



## Rendiment i entrenament

**Paraules clau**

força dinàmica màxima, desentrenament, entrenament, alt rendiment esportiu, competició, tennis

# Efectes de la competició sobre la força dinàmica màxima en el jugador de tennis d'elit. Estudi d'un cas

▪ JOAQUÍN SANCHIS MOYSI

Departament d'Educació Física.  
Universitat de Las Palmas de Gran Canària

**Abstract**

*The main purpose of this study was to analyse the effects of tennis competition on the maximal dynamic strength in a high level (in this moment top 100, WTA ranking) female tennis player of 15 years old. Furthermore, we present the improvements on maximal dynamic strength after 12 weeks of weight-lifting strength training and we compare it with the maximal dynamic strength during a competitive phase of the season. Tennis is a sport that demands explosive strength in a large number of repetitive movements. Power refers to the ability of the neuromuscular system to produce the greatest possible impulse in a given time period. In tennis, the time period depends on the resistance or the load against which the tennis player has to work (the racket, the velocity of the ball and the body weight) and the distribution of the movement acceleration. Some studies using electromyography have reported that the strength generation in tennis strokes depends on the neuromuscular activation in the initial phases of the arm acceleration in every stroke, despite that tennis strokes are not ballistic movements. A possibility to improve and keep a high maximal dynamic strength is via a well designed strength training program during the whole season. Different strength tests give specific information about the fitness level of the tennis player and also shows where and when modify the training program. In this present "care study", we measured maximal dynamic strength in the muscles that have a relevant participation in tennis strokes, using the strength tests that have a high specificity for tennis strokes, according to the specialized bibliography.*

**Key words**

*maximal dynamic strength, detraining, training, sport performance, competition, tennis*

**Resum**

L'objectiu d'aquest article és mostrar els efectes de la competició sobre la força dinàmica màxima (FDM) en una jugadora de tennis de 15 anys d'edat que va obtenir importants resultats esportius (actualment top 100 del rànquing WTA). Per fer-ho, es presenten les millores de la FDM després de realitzar un entrenament amb sobrecàrregues durant 12 setmanes i es comparen amb els valors de FDM mesurats durant el període competitiu.

El tennis és un esport que requereix desenvolupar elevats nivells de força repetidament en períodes de temps curts. La potència és l'habilitat del sistema neuromuscular per produir el major impuls possible en un temps donat. Aquest espai de temps depèn de la càrrega a què ens oposem (en el tennis, la raqueta, l'impacte de la pilota i el pes del cos durant el desplaçament) i de les necessitats d'acceleració del moviment. Alguns estudis realitzats amb electromiografia han observat que en el tennis la força d'impacte de la pilota ve determinada per l'activació neuromuscular en les primeres fases d'acceleració del braç en cada tipus de cop, però que tanmateix, es tracta d'un moviment no balístic. Possiblement per això, davant la necessitat d'activar el múscul de forma màxima en el mínim de temps possible, els tennistes haurien de tractar de millorar i mantenir la FDM en determinades fases de la temporada.

Diversos tests d'avaluació de la condició física poden facilitar al preparador físic informació específica sobre la condició física dels tennistes i sobre la seva evolució amb l'entrenament. En el cas que presentem, es va mesurar la FDM dels músculs més implicats en l'execució dels diferents tipus de cop; vam utilitzar els tests de força que, segons la bibliografia especialitzada, són més específics per al tennis.



## Introducció

El tennis és un esport que es juga a una gran velocitat i que requereix realitzar repetides contraccions musculars d'alta intensitat en cada cop a la pilota. Diversos estudis han observat que els millors jugadors aconseguen de desplaçar amb més velocitat la pilota, perquè la musculatura implicada s'activa de forma màxima a l'inici del gest tècnic en tots els tipus de cop (Beillot i cols., 1978; Van Gheluwe i Hebbelink, 1986). A més a més, els jugadors d'elit tenen una coordinació neuromuscular més eficaç, cosa que els permet de mantenir durant més temps la punta de força amb curts períodes d'activació, respecte als jugadors de nivell mitjà. Algunes investigacions han demostrat que entrenant la força dinàmica màxima (FDM) es podria millorar la velocitat d'activació neuromuscular en les primeres fases d'una contracció muscular màxima (Moritani i Devries, 1979; Moritani i cols., 1987; Moritani i Muro, 1987; Schantz i cols., 1989; Narici i cols., 1989; Moritani 1992; Hakkinen i cols., 1996). D'altra banda, se sap que el desentrenament produeix una disminució de la FDM en curts períodes de temps (Hakkinen i Komi, 1983a i 1983b, Hakkinen i cols., 1985; Narici i cols., 1989; Schmidtbleicher, 1985; Schmidtbleicher, 1992). En aquest treball presentem un exemple de com va evolucionar la FDM durant les primeres fases de la competició i al final de la temporada en

una jugadora de tennis d'alt nivell de 15 anys d'edat, en realitzar un entrenament de FDM.

La interacció entre la força muscular i les forces externes implica accions en què es desenvolupen exercicis estàtics (les articulacions implicades en l'acció muscular no modifiquen el seu angle durant l'exercici) i exercicis dinàmics (produeixen un augment o una disminució de l'angle de les articulacions implicades en l'exercici). Dins la categoria d'exercicis dinàmics, el terme "concèntric" s'utilitza tradicionalment per identificar una acció d'escurçament del múscul i el terme "excèntric" s'utilitza per a accions d'allargament del múscul. A més a més, en nombroses ocasions els músculs actuen primer excèntricament i tot seguit concèntricament. La combinació de contraccions musculars excèntriques i concèntriques formen un tipus natural de funció muscular anomenat cicle d'estirament-escurçament (Asmussen i cols., 1976; Cavagna i cols., 1976; Cavagna, 1978; Edman i cols., 1978; Aura i Komi, 1986; López Calbet i cols., 1995a; López Calbet i cols., 1995b; Horita i cols., 2001 [Taula 1]). En el tennis, els jugadors utilitzen sovint la contracció muscular excèntrica per frenar el moviment del braç després de copejar la pilota, per esmorteir un desplaçament o per estabilitzar el cos, i la contracció muscular concèntrica per accelerar el braç en copejar la pilota o per iniciar un desplaçament. (Taula 2)

La força dinàmica màxima (FDM) ens indica la resistència que ha de vèncer un subjecte per desplaçar una càrrega una única vegada i s'expressa en Newtons (N). Quan no es disposa d'instruments adequats de mesura, la FDM es pot expressar en kg i s'acostuma a considerar com el valor d'1 repetició màxima (1 RM; vegeu l'excel·lent revisió de González Badillo, 2000). D'altra banda, la punta màxima de força és la màxima força voluntària que s'aplicarà per desplaçar una càrrega determinada. Tal com escriu González Badillo (2000), "si mesurem la força aplicada amb càrregues inferiors a aquella amb què hem mesurat la FDM, ens trobarem amb un seguit de valors, cadascun dels quals serà un mesurament de la màxima força voluntària dinàmica però relativa, ja que sempre existirà un valor superior de força dinàmica". Per tant, un subjecte tindrà un sol valor de FDM, però tants valors de força dinàmica relativa

### Taula 1.

Classificació dels tipus d'acció muscular d'acord amb el tipus d'exercici que es realitzi (modificat de Kunttgen i Komi 1992).

