere Oberschenkelmuskeln/Quadrizeps.

Wir haben signifikante Differenzen ($P < 0,05$) bei 60°/Sek. bei mittlerer Leistung festgestellt. Es gibt keine signifikanten Differenzen zwischen den anderen Variablen. Bei den Sportlern wurden größere Werte festgestellt. Der maximale Kraftmoment der Strecker ist größer als bei den Beugern. Die beeinflusst die Abweichung des Verhältnisses Beuger/Strecker (vordere Oberschenkelmuskeln/Quadrizeps), und zwar sowohl bei Sportlern als auch bei Nichtsportlern. Das Verhältnis nimmt mit der Geschwindigkeit zu, bei den Sportlern werden größere Werte beobachtet.

Wir arbeiten weiterhin an der Bewertung von Universitätsstudenten.