

Valoració de la força útil en tennis

RAÚL PABLO GARRIDO CHAMORRO^{a,b,c}, CRISTINA BLASCO LAFARGA^{c,d}, ALEJANDRO RICARDO ALBERT GIMÉNEZ^{a,c}, EMILIO JOSÉ POVEDA PAGÁN^e I JESÚS MAS MARTÍNEZ^a

^aHospital General de Alicante. Alacant. Espanya.

^bDepartamento de Medicina Clínica. Universidad Miguel Hernández. Elx. Alacant. Espanya.

^cGrupo de Trabajo en la Actividad Física. Universidad de Alicante. Alacant. Espanya.

^dDepartamento de Didáctica Especial y Didáctica Específica. Universidad de Alicante. Alacant. Espanya.

^eDepartamento de Patología y Cirugía. Área de Fisioterapia. Universidad Miguel Hernández. Elx. Alacant. Espanya.

RESUM

Introducció: Hem ideat un test per a la valoració de la força útil del cop de dreta de tennis utilitzant l'ergodinamòmetre Atlas.

Objectiu: Valoració de la força útil en tennistes.

Mètode: Realització de 10 cops de dreta consecutius (amb escalfament previ) de 8 tennistes (6 homes i 2 dones).

Resultats: El valor mitjà del temps d'acceleració és $0,20 \pm 0,01$ s, la força màxima és de $63,79 \pm 9,79$ newtons (N), la hipotenusa ascendent és de $67,45 \pm 9,02$ N/s, l'angle alfa és de $70,04 \pm 4,04^\circ$, l'angle beta és de $19,88 \pm 4,07^\circ$, i la força explosiva té un valor de $304,08 \pm 57,66$ N/s. També hi ha diferències en funció del sexe; si observem el temps d'acceleració, per als homes és de $0,20 \pm 0,008$ s, mentre que per a les dones és de $0,22 \pm 0,02$ s. La força màxima mitjana per als homes és de $68,23 \pm 6,06$ N, mentre que per a les dones és de $50,38 \pm 2,80$ N. La hipotenusa ascendent és de $72,22 \pm 6,10$ N/s per als homes i de $55,32 \pm 3,57$ N/s per a les dones. L'angle alfa és de $71,63 \pm 3,28^\circ$ per als homes i de $65,28 \pm 0,50^\circ$ per a les dones. L'angle beta és de $18,27 \pm 3,27^\circ$ per als homes i de $24,71 \pm 0,50^\circ$ per a les dones. Els homes obtenen valors de força explosiva que oscil·len entre els 356 i els 280 N/s, amb un valor mitjà de $331,1 \pm 33,91$ N/s, mentre que en les dones els valors oscil·len entre 227,1 i els 219 N/s, amb un valor mitjà de $223,1 \pm 5,65$ N/s.

Conclusió: El test de l'ergodinamòmetre Atlas resulta útil per a la valoració de la força en tennistes.

PARAULES CLAU: Força útil. Tennis. Valoració. Gest tècnic.

ABSTRACT

Introduction: We designed a test to evaluate useful force in tennis forehand using atlas ergodynamometry.

Objective: To evaluate useful force in tennis players.

Method: Eight tennis players (6 men and 2 women) performed 10 consecutive forehands (with prior warm-up).

Results: The mean acceleration time was 0.20 ± 0.01 seconds, the maximum force was 63.79 ± 9.79 , the ascending hypotenuse was 67.45 ± 9.02 Newton/second (N/sec), the alpha angle was $70.04 \pm 4.04^\circ$, the beta angle beta was $19.88 \pm 4.07^\circ$, and explosive force was 304.08 ± 57.66 N/sec. Differences were observed by sex: acceleration time was 0.20 ± 0.008 seconds in men compared with 0.22 ± 0.02 seconds in women. The mean maximum force was 68.23 ± 6.06 N in men and 50.38 ± 2.80 N in women. The ascending hypotenuse was 72.22 ± 6.10 N/sec in men and 55.32 ± 3.57 N/sec in women. The alpha angle was $71.63 \pm 3.28^\circ$ in men and $65.28 \pm 0.50^\circ$ in women. The beta angle was $18.27 \pm 3.27^\circ$ in men and $24.71 \pm 0.50^\circ$ in women. Explosive force in men oscillated between 356 and 280 N/sec, with a mean value of 331.1 ± 33.91 N/sec while that in women oscillated between 227.1 and 219 N/sec, with a mean value of 223.1 ± 5.65 N/sec.