EXERCICI	ACCIÓ MUSCULAR	LONGITUD DEL MÚSCUL
<b>Dinàmic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concèntrica</li> <li>• Excèntrica</li> <li>• Excèntrica-concèntrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementa</li> <li>• Disminueix</li> <li>• Incrementa i disminueix</li> </ul>
<b>Estàtic</b>	• Isomètrica	• No canvia

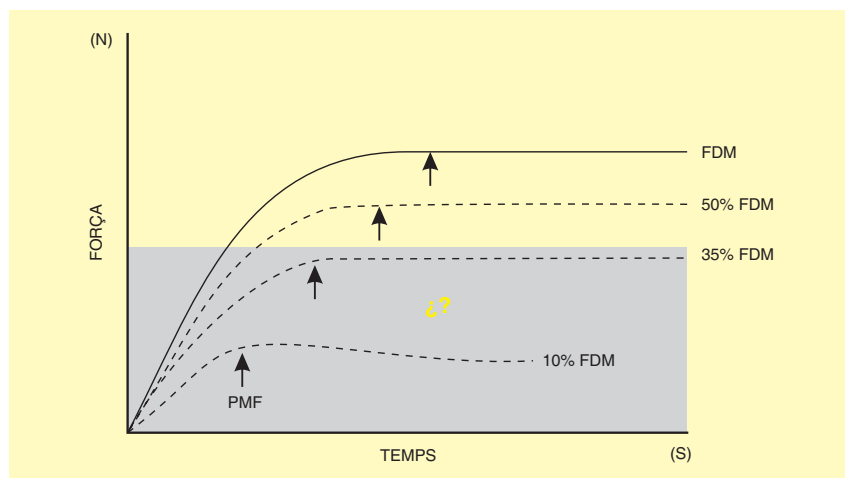
### Taula 2.

Participació de la musculatura de les extremitats superiors en els diferents tipus de cop en el tennis.

TIPUS DE COP	MUSCULATURA IMPLICADA		ESTUDIS
	FASE CONCÈNTRICA	FASE EXCÈNTRICA	
<b>DRIVE</b>	Pectoral major, deltoide anterior, bíceps braquial, rotatoris interns de l'espatlla.	Dorsal ample i deltoide mitjà, serrat anterior.	Anderson, 1970; Van Gheluwe i Hebbelink, 1986; Ariel i Braden, 1979; Roetert i Ellenbecker, 1998.
<b>REVÉS</b>	<b>1 MÀ</b>	Romboide, trapezis mitjans, deltoide posterior, deltoide mitjà, rotatoris externs de l'espatlla, tríceps, serrat anterior.	Roetert i Ellenbecker, 1998; Gunderson, 1972; McLaughlin, 1978; Groppel, 1986; Roswald, 1974; Groppel, 1978.
	<b>2 MANS</b>	<b>Braç dominant:</b> romboide, trapezis mitjans, deltoide posterior, deltoide mitjà, rotatoris externs de l'espatlla, tríceps, serrat anterior. <b>Braç no dominant:</b> pectorals, deltoide anterior, rotatoris interns de l'espatlla.	
<b>SERVEI</b>	Flexors de l'espatlla, pectorals, rotatoris interns de l'espatlla, tríceps, flexors de canell.		Roetert i Ellenbecker, 1998; Van Gheluwe i Hebbelink, 1986; Bartlett i cols., 1990.

**Figura 1.**

Evolució de la FDM relativa i el PMF per a càrregues inferiors a la FDM. (A la zona ombrejada es mostra la franja en la qual possiblement s'hauria de realitzar l'entrenament de FDM relativa per al tennis).



**Taula 3.**

Sessions d'entrenament de força setmanals realitzats per jugadors de tennis durant els torneigs, segons categories, sexe i mena de superfícies de joc (modificat de Roetert i Ellenbecker, 1999).

CATEGORIA DEL JUGADOR	SEXE	TIPUS DE TORNEIG	TIPUS DE SUPERFÍCIE	NOMBRE SESSIONS SEMANALS
Professional	Femení	Gran Slam	–	–
		Circuit WTA	Clay	2
			Hard	2-3
	Grass	2		
	Baró	Gran Slam	–	1-2
Circuit ATP		Clay & Hard	2-3	
	Grass	1-2		
Júnior Rànquing Nacional	Baró	–	Clay & Hard	2-3
Collegiate player's (USA)	Femení	Circuit d'estiu	Clay & Hard	2
		Torneigs per equips	–	3

**Taula 4.**

Característiques generals de la jugadora de tennis abans de començar l'entrenament de FDM.

Edat (anys)	15
Pes (kg)	60,8
Alçada (cm)	171,5
VO <sub>2màx</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	40

com càrregues utilitzi per mesurar-la i una punta de força determinada per a cadascuna de les càrregues (figura 1). Doncs bé, dins de les puntes de força que podem

trobar-nos n'hi ha una que té una rellevància especial en el rendiment esportiu i és el que ha d'aconseguir l'esportista quan realitza un gest tècnic específic (González Badillo, 2000). Per tant, un dels objectius de l'entrenament de força en el tennis hauria de ser adaptar la punta de FDM relativa necessària per a un copejament òptim de la pilota. En aquest sentit, caldria tenir en compte els temps de contacte de la pilota amb la raqueta que es donen en els diferents tipus de cop en el tennis (Brannigan i Adali, 1981; Liu, 1983; Grabiner i cols., 1983), igual com les deman-

des de força, segons el pes de la raqueta, el tipus de gest tècnic, el temps per realitzar el moviment de copejament, etc. Tanmateix, encara no hi ha prou estudis com per conèixer amb exactitud aquestes demandes en el tennis, ni l'entrenament de força més adequat (tipus d'exercicis i característiques generals de l'entrenament). Potser, una alternativa seria millorar i controlar l'evolució de la FDM tot al llarg de la temporada, perquè quan s'aproximi la competició únicament calgui millorar la capacitat per aplicar força davant de càrregues més lleugeres i aconseguir valors de força més elevats.

