

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 2002; 140: 13-17

Model de comportament del múscul sotmès a progressives sol·licitacions

DE YZAGUIRRE, I; DOÑATE, M;
GUTIÉRREZ, J.A

Centre Medicina de l'Esport
de Barcelona
Consell Català de l'Esport

CORRESPONDÈNCIA:
Dr. Ignasi de Yzaguirre
Centre de Medicina de l'Esport de Barcelona
Passatge Permanyer, 3
08009 Barcelona

RESUM: El nostre estudi cerca avaluar la resposta muscular màxima a nivell del tren superior. Per això, hem dissenyat un nou test amb una senzilla metodologia i que no requereix un material complex. Consisteix en un sèrie de llançaments que varien entre 0,5 kg i 7,26 kg. L'estudi inclou a 22 subjectes, 16 homes i 6 dones amb una mitja d'edat de $16,78 \pm 1,67$ anys.

De l'anàlisi gràfica dels resultats es dedueix un comportament muscular que s'ajusta a dues rectes de regressió que no s'han descrit fins ara i que apareixen a gairebé tots els subjectes de l'estudi (92%). L'anàlisi estadística obté dues rectes en regressió amb un punt d'intersecció (PC) entre ambdues. També s'obté el punt de la màxima distància teòrica lenta (DL) i el punt de la màxima resistència teòrica ràpida (FR). Així mateix, la repetició del test després d'un interval d'entrenament suficient presenta diferències que ens permeten analitzar la repercussió i l'assimilació de les càrregues físiques.

En conclusió, el nostre test pot utilitzar-se com un sistema indirecte per avaluar la proporció dels dos tipus de fibres musculars: lentes i ràpides.

PARAULES CLAU: test, força, llançament, fibres musculars.

SUMMARY: Our study seeks to evaluate the muscular maximum response to level of the most top train. For it we have designed a new test with a simple methodology and that does not need a complex material. It consists of a series of throwing that change between (among) 0,5 kg and 7,26 kg. The study includes 22 subjects, 16 men and 6 women of a middle ages of $16,78 \pm 1,67$ years. Of the graphical analysis of the results there is deduced a muscular behaviour that adjusts to two straight lines of regression that have not been described up to the moment and that they appear in almost the totality of the subjects of the study (92%). The statistical analysis obtains two straight lines of regression with a point of intersection (PC) between (among) both. Also there is obtained the point of the maximum theoretical slow distance (DL) and the point of the maximum theoretical rapid resistance (FR). Likewise, the repetition of the test after an interval of sufficient training presents differences that allow us to analyse the repercussion and the assimilation of the physical charges.

In conclusion, our test can be in use as an indirect system to evaluate the proportion of both types of muscular, slow and rapid fibres.

KEY WORDS: test, strength, shot put, muscular fibres

INTRODUCCIÓ

Des d'un punt de vista funcional, les fibres musculars poden ser de resposta ràpida o lenta, tot i que des d'un punt de vista histològic la classificació sigui més complexa. Els diversos models matemàtics que expressen la relació de la força utilitzada (o la resistència superada) respecte a les prestacions obtingudes,^(1,2,3,4,5,6,7) mostren un comportament en forma de corba amb un trànsit gradual i, per tant, quantitatiu des de les resistències més lleugeres fins les més elevades.

Per altra part, s'han utilitzat per a la valoració inicial d'esportistes diferents test que valoren les prestacions a nivell de les extremitats superiors.⁽⁸⁾ Entre aquests destaca la prova de llançament de pilota medicinal.

El test de pilota medicinal, així com els basats en els salts,^(9,10) no ofereixen una visió panoràmica d'evolució en la valoració muscular (diferents resistències, diferents velocitats d'execució, diferents resultats), fet que sí es reflecteix en els nous tests més dinàmics de cames.^(11,12)

Amb el nostre test volem omplir el buit que existeix en la valoració de les prestacions màximes a nivell de les extremitats superiors. Entenem que la seva utilització és universal, donat que el material necessari es troba sense problemes.