Conclusion: The atlas ergodynamometry test is useful for evaluating force in tennis players.

KEY WORDS: Useful force. Tennis. Evaluation. Technical gesture.

INTRODUCCIÓ

Segons Hageman¹, un atleta d'alt nivell competitiu en tennis ha de tenir un nivell òptim de flexibilitat, força i condició cardiovascular. Tradicionalment, la força en tennis s'ha mesurat utilitzant diversos tests, com l'IRM², els dinamòmetres isocinètic³⁻⁶ o manuals⁶, l'electromiografia^{3,7,8}, el radar⁶, l'anàlisi de filmació en 3D⁹, el test de Bosco^{4,10}, el test de Wingate¹⁰ o el llançament del baló medicinal¹¹, però aquests conceptes no valoren la força útil^{12,13} (força que s'aplica en fer el gest esportiu). En aquest article ens hem proposat valorar aquesta força mitjançant l'anàlisi del cop de drete en tennis obtingut amb l'ergodinamòmetre Atlas.

MÈTODES

Descripció del test d'Atlas per a tennis (drete) (fig. 1)

Hem ideat un test per al cop de drete en tennis, utilitzant l'ergodinamòmetre Atlas¹³⁻¹⁶. Aquest test ens permetrà valorar la força útil de l'esportista. El test de tennis per al cop de drete es fa tal com descrivim tot seguit^{17,18}.

Primer es fa un escalfament consistent en 10 min de mobilitat amb estiraments locals i ombres, seguits de 5 intents previs per fer minvar l'efecte de l'aprenentatge. Es fan 10 cops consecutius utilitzant un guant adaptat especialment que permet la transmissió de la força des de la mà a l'element elàstic de l'ergodinamòmetre, i entre cada cop es fa un descans de 5 s per minimitzar l'efecte de la fatiga.

– *Posició de partida.* La posició dels peus és encreuada, no en paral·lel, amb els genolls lleument en flexió i les mans a l'altura de les espatlles. El pes del cos es trasllada a la cama endarrerida, la distància del peu endarrerit a l'ergodinamòmetre és de 195 cm i la distància de l'agafador del guant al volant d'inèrcia és de 182 cm. L'ergodinamòmetre es col·loca a l'ancoratge que situa el component mecànic a una altura fixa de 78 cm respecte del terra. El tennista porta al braç que colpeja un guant on se subjecta l'element elàstic. Aquest braç té un lleu flexió de colze i extensió d'espatlla, abans de generar tensió.

– *Fase de pretensió o moviment endarrerit de la raqueta.* Per armar el braç que colpeja, aquest comença des d'una posició endarrerida de la raqueta per evitar de xocar amb l'element elàstic que està sense generar cap mena de tensió. Quan l'espatlla va endarrere, tibem la musculatura executora ajudats d'una torsió del tronc en el sentit contrari al cop. Les cames es mantenen en semiflexió, traslladant el pes del

Figura 1 Cop de drete en el tennis.



cos a la cama endarrerida, i el braç contrari en abducció i flexió a 90°, moment en què s'inicia la fase d'avanç de la raqueta.

– *Fase d'avanç i impacte.* Es fa un avanç de la raqueta a l'altura dels malucs, tot mantenint la verticalitat de les cordes, fins que la goma es tiba en arribar a l'altura del maluc, moment en què la transferència del pes a la cama avançada, el gir del tronc en el sentit del cop i l'avanç de la raqueta troben la tensió en la goma. En el moment de l'impacte, l'agafador se situa perpendicularment i en línia recta amb la cèl·lula de càrrega, i el cap de la raqueta està lleument avançat respecte del maluc més avançat, amb el colze del tot estirat. Una vegada s'ha produït l'impacte, es continua amb el moviment.