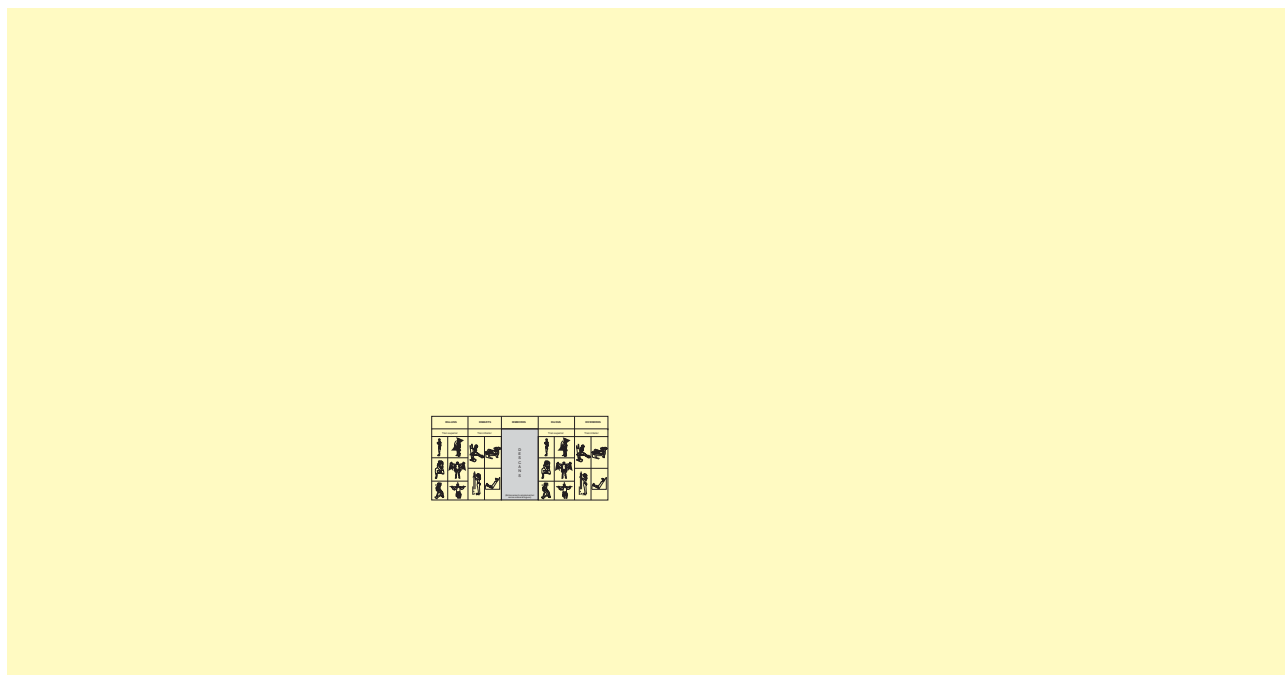
La pèrdua de força com a conseqüència del desentrenament durant la competició és un dels aspectes que s'haurien de tenir en compte en la preparació física dels tenistes. No és difícil de veure que molts jugadors de tennis d'alt nivell joves, que estan en plena progressió no aconseguen de millorar la seva condició física paral·lelament. Un entrenament de força adequat en els períodes competitiu pot facilitar una transferència millor de les adaptacions aconseguides abans de la competició. Alguns autors han observat que es pot controlar la pèrdua de força durant els períodes competitiu realitzant dues sessions d'entrenament de força setmanals (Schmidtbleicher, 1992). D'altra banda, Groppe (1989) va proposar que els jugadors de tennis havien de realitzar 1-2 sèries de 12-15 repeticions de baixa intensitat a la setmana. A més a més, Roetert i Ellenbecker (1999) van aportar dades sobre l'entrenament de força que van realitzar jugadors de tennis de diferent nivell d'acord amb el tipus de superfície on es disputés el torneig. (Taula 3) Els objectius d'aquest treball són mostrar els resultats d'un programa d'entrenament de FDM en una jugadora de tennis d'elit jove que està aconseguint importants resultats esportius. Així mateix, pretenem d'analitzar els efectes de la competició sobre la FDM en el tennis.

### Material i mètodes

A la taula 4 es resumeixen les característiques generals de la jugadora de tennis abans de començar l'entrenament de

**Taula 5.**

Distribució setmanal dels exercicis amb sobrecàrregues realitzats durant l'entrenament de FDM (dies de descans: dimecres, dissabtes i diumenges).



FDM. Es va determinar el % de greix corporal i la massa muscular del subjecte en finalitzar l'entrenament de FDM i en finalitzar la temporada, mitjançant absorciometria fotogràfica dual de raigs X (Hologic QDR-1500, Massachusetts), tal com hem descrit anteriorment (Sanchis i cols., 1998).

La jugadora no havia entrenat FDM abans de començar l'entrenament de força. En correspondència amb allò previst a la programació, es va realitzar un període de familiarització amb els exercicis seleccionats, de 6 mesos de durada, amb una freqüència d'una o dues sessions setmanals, en les quals es van realitzar aleatòriament els exercicis esmentats, però sense sobrecàrregues i durant curts períodes de temps. Durant l'entrenament de FDM es van realitzar quatre sessions d'entrenament setmanals (una diària) i es van alternar les sessions de treball de la musculatura del tren superior i inferior (Taula 5). A la taula 6 es presenten les característiques generals del programa d'entrenament de FDM. Es va alligonar la jugadora sobre la importància de realitzar tant l'entrenament de FDM com els tests de control sempre a la màxima velocitat possible, a més a més, totes dues tasques

**Taula 6.**

Característiques generals de l'entrenament de FDM.

INTENSITAT DE TREBALL (% 1 RM)	NOMBRE DE SÈRIES	NOMBRE DE REPETICIONS	DESCANS (min)	VELOCITAT DE L'EXECUCIÓ
70-80 %	3-5	8	5	Molt alta

es van realitzar sempre en presència del preparador físic. El programa d'entrenament de FDM va tenir una durada de 12 setmanes. (Taula 7)

En el temps que va durar l'entrenament també es van disputar torneigs. Durant els torneigs no es va realitzar cap entrenament amb sobrecàrregues. En finalitzar aquest període d'entrenament la jugadora va continuar entrenant FDM irregularment d'acord amb les possibilitats que ofería el calendari de competició.

Es van realitzar exercicis amb sobrecàrregues de les extremitats superiors i inferiors (Taula 8, exercicis 1-8 i 9-12, respectivament). El criteri de selecció dels exercicis va ser que la musculatura implicada estigués específicament relacionada amb l'execució tècnica d'algun dels diferents tipus de cop, a excepció dels de l'extremitat inferior per als quals es van utilitzar exercicis de caràcter general.

**Test de força**

Es va mesurar la FDM mitjançant un test de repeticions màximes abans de començar el programa d'entrenament i cada 3-4 setmanes. En alguns exercicis es van realitzar menys tests per circumstàncies diverses. A la taula 7 es presenta la periodització dels tests durant el programa d'entrenament. En finalitzar cada setmana d'entrenament es realitzava un test de 3 RM per ajustar les càrregues d'entrenament de la setmana següent. També es va determinar la FDM en finalitzar la temporada (11 mesos després d'haver iniciat l'entrenament de FDM) en tots els exercicis proposats menys en el d'“elevació de talons a peu dret”, que no es va poder realitzar.













Test de repeticions màximes. Per conèixer la 1 RM de cada subjecte es va realitzar un test de repeticions màximes

**Taula 7.** Distribució de l'entrenament de FDM i competicions en què va participar la tennista durant el període d'entrenament, ubicació dels tests de força (T1-T6).