Per facilitar la seva utilització, s'han analitzat la variabilitat i la precisió del mètode amb resultats satisfactoris, quedant pendent per al futur precisar la sensibilitat del test des d'un punt de vista longitudinal, en tant que la validesa per a la valoració de multillançaments queda fora de qüestió doncs és la base del test.

MATERIAL I METODE

Subjectes

1. Per a l'estudi de la Variabilitat en dos dies successius, s'estudia a 10 homes i 6 dones, atletes de tecnificació i nivell superior, de la província de Barcelona i de raça blanca, la disciplina atlètica dels quals és els llançaments.
2. Per a l'estudi de Precisió de les observació, s'estudia a 15 subjectes, 12 homes i 3 dones.
3. Per a l'estudi general del test s'han realitzats 33 test a 22 subjectes, 16 homes i 6 dones.

Material

Es necessiten pesos esfèrics de 0,5 kg, 1 kg, 2 kg, 3 kg, 4kg, 5 kg, 6 kg i 7,26 kg. Una cinta mètrica.

Mètode

Per als estudis de variabilitat i de precisió, els llançadors realitzen el següent protocol que és el mateix que es proposa per a la realització habitual del test.

1. Es realitzen 3 llançaments amb els pesos de 0,5, 1 i 2 kg.
2. Es realitzen 2 llançaments amb la resta de pesos.
3. Es començarà amb el pes més lleuger i es finalitzarà amb el més pesat.
4. Resulta pràctic realitzar un grup de 4-6 persones amb rotacions en cada pes.
5. La tècnica de llançament no és l'atlètica, sinó amb els dos peus fixos a terra i el pes en posició clàssica, tal com es recull en la fotografia nº 1.
6. Es mesura cada llançament amb una cinta mètrica.
7. Es recull el millor llançament en cada pes.
8. Es té en compte, segons criteris estadístics, els llançaments "excepcionalment bons", donat que dificulten la interpretació dels resultats.

RESULTATS

1. Per a la presentació del perfil fisiològic dels subjectes es realitzen els mesuraments i els desviaments estàndard (Taula I).
2. Per a l'anàlisi del test de multillançaments: s'ajusten dues rectes de regressió ($y=a+bx$). La primera recta comença pels resultats referents a les resistències més lleugeres (0,5 kg) i l'altra comença amb les més pesades (7,26 kg) i es determina un punt crític (PC), d'inserció entre les dues. Es determina la resistència extrema teòrica (FL, FR) per a cada recta així com la distància màxima teòrica per cada recta (DL, DR). També es determina el quocient entre les dues pendents bL/bR (Figura I)=. Es presenten en la Taula II els resultats numèrics dels 22 casos del present estudi.

Foto I



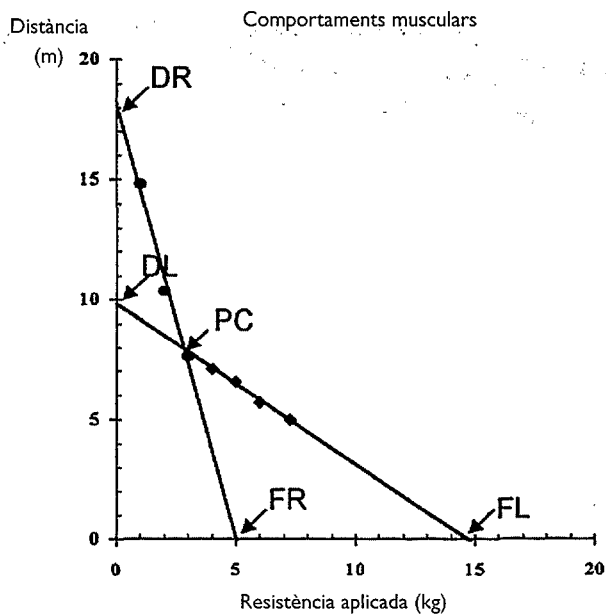
Taula I

Perfil fisiològic per a 16 homes i 6 dones sotmesos al test i als diferents estudis de variabilitat i precisió.