– *Fase d'acompanyament i finalització.* El braç executor ha de continuar el moviment endavant en la mateixa direcció de la pilota, i finalitzant el gest amb la raqueta per sobre del cap. El pes del cos es desplaça totalment a la cama avançada, i realitza els darrers graus de rotació del tronc en el sentit del cop i aixecant el taló del peu endarrerit. Durant tot el gest tècnic no es permet al tennista que desplaci les cames, sobretot la cama endarrerida.

Estudi de les corbes

Després de fer el test, cal estudiar les variables obtingudes mitjançant la cèl·lula de càrrega en l'ergodinamòmetre, i les seqüències de dades es representaran en funció del temps. Per tant, després del test obtindrem la corba força-temps, que descriu l'evolució de la força durant el cop de

dreta. Aquesta corba s'iniciarà amb un ascens que correspondrà a la fase d'execució del cop, seguit d'una fase de manteniment corresponent a l'acompanyament del cop (fase d'acompanyament). Per tant, la corba serà la representació gràfica o l'empremta de la força útil del gest tècnic.

Anàlisi numèrica de la corba força-temps

(figs. 2 y 3)

La primera corba que analitzarem serà la referida a la corba força-temps, com a resultat del càlcul informàtic i havent prèviament automatitzat tots els valors recollits per la cèl·lula de càrrega i ordenats en funció del temps. Per a l'anàlisi d'aquesta corba, definirem 3 punts:

– Primer punt, on s'inicia la corba. Es mesura en centèsimes de segon. El valor es denomina "punt d'arrencada".

– Segon punt, de força màxima. Es mesura en newtons (N) i es denomina, seguint la bibliografia, "pic de força màxima".

– Tercer punt, temps en què s'aconsegueix la força màxima. Es mesura en segons (s), però la representació gràfica es fa en centèsimes de segon per disposar d'una visualització gràfica millor. S'anomena "temps de pic de força màxima".

Lògicament, els millors resultats s'obtenen quan l'esportista en la seva evolució desplaça la corba cap a l'esquerra i amunt, tot obtenint més força en menys temps, mentre que els resultats seran negatius quan la corba es desplaci cap a la dreta i avall, és a dir, menys força en més temps. De l'anàlisi d'aquests punts del cop de dreta, podem definir un triangle que es deno-

mina "triangle d'acceleració". En aquest triangle es defineixen els valors següents:

– A. Si unim el punt 1 i el punt 3 obtenim el valor del temps que l'esportista triga a assolir el màxim. Malgrat que aquest valor es dibuixi gràficament en centèsimes de segon, a l'hora de tractar les dades numèricament s'ha d'indicar en segons. Aquest valor s'anomena "temps d'acceleració".

– B. Si unim el punt 2 i el punt 3, obtenim el valor de la força màxima aconseguida per l'esportista. Aquest valor es mesura en N, i s'anomena "pic de força màxima".

– H. Si unim el punt 1 i el punt 2, obtenim el valor de la hipotenusa ascendent. Per obtenir-la hem d'aplicar el teorema de Pitàgores, que diu que $H^2 = A^2 + B^2$; per tant, $H = \sqrt{A^2 + B^2}$. Aquest valor s'anomena "hipotenusa d'acceleració". Es mesura en N/s.

– FE. Per valorar la força explosiva, tradicionalment s'ha relacionat la força màxima amb el temps que es triga a produir-la. Així, en la nostra triangulació, la força explosiva seria la relació existent entre B i A, seguint la fórmula:

$$\text{Força explosiva (N} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{\text{Força màxima (N)}}{\text{Temps d'acceleració (s)}}$$

– Alfa. Angle que mostra el pendent del gràfic. Es calcula mitjançant la fórmula següent: $\text{alfa} = \cos^{-1}(A/H)$. Es mesura en graus. Aquest angle s'anomena "angle d'acceleració".

– Beta. Angle que tanca el triangle. Es calcula mitjançant la fórmula: $\text{beta} = 90 - \text{alfa}$. Es mesura en graus. Aquest angle s'anomena "angle complementari de l'acceleració".

Figura 2 Empremta del gest tècnic.