NOVEMBRE		DESEMBRE			GENER			FEBRER			MARÇ							
Entrenament FDM	Master Nike Fase Final (Holanda)	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM					
Entrenament FDM	WTA	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Orange Bowl	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Torneig Sub 16 (França)	Entrenament FDM	Campionat Nacional per Equips Cadets "Copa d'hivern" (Noruega)	Entrenament FDM	Entrenament FDM	Entrenament FDM					
1a setmana (3-12)	14-16	2a setmana (18-27)	29-1	3a setmana (2-5)	6-8	10-13	14-24	4a setmana (22-4)	5a setmana (5-11)	6a setmana (12-18)	7a setmana (19-29)	31-8	8a setmana (9-21)	23-1	9a setmana (2-7)	10a setmana (8-14)	11a setmana (15-21)	12a setmana (22-28)
Treball general	T1=18/11/97 T2=22/11/97	T3=29/12/97	T4=19/01/98	T5=14/02/98	T6=16/03/98													

**Taula 8.**

Exercicis amb sobrecàrregues per a l'entrenament de la força en el tennis.

DESCRIPCIÓ GRÀFICA DE L'EXERCICI	NOM DE L'EXERCICI	DESCRIPCIÓ TÈCNICA DE L'EXERCICI	GRUPS MUSCULARS QUE HI INTERVENEN
	1. Elevacions frontals amb manuelles.	Es pot realitzar dempeus o assegut (millor assegut). Es requereixen dues manuelles del mateix pes, una a cada mà. Amb els braços estesos i el palmell de la mà en direcció al terra elevar els braços cap al davant, alternativament.	Deltoide (feix anterior i porció mitjana), serrat major i romboide.
	2. Elevacions laterals amb manuelles.	Es pot realitzar dempeus o assegut (millor assegut). Es requereixen dues manuelles del mateix pes, una a cada mà. Amb els braços estesos i el palmell de la mà en direcció al terra elevar els braços lateralment simultàniament.	Deltoide (feix anterior i porció mitjana), trapezi.
	3. Pressió inclinada amb manuelles.	Ajagut en un pla inclinat (45°). Amb una manuela a cada mà, els braços estesos a l'alçada del pit i perpendiculars al terra, flexionar els colzes mantenint els braços en abducció de 90° i l'avantbraç perpendicular al terra en arribar a la màxima flexió.	Pectoral major, feix clavicular del pectoral major, serrat major, tríceps (porció llarga, vast intern), deltoide (porció mitjana, feix anterior).
	4. Pressió amb manuelles sobre banc pla.	Ajagut paral·lel al terra. Amb una manuela a cada mà, els braços estesos a l'alçada del pit i perpendiculars al terra, flexionar els colzes mantenint els braços en abducció de 90° i l'avantbraç perpendicular al terra en arribar a la màxima flexió.	Pectoral major.
	5. Politja rere clatell.	Assegut, amb les mans subjectant una barra, separades més enllà de l'alçada de les espatlles i els braços estesos, flexionar els braços portant la barra fins a darrera del cap.	Dorsal ample, rodó major, flexors d'avantbraços, romboïdes, trapezis.
	6. Rem horitzontal a una mà amb manuelles.	Una mà i la cama del mateix costat recolzades en un banc, la cama contrària a terra. El braç lliure està, perpendicular al terra i subjectant una manuela, esquena recta. Flexionar el braç paral·lel al cos elevant el colze per sobre del cos en el punt de màxima flexió.	Dorsal ample, rodó major, deltoide posterior, trapezi, romboide.
	7. Extensió rere clatell amb manuela.	Es pot realitzar dempeus o assegut (millor assegut). Amb un braç estès, tocant al cap i perpendicular al terra, subjectant una manuela. El braç contrari controlant el desplaçament lateral del braç que realitza l'exercici. Flexionar el colze fins a 100° aproximadament. Sense separar-lo del cap i mantenint-ne la perpendicularitat.	Tríceps (vast extern, porció llarga), anconal.
	8. Rull de bíceps concentrat amb recolzament a la cuixa.	Es pot realitzar amb un genoll a terra o assegut (millor assegut). Un braç està i perpendicular al terra subjectant una manuela. El colze d'aquest braç en contacte amb la part interna de la cama del mateix costat. Es realitza una flexió màxima del colze alhora que es fa una rotació interna de l'avantbraç.	Bíceps braquial, braquial anterior.
	9. Elevació de talons dempeus en màquina.	Dret, amb un pes situat sobre les espatlles, les puntes dels peus recolzades en una falca. Realitzar flexions i extensions de turmell amb la màxima amplitud.	Bessó (intern, extern), soli.
	10. Extensions de quàdriceps en màquina.	Assegut, amb les cames flexionades i amb una càrrega recolzada en la porció anterior del panxell de la cama. Realitzar flexions i extensions de genoll amb amplitud.	Quàdriceps (vast extern, crural).
	11. Rull de cames ajagut.	Ajagut de bocaterrosa, cames esteses, amb una càrrega recolzada en la porció inferior del panxell. Realitzar flexions i extensions de genoll amb amplitud.	Bíceps crural (porció llarga i curta), semitendinós, semimembranos, bessó.
	12. Pressió de cames inclinada.	Amb l'esquena recolzada en un pla inclinat, maluc flexionat 90°, cames esteses i separades a l'alçada de les espatlles amb una càrrega a la planta dels peus. Realitzar flexions i extensions de genoll amb amplitud.	Quàdriceps (vast intern i extern, crural, recte anterior), gluti major.

(de 3 a 12) amb tres nivells de càrrega diferents. La càrrega inicial es va calcular de tal manera que el subjecte pogués desplaçar-la com a màxim 12 vegades. Des d'aquest moment s'anava augmentant la càrrega progressivament fins que el subjecte només podia desplaçar-la correctament aproximadament 3 vegades en l'última sèrie (3 RM). En cada sèrie realitzada es va anotar la càrrega i el nombre de repeticions realitzades. Entre sèries es va permetre un descans de 5 minuts cada un, com a mínim, segons les necessitats del subjecte, per aconseguir una recuperació completa. Posteriorment, es va determinar la càrrega corresponent a 1 RM per extrapolació de la relació semilogàrítica (càrrega/ln nombre de repeticions. Per a una descripció més detallada vegeu Sanchis 1998).

### Resultats

A la *figura 2 i 3* es mostren els resultats dels tests realitzats en les extremitats superiors i inferiors del cos, respectivament. L'ajustament lineal entre la relació càrrega/ln nombre de repeticions va ser sempre molt bo (en general,  $r^2 > 0,90$ ).