Paràmetres	Edat (anys)	Pes (kg)	Talla (cm)
Homes			
Mitja	17.25	78.1	177.7
Desviació estàndar	1.58	8.96	5.08
Dones			
Mitja	16.10	62.7	164.0
Desviació estàndar	1.70	4.93	4.04
Total			
Mitja	16.78	71.9	171.5
Desviació estàndar	1.67	10.7	8.42

Figura I

Valors de les distàncies obtingudes amb els 7 pesos utilitzats, així com les dues rectes de regressió amb les seves ordenades respectives i abscisses en l'origen i el punt d'intersecció "PC" entre elles.



● Comp. ràpid ◆ Comp. lent

DR: distància màxima teòrica ràpida
DL: distància màxima teòrica lenta
FR: resistència extrema teòrica ràpida
FL: resistència extrema teòrica lenta
PC: punt crític

3. Es presenten els resultats relatius a l'estudi de la variabilitat i la precisió en la Taula III amb resultats recollits en dos dies diferents i en el mateix dia.

Taula II

Valors numèrics que defineixen les rectes de regressió dels 22 subjectes sotmesos al test.

Línia de regressió corresponent a les resistències lleugeres (0,5 kg fina 2-3 kg)		Mitja	Desviació estàndar
Coefficient de correlació	r:	-0.998	0.00
Pendent	b:	-3.44	1.27
Ordenades en l'origen	DR	23.05	3.89
Abscisses en l'origen	FR	7.37	2.14
Línia de regressió corresponent a les resistències pesades (de 2-3 kg fina 7,26 kg)		Mitja	Desviació estàndar
Coefficient de correlació	r:	-0.996	0.00
Pendent	b:	-0.95	0.17
Ordenada en l'origen	DL	15.61	2.64
Abscissa en l'origen	FL	16.71	2.86
Quocient entre les dues pendents	bR/bL	-2.49	1.14

Taula III

Coefficient de variació i precisió del test en dos estudis diferents, un amb 10 subjectes i en dos dies successius i l'altre amb 15 subjectes realitzat el mateix dia amb un sol pes de 4 kg i un interval de 5 minuts entre cada repetició.

	Dia 1	Dia 2	Global	Un dia
Subjectes	10	10	10	15
Pesos	7	7	7	1
Repeticions	3	3	3	5
Coef. de variació	2.5	2.6	3.74	2.05
Precisió	97.5	97.4	96.26	97.9
Desviació estàndar	0.7	1.05	1.09	1.29

DISCUSSIO

a) Anàlisi general del test

1. El 92% dels tests realitzats mostren clarament successions de punts ajustables a dues rectes.
2. En els casos en els quals no es veu clarament, és degut, segons concloem, a poca motivació o a execució incorrecta del test.
3. Creiem destacable la resistència corresponent al punt crític ($X:3,39 \pm 0,8$ kg per a $n=22$). La distància màxima extrapolada "DL" que correspondria a la distància obtinguda amb una resistència virtual de 0 kg ($X:23,05 \pm 3,89$ m per a $n=22$), així com el pes màxim extrapolat "FR" ($X:16,74 \pm 2,86$ per a $n=22$).
4. En els subjectes en els quals hem repetit el test després d'un interval suficient d'entrenament, veiem diferències que ens permeten analitzar l'impacte i l'assimilació de les càrregues físiques imposades. Aquests extrem és del màxim interès i mereix ésser estudiat específicament.
5. Creiem que els models matemàtics proposats pels diversos autors fins el moment no s'ajusten suficientment a la realitat i que el model de les dues rectes és més ajustat i discriminatiu per a definir el treball muscular progressiu i màxim.
6. Així mateix, creiem que els dos comportaments s'expliquen en funció de l'existència de dos tipus de funcionisme muscular (malgrat que histiològicament la classificació sigui més complexa).

b) Resultats referents a la variabilitat

Considerem que el grau de precisió obtinguda és bo (96,26% en dos dies successius i 97,9% en un mateix dia).