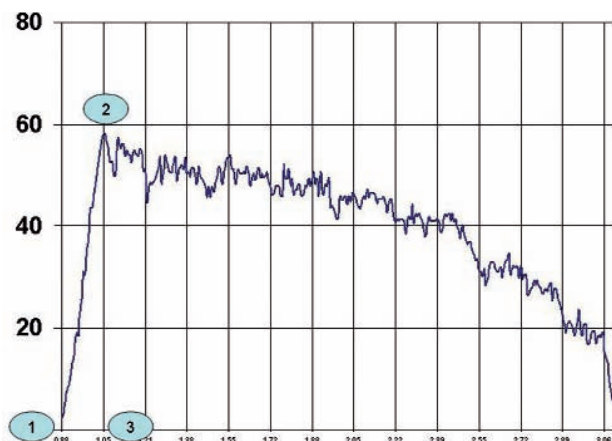
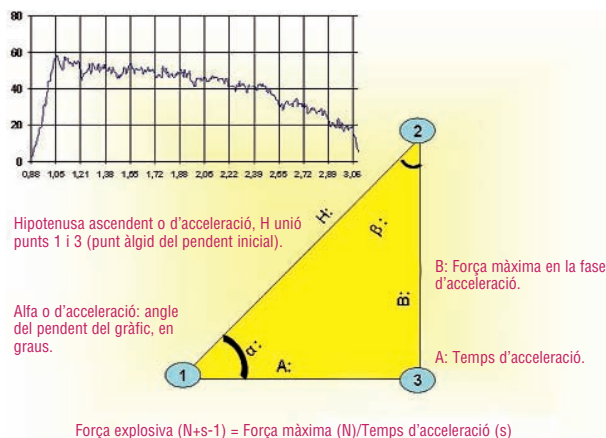


Figura 3 Triangulació.



Anàlisi qualitativa de la corba de força-temps

A més de l'anàlisi quantitativa de la corba força-temps, hem d'analitzar l'empremta de la gràfica. Aquesta empremta s'analitza d'una manera qualitativa, basant-nos en l'anàlisi consecutiva i individualitzada de les variables següents. Establim 2 seccions en la definició qualitativa de la corba força-temps. La fase d'acceleració, denominada "zona número 1", correspondrà a la hipotenusa de l'anàlisi numèrica i estarà situada entre els punts 1 i 2 del gràfic de triangulació. En aquesta zona gràfica s'ha de valorar tant el pendent, que després es valorarà numèricament amb l'angle alfa, com la qualitat del seu traçat, i també si té diversos angles intermedis en el pendent. Aquesta zona es denomina "zona d'acceleració". La fase d'acompanyament és denominada "zona número 2" del gràfic (zona corresponent des del punt 2 fins al final del registre), i correspon a la zona d'acompanyament; se n'haurà de valorar tant el pendent com la profunditat. Aquest valor es denomina "zona d'acompanyament".

RESULTATS

Hem analitzat el cop de dreta de 8 tennistes (6 homes i 2 dones) amb una edat mitjana de $16,85 \pm 1,67$ anys ($17 \pm 1,73$ per als homes i $16,5 \pm 2,12$ per a les dones). Feien una mitjana de 20 h d'entrenament setmanals. Van efectuar 10 cops consecutius (després de l'escalfament descrit en l'apartat anterior), i es va analitzar la qualitat individual de cada corba, tot donant com a valor quantitatiu del test el valor mitjà dels 10 cops realitzats pels tennistes.

En la taula I es presenten els valors mitjans dels 8 tennistes analitzats, i el valor mitjà de la mostra –homes i dones–; s'hi observa que el valor mitjà del temps d'acceleració és de