La FDM va millorar en finalitzar l'entrenament en tots els exercicis realitzats, tant en les extremitats superiors com inferiors. Tanmateix, en la majoria dels exercicis aquests increments de força no van tenir una progressió contínua sinó que es van alternar períodes de guany i de pèrdua de força durant les setmanes que va durar l'entrenament (*figures 4 i 5*). Únicament en els exercicis de "premsa inclinada" i "pectorals en pla inclinat" van augmentar linealment. A la *taula 9* es mostren els percentatges de variació de la força entre tests consecutius per a cada exercici, així com en finalitzar l'entrenament en relació al nivell de força inicial.

En acabar la temporada els valors de FDM van disminuir tant en els exercicis de cames com en els de les extremitats superiors, una mitjana d'un 18 % i un 22 %, respectivament, en relació a la 1 RM realitzada en el test 6 del programa d'entrenament (*Taula 10, figures 6 i 7*). Únicament en l'exercici de "polítja rere clatell" la 1 RM del test 6 no va variar.

La massa magra total, el % de greix corporal i el pes corporal van disminuir lleugerament des del final de l'entrenament de FDM fins al final de temporada. (*Taula 11*)

### Discussió

Fins que es pugui entrenar específicament la FDM d'acord amb el gest tècnic individual, una alternativa per millorar aquesta qualitat física i per poder controlar-ne l'evolució és l'entrenament amb sobrecàrregues. Per fer-ho, hem seleccionat els exercicis amb sobrecàrregues que, segons la bibliografia especialitzada, treballen específicament la musculatura que intervé en els moviments propis del tennis. En aquest sentit, nombrosos autors han analitzat, des d'un punt de vista biomecànic i mitjançant electromiografia, com és la musculatura implicada en l'execució dels diferents tipus de cop en el tennis (*Taula 2*). Encara que la major part de les investigacions s'han centrat a estudiar la participació dels músculs de l'extremitat superior, tots els treballs realitzats coincideixen a assenyalar que la intervenció dels músculs de les cames (soli, bessons, quàdriceps i glutis, fonamentalment) i del tronc (abdominals i lumbar), són de vital importància per aconseguir una velocitat superior en el desplaçament de la pilota (Quin, 1986). Pel que fa a la musculatura abdominal, el seu entrenament és de vital importància en el tennis per les seves múltiples implicacions (Adams i cols., 1980; Bogduk i Macintosh, 1984; Farfan, 1995; Shields i Heiss, 1997; per a revisió vegeu Dorado i cols., 2001a, en impremta). D'una banda, permet d'estabilitzar el cos en els desplaçaments i en copejar la pilota, a més a més incrementa la velocitat de rotació del tronc en el moment del cop i prevé lesions específiques de la columna lumbar (Knudson i Blackwell, 2000; Elliot, 2001), possiblement una de les lesions que poden resultar més perjudicials en el tennis (per a revisió vegeu *Clinics in Sports Medicine -Raquet Sports-*, 1995; Sanchis Moysi i cols., 1996). Sobre aquesta qüestió, hem comprovat recentment que el contingut mineral ossi (BMC) i la densitat mineral òssia (BMD) en les vèrtebres lumbar (L2-L4), en la pelvis i en el cap i el coll del fèmur és

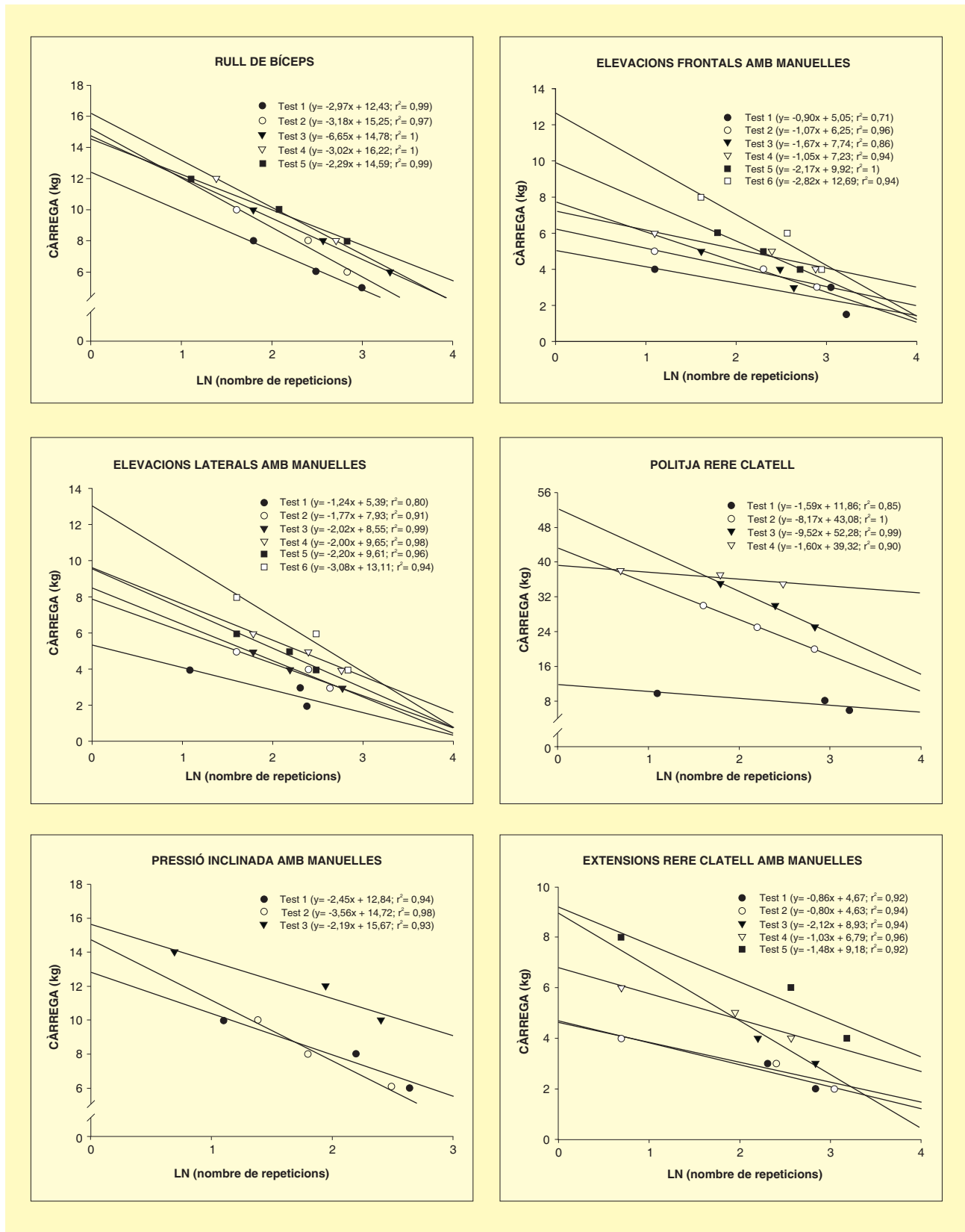
més gran en tennistes professionals que no pas en subjectes sedentaris (López Calbet i cols., 1998; Sanchis Moysi i cols., 1998), diferències que es prolonguen fins l'edat adulta en barons que practiquen el tennis com a "hobby" (Sanchis Moysi i cols., 1999), però no en dones de la mateixa edat (Sanchis Moysi i cols., 2001; Dorado i cols., 2001b). Aquestes variacions en el BMC i en la BMD també s'han observat en el braç dominant comparat amb el no dominant dels jugadors de tennis (tant en professionals com en amateurs adults de tots dos sexes), acompanyades per un increment de la massa muscular (Calbet i cols., 1998; Sanchis Moysi i cols., 1998; Sanchis Moysi i cols., 1999; Sanchis Moysi i cols., 2001; Dorado i cols., 2001B). A la *taula 8* es proposen un conjunt d'exercicis amb sobrecàrregues per a l'entrenament de força en el tennis que han estat seleccionats en correspondència amb els criteris esmentats anteriorment. Tanmateix, l'entrenament amb sobrecàrregues, pot tenir efectes positius (transferència) sobre el rendiment en el tennis? Encara no ho sabem amb exactitud. Existeixen pocs treballs que hagin analitzat els efectes d'un programa d'entrenament de força sobre el rendiment en el tennis. Recentment, en un excel·lent treball, Kraemer i cols. (2000) van analitzar els efectes de tres tipus d'entrenament de força realitzats durant 9 mesos sobre la velocitat de desplaçament de la pilota en jugadors de tennis joves de nivell mitjà. Aquests autors van observar, al final de l'entrenament, petites correlacions entre la velocitat de la pilota i els exercicis amb sobrecàrrega seleccionats.