És raonable que en dies successius minvi la precisió; això és degut a la pròpia variabilitat biològica. La precisió dependrà de la cura en l'execució del test, tot i que sempre hi haurà llançaments bons i llançaments dolents que poden dificultar l'anàlisi matemàtica de les dades.

CONCLUSIONS

1. Amb el nostre test es discriminen de manera molt senzilla i clarament, dos comportaments musculars matemàticament diferents i ajustables a dues rectes que indiquen un canvi qualitatiu i no gradual en el comportament muscular.
2. Es detecta un punt crític "Pc" d'intersecció d'ambdues rectes i uns punts d'intersecció en ambdues, en els eixos "x" i "y", així com una relació bR/bL entre els pendents de les mateixes, que poden ser de gran utilitat per estandarditzar i controlar les prestacions màximes a nivell de l'extremitat superior, incloure les seves característiques individuals i observar les seves modificacions en el temps.
3. El test presentat és de màxima utilitat, per la seva claredat, grau de precisió i mínimes necessitats estructurals pel control i seguiment de les activitats físiques en les quals el protagonisme principal recau en les prestacions musculars màximes del tren superior.

AGRAÏMENTS

Als senyors Salvador Primo i Luis Rojano, entrenadors d'atletisme, per la col·laboració que ens han donat per a la realització del present estudi.

Bibliografia

1. FENN WO, MARSH BS. Muscular force at different speeds of shortening. *J Physiol* (London) 1935;85:277-297
2. HILL AV. The heat of shortening and the dynamic constant of muscle. *Proc Roy Soc B* 1938;126:136-195
3. AUBERT X. Structure et Physiologie du muscle strié I - Le mécanisme contractile *in vivo*: aspects mécaniques et thermiques. *J Physiol* (Paris) 1956; 48:105-153
4. THORSTENSSON A, GRIMBY G, KARLSSON J. Force-velocity relation fibre composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol* 1976;40:12-16
5. THORSTENSSON A, KARLSSON J. Fatigability and fibre composition of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 1976;98:318-322
6. HOLLMANN W, HETTINGER T. Sportmedizin Arbeits-und Trainingsgrundlagen. *Schattauer-Verlag* 1980, Stuttgart
7. BOSCO C. L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *Atleticastudi* 1985;16:7-113
8. VANDEWALLE H, PÈRES G, MONOD H. Relation force-vitesse lors d'exercices cycliques réalisés avec les membres supérieurs. *Motricité humaine* 1983;2:22-25
9. SCHEIFF A, GERARD M. Evolution et comparaison de deux tests de la de tente verticale chez les étudiants en éducation physique. *Revue de l'Education Physique* 1983;23:17-23
10. VIVES J, BROTONS D, GUTIÉRREZ JA. Estudio de la correlación del salto vertical con los perímetros y la dinamometría de las extremidades inferiores. *Apunts de Medicina de l'Esport* 1986; 89:155-163
11. BOSCO C, TARKKA I, KOMI PV. Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch shortening cycle exercise. *Int J Sports Med* 1982;3:137-140
12. JAMES C, SACCO P, HURLEY MV, JONES DA. An evaluation of different protocols for measuring the force-velocity relationship of the human quadriceps. *Europ J Appl Physiol* 1994; 68:41-47
13. BOSCO C, TIHANYI J, KOMI PV, FEKETE G, APOR P. Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiol Scan* 1982; 116:343-349
14. BOSCO C, ITO A, KOMI PV, LUHTANEN P, RAHKILA P. Neuro-muscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiol Scan* 1982; 114:543-550
15. HILL AV. The effect of load on the heat of shortening of muscle. *Proc Roy Soc B* 1964;159:297-318