$0,20 \pm 0,01$ s, la força màxima és de $63,79 \pm 9,79$ N, la hipotenusa ascendent és de $67,45 \pm 9,02$ N/s, l'angle alfa és de $70,04 \pm 4,04^\circ$, l'angle beta és de $19,88 \pm 4,07^\circ$, i la força explosiva té un valor de $304,08 \pm 57,66$ N/s. També s'hi observen diferències en funció del sexe: el temps d'acceleració per als homes és de $0,20 \pm 0,008$ s, mentre que per a les dones és de $0,22 \pm 0,02$ s. La força màxima mitjana per als homes és de $68,23 \pm 6,06$ N, mentre que per a les dones és de $50,38 \pm 2,80$ N. La hipotenusa ascendent és de $72,22 \pm 6,10$ N/s per als homes i de $55,32 \pm 3,57$ N/s per a les dones. L'angle alfa és de $71,63 \pm 3,28^\circ$ per als homes i de $65,28 \pm 0,50^\circ$ per a les dones. L'angle beta és de $18,27 \pm 3,27^\circ$ per als homes i de $24,71 \pm 0,50^\circ$ per a les dones. Els homes obtenen valors de força explosiva que oscil·len entre els 356 i els 280 N/s, amb un valor mitjà de $331,1 \pm 33,91$ N/s, mentre que en les dones els valors oscil·len entre 227,1 i 219 N/s, amb un valor mitjà de $223,1 \pm 5,65$ N/s.

En la figura 4 apareixen els gràfics dels 10 intents de 4 tennistes, i s'hi observa que hi ha una gran similitud entre intents; l'empremta del cop de dreta obté una bona correlació i concordància gràfica intrasubjecte. Aquests gràfics indiquen la reproductibilitat del test-retest. En la figura 5 es mostra la representació gràfica de l'intent número 10 dels 8 tennistes, en què s'evidencia una gran dispersió de resultats. La figura mostra la gran diferència gràfica intersubjectes i, per tant, és una eina útil en la discriminació qualitativa de la força útil del cop de dreta en tennis.

DISCUSSIÓ

Seguint Kovacs¹⁷, l'entrenament de la força i la flexibilitat suposa un benefici en el rendiment esportiu i també una pre-

Taula I Valors obtinguts en el test

	Sj 1?	Sj 2?	Sj 3?	Sj 4?	Sj 5?	Sj 6?	Sj 7/	Sj 8/	Mitjana global	Mitjana H	Mitjana D
T. ace (s)	0,21	0,19	0,21	0,2	0,2	0,21	0,21	0,24	$0,20 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,008$	$0,22 \pm 0,02$
F. màx (N)	64,31	71,5	61,2	69,4	65,1	78,1	48,4	52,37	$63,79 \pm 9,79$	$68,23 \pm 6,06$	$50,38 \pm 2,80$
H. asc (N/s)	67,86	74,2	65,2	71,8	68,6	81,3	52,8	57,85	$67,45 \pm 9,02$	$72,22 \pm 6,10$	$55,32 \pm 3,57$
Alfa (°)	71,5	73,9	65,3	73,5	71,71	73,9	65,64	64,93	$70,04 \pm 4,04$	$71,63 \pm 3,28$	$65,28 \pm 0,50$
Beta (°)	18,4	16	24,6	16,4	18,2	16,04	24,36	25,07	$19,88 \pm 4,07$	$18,27 \pm 3,27$	$24,71 \pm 0,50$
F. expl (N/s)	312,8	371,7	280,9	350,2	314,9	356	227,1	219,1	$304,1 \pm 57,66$	$331,1 \pm 33,91$	$223,1 \pm 5,65$

F. expl: força explosiva; F. màx: força màxima; H. asc: hipotenusa ascendent; N/s: newton/s; N: newton; s: segons; Sj: subjecte; T. ace: temps d'acceleració; °: graus.

Figura 4 Consistència intrasubjecte.