Nombroses investigacions amb electromiografia s'han centrat en l'anàlisi de l'activació neuromuscular dels músculs més implicats en la realització dels diferents tipus de cop (vegeu revisió a Sanchis Moysi i cols., 1996). Així, s'ha observat que determinats músculs s'activen de forma màxima en les primeres fases d'acceleració del moviment durant els diferents tipus de cop. Aquest aspecte podria influir significativament en la velocitat de desplaçament de la pilota, tan determinant del rendiment en el tennis. Encara que no podem oblidar que, en el tennis,



**Figura 2.**

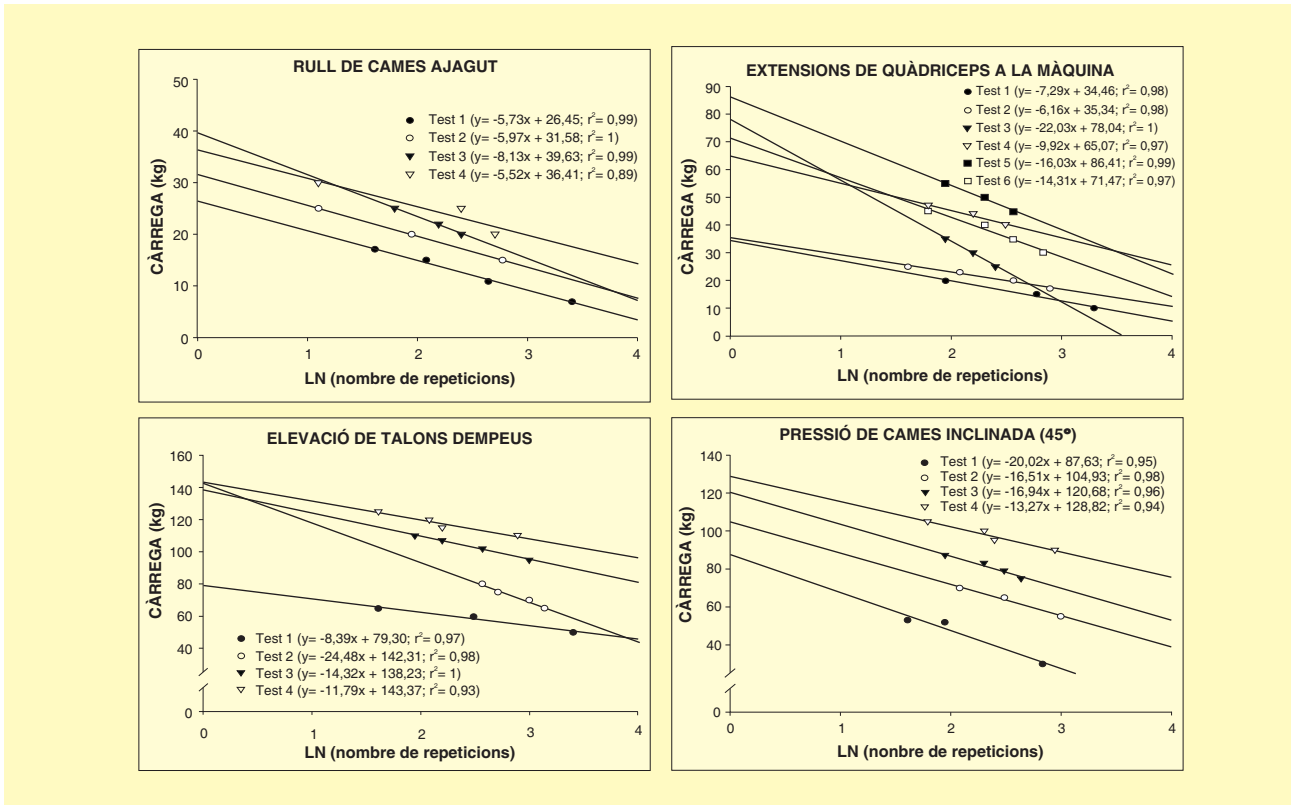
Representació gràfica dels resultats dels tests de determinació de l'1 RM realitzats en les extremitats superiors, efectuats durant les 12 setmanes d'entrenament.