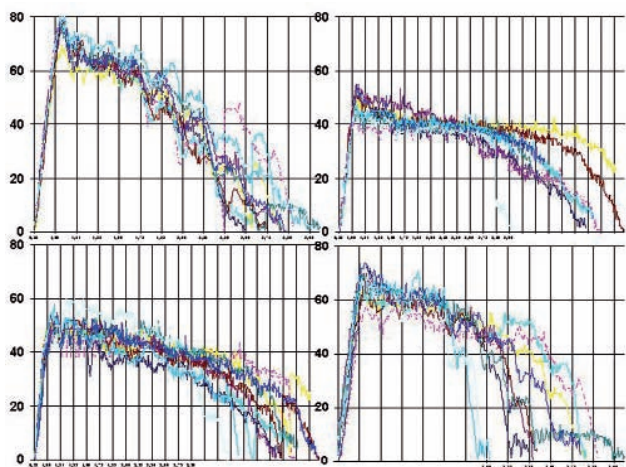
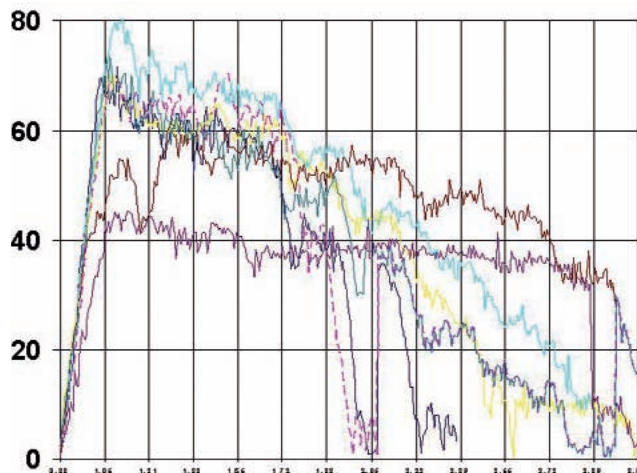


Figura 5 Consistència intersubjecte.



venció de lesions¹⁸, per la qual cosa la valoració d'aquesta força és important per a un control i una planificació correctes de l'entrenament de la força. La qualitat més important d'aquesta valoració és la força útil^{11,12}, per la qual cosa la valoració correcta d'aquesta força suposa una necessitat clara a l'hora de la planificació i del control de l'entrenament de la força. La manca del test previ ens ha impedit encara el programa ideal de condicionament esportiu^{19,21}.

El test es fa amb el braç dominant; segons que va demostrar Silva⁵; hi ha diferències significatives en la força del braç dominant respecte del contralateral.

En la corba força-temps del tennis només valorem el triangle d'acceleració, a diferència d'altres esports (bàdminton^{13,14}, futbol^{15,16}, voleibol i handbol), en els quals a més es valora el triangle de relaxació. En tennis, aquest triangle es veu englobat en la fase d'acompanyament del cop, i per tant no és valorable en aquest gest tècnic.

Tot i que hi ha poca dispersió entre les gràfiques dels 10 valors del test, per a l'anàlisi numèrica del test creiem que s'ha de formular com el valor mitjà obtingut en els 10 cops, acompanyat per la seva desviació estàndard. Així, després de fer el test, un esportista obtindria un valor de temps d'acceleració de per exemple $0,21 \pm 0,02$ s.

En fer el cop amb tota la cadena cinètica i no sols amb cadenes tancades com el dinamòmetre isocinètic³⁻⁵, podem valorar la importància de la rotació del tronc, que segons Ellenbecker²² és determinant en el rendiment esportiu. En un altre article²³, aquest autor conclou que els tests duts a terme amb el dinamòmetre isocinètic no concorden amb el rendiment esportiu del servei dels tennistes, i ho argumenta dient que és

perquè no analitza tota la cadena cinètica del servei. Això ve donat perquè el rendiment esportiu en el tennis⁶ no depèn només d'una cadena muscular, sinó que és el resultat de múltiples cadenes cinètiques. Pugh⁶ no troba diferències significatives que responsabilitzin o prioritzin un grup muscular concret del rendiment esportiu del tennis. Bahamonde⁸, mitjançant l'enregistrament i la reconstrucció en 3D del cop de tennis va demostrar que la velocitat del cop és determinant en el rendiment esportiu, i va trobar diferències significatives entre els tennistes professionals i els tennistes de menys nivell. Per tant, necessitaríem utilitzar tests que mesurin la força de la cadena cinètica completa i no sols la cadena tancada, com és el cas dels dinamòmetres isocinètics.

Bencke⁹ no troba diferències a causa de l'entrenament en analitzar els valors de força mitjançant els tests de Bosco i de Wingate, ni tampoc troba diferències en funció del nivell esportiu dels tennistes analitzats. Aquestes dades demostren com són d'inadequats aquests tests de tren inferior per valorar el rendiment esportiu dels tennistes, ja que el fet de disposar d'una bona força explosiva o potència del tren inferior no es correlaciona directament amb una adequada potència del tren superior. Aquesta mancança fa inadequat aquest tipus de test per a la valoració de la força en tennistes. Kraemer² controla l'entrenament mitjançant el test 1RM del tren superior, i troba correlació entre els augments de força registrats en aquest tests i la velocitat del servei. Aquestes dades s'explicarien perquè hi ha una correlació entre la força màxima i la força útil, malgrat que aquesta relació no sigui concordant; és a dir, a augments semblants de força màxima, no tenen per què correspondre-hi augments semblants de força útil.

Bibliografia

1. Hageman CE, Lehman RC. Stretching, strengthening, and conditioning for the competitive tennis player. *Clin Sports Med.* 1988;7:211-28.
2. Kraemer WJ, Ratamess N, Fry AC, Triplett-McBride T, Koziris LP, Bauer JA, et al. Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *Am J Sports Med.* 2000;28:626-33.
3. Alizadehkhayat O, Fisher AC, Kemp GJ, Frostick SP. Strength and fatigability of selected muscles in upper limb: Assessing muscle imbalance relevant to tennis elbow. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006; Jun 23.
4. Girard O, Lattier G, Micallef JP, Millet GP. Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction, and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med.* 2006;40:521-6.
5. Silva RT, Gracitelli GC, Saccol MF, Laurino CF, Silva AC, Braga-Silva JL. Shoulder strength profile in elite junior tennis players: horizontal adduction and abduction isokinetic evaluation. *Br J Sports Med.* 2006;40:513-7 [discussion p. 517].
6. Pugh SF, Kovalski JE, Heitman RJ, Gilley WF. Upper and lower body strength in relation to ball speed during a serve by male collegiate tennis players. *Percept Mot Skills.* 2003;97:867-72.
7. Sward L, Svensson M, Zetterberg C. Isometric muscle strength and quantitative electromyography of back muscles in wrestlers and tennis players. *Am J Sports Med.* 1990;18:382-6.
8. Bahamonde RE, Knudson D. Kinetics of the upper extremity in the open and square stance tennis forehand. *J Sci Med Sport.* 2003;6:88-101.
9. Bencke J, Damsgaard R, Saekmose A, Jorgensen P, Jorgensen K, Klausen K. Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scand J Med Sci Sports.* 2002;12:171-8.
10. Handzel TM. A medicine ball progression for developing core strength and power. *NSCA Performance Journal.* 2005;4:14-16.
11. González Badillo JJ, Gorostiaga Ayestarán E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. Zaragoza: INDE; 1995.
12. González Badillo JJ, Ribas J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE; 2002.
13. Blasco Lafarga C, Garrido Chamorro RP, Albert Jiménez A. Test Atlas para bádminton. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2005;22:525.
14. Garrido Camorro RP, Blasco Lafarga C, Albert Jiménez A, Pérez Turpin JA, Navalón L. Un nuevo test para medir la fuerza útil en bádminton. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital. Buenos Aires: 2006; n.º 93.
15. Albert Jiménez A, Garrido Chamorro RP, Blasco Lafarga C. Test Atlas para fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2005; 22:525-6.
16. Blasco Lafarga C, Garrido Chamorro RP, Albert Jiménez A. Un nuevo test para medir la fuerza útil en el fútbol. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital. Buenos Aires: 2006; n.º 96.
17. Sanz Rivas D. El tenis en la escuela. Barcelona: Paidotribo; 2004. p. 91-3.
18. Bahamonde R. Biomecánica del golpe de derecha. *ITF Coaching and Sport Review.* 2001;24:7-8.
19. Kovacs MS. Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med.* 2006;40:381-5.
20. Leach RE, Abramowitz A. The senior tennis player. *Clin Sports Med.* 1991;10:283-90.
21. Kibler WB, McQueen C, Uhl T. Fitness evaluations and fitness findings in competitive junior tennis players. *Clin Sports Med.* 1988;7:403-16.
22. Ellenbecker TS, Roetert EP. An isokinetic profile of trunk rotation strength in elite tennis players. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36:1959-63.
23. Ellenbecker TS, Roetert EP. Velocity of a tennis serve and measurement of isokinetic muscular performance: brief review and comment. *Percept Mot Skills.* 2004;98:1368-70.