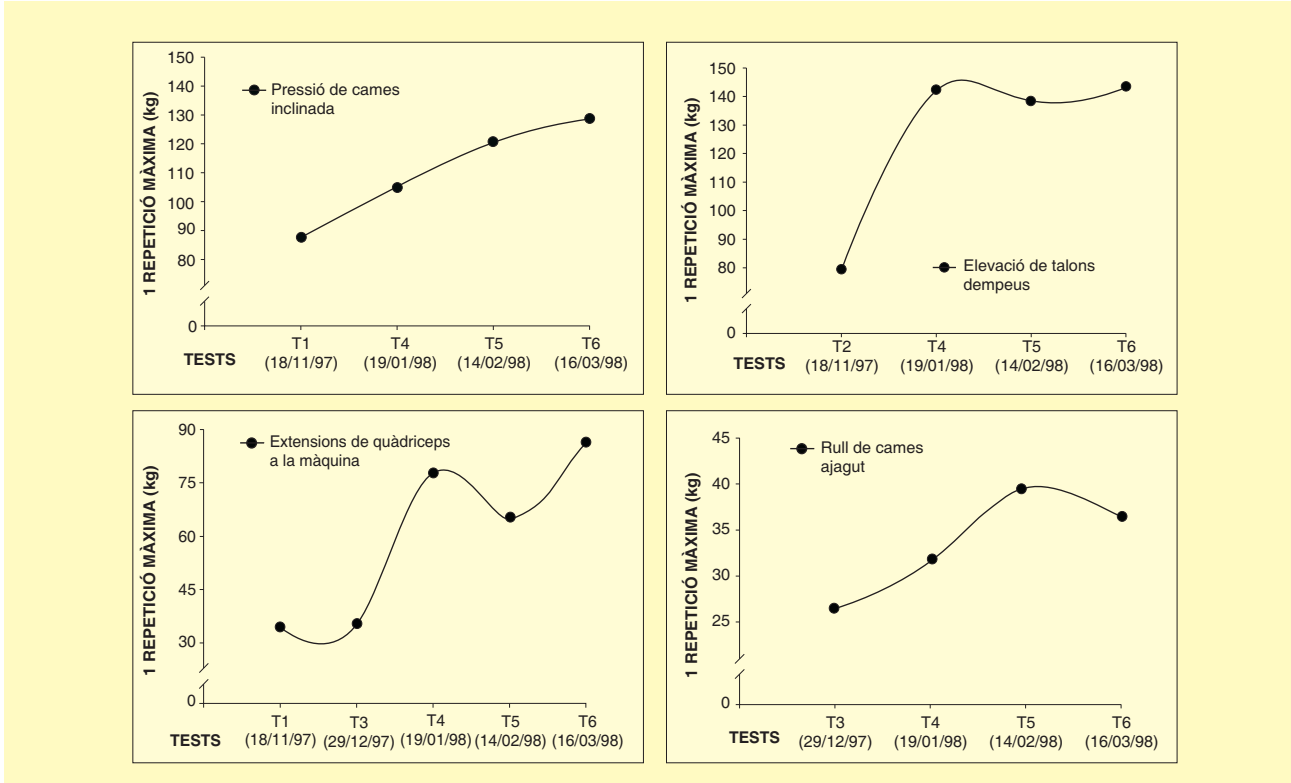
**Figura 3.**

Representació gràfica dels resultats dels tests de determinació de l'1 RM realitzats amb les extremitats inferiors, durant les 12 setmanes d'entrenament.



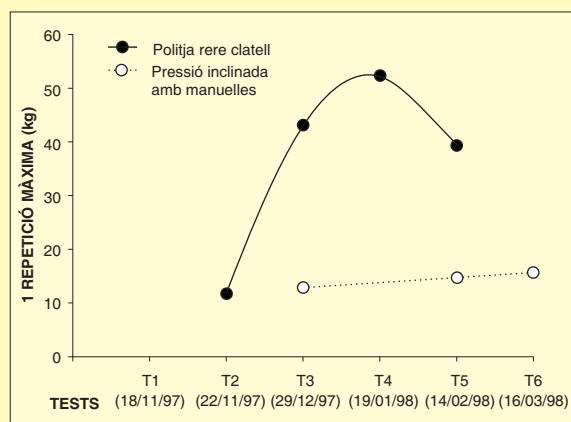
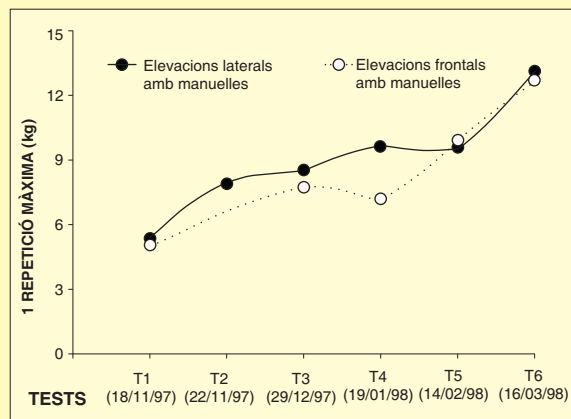
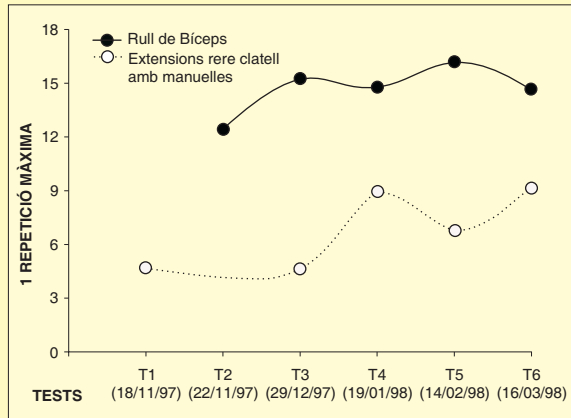
**Figura 4.**

Evolució de l'1 RM en els exercicis corresponents a les extremitats inferiors durant les 12 setmanes d'entrenament de FDM.



**Figura 5.**

Evolució de l'1 RM en els exercicis corresponents a les extremitats superiors durant les 12 setmanes d'entrenament de FDM.

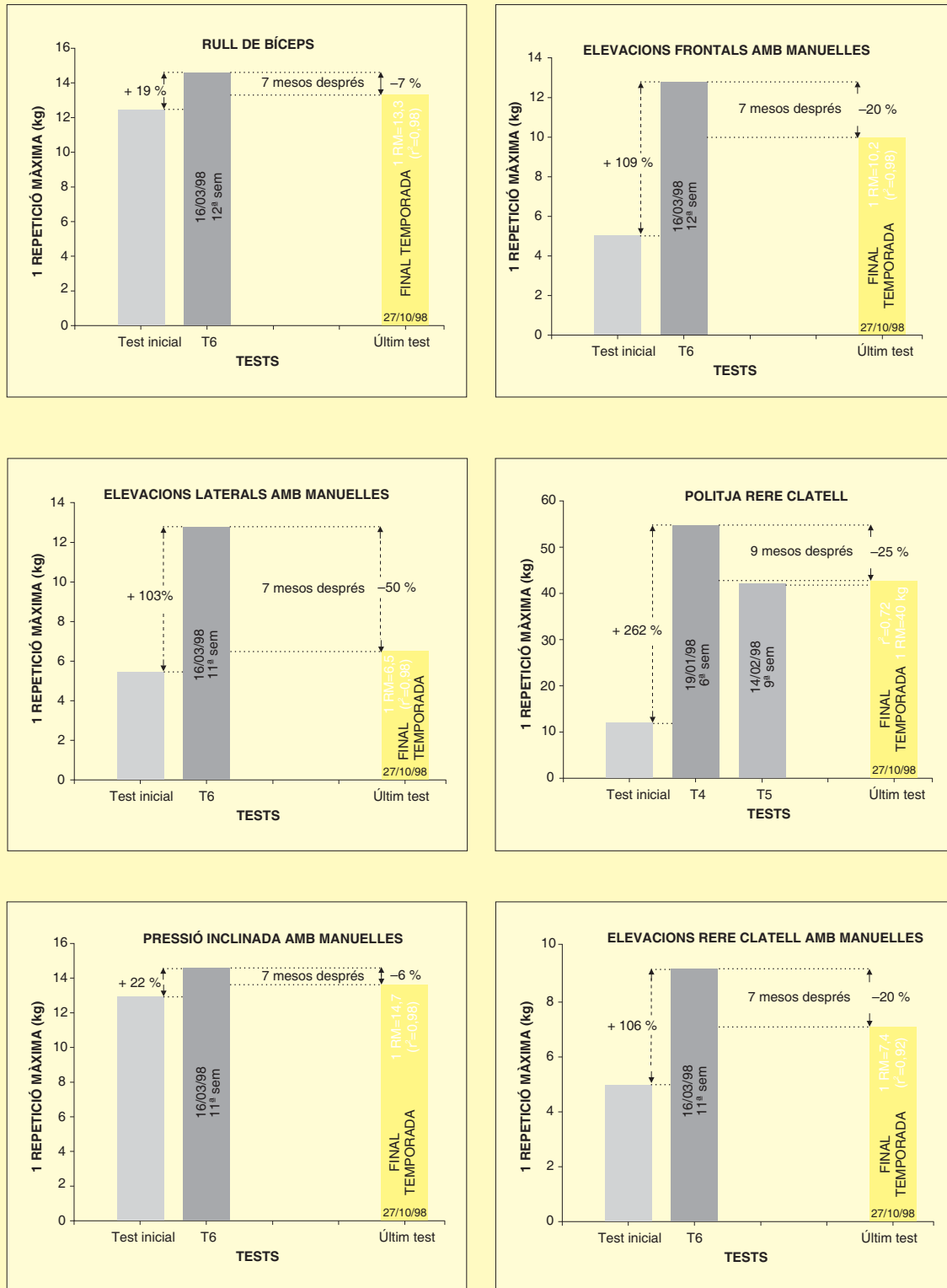


**Taula 9.**

Variació de l'1 RM en comparar els mesuraments realitzats en tests consecutius (expressat en percentatge sobre el valor d'1RM del test anterior). Increment total de força en finalitzar les 12 setmanes d'entrenament (%).

EVOLUCIÓ DE LA FDM (%)							
	TEST 1 (18/11/97)	TEST 2 (22/11/97)	TEST 3 (29/12/97)	TEST 4 (19/01/98)	TEST 5 (14/02/98)	TEST 6 (16/03/98)	TOTAL
Rull de Bíceps	—	Test inicial	+22	-3	+10	-10	+19
Extensions rere clatell amb manuelles	Test inicial	—	+2	+93	-24	+35	+106
Elevacions laterals amb manuelles	Test inicial	+46	+9	+13	-1	+36	+103
Elevacions frontals amb manuelles	Test inicial	—	+51	-7	+37	+28	+109
Politja rere clatell	—	Test inicial	+241	+21	-25	—	+237
Pressió inclinada amb manuelles	—	—	Test inicial	—	+15	+7	+22
Pressió de cames inclinada	Test inicial	—	—	+20	+15	+7	+42
Elevació de talons dempeus	—	Test inicial	—	+79	-3	-4	+72
Extensions de quàdriceps en màquina	Test inicial	—	+2	+121	-17	+33	+139
Rull de cames ajagut	—	—	Test inicial	+19	+25	-8	+36

**Figura 6.**  
Variació de l'1 RM entre l'inici i el final de la temporada (extremitats superiors).



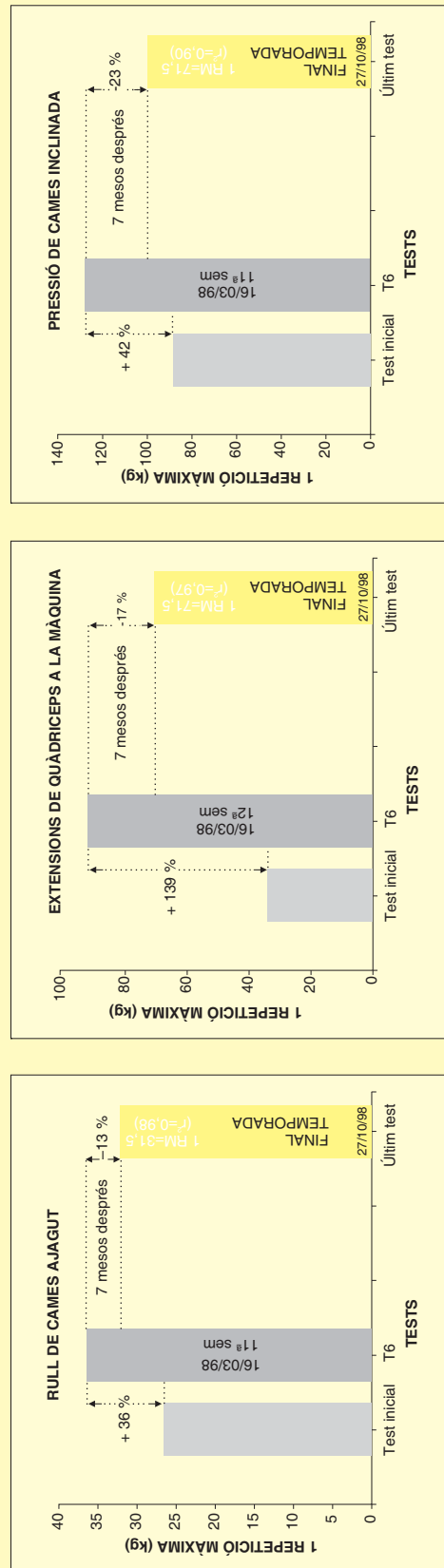
**Taula 10.**

1 RM en el test inicial, último test del programa d'entrenament (test 6) i en finalitzar la temporada.

	RULL DE BICEPS	EXTENSIONES RERE CLATELL AMB MANUELLES	ELEVACIONS LATERALS AMB MANUELLES	ELEVACIONS FRONTALS AMB MANUELLES	POLITJA RERE CLATELL	PRESSIÓ INCLINADA AMB MANUELLES	PRESSIÓ DE CAMES INCLINADA	ELEVACIÓ DE TALONS DEMPUS	EXTENSIONES DE QUÀDRICEPS EN MÀQUINA	RULL DE CAMES AJAGUT
<b>TEST INICIAL</b>	12,4	4,7	5,4	5,1	11,9	12,8	87,6	79,3	34,5	26,5
<b>TEST 6</b>	14,6	9,2	13,1	12,7	39,3	15,7	128,8	143,4	86,4	36,4
<b>FINAL TEMPORADA</b>	13,3	7,4	6,5	10,2	40,0	14,7	99,0	-	71,5	31,5

**Figura 7.**

Variació de 1<sup>er</sup> RM entre l'inici i el final de la temporada (extremitats inferiors).



**Taula 11.**

Característiques generals de la jugadora de tennis en finalitzar l'entrenament de FDM i 7 mesos després.

REGIÓ CORPORAL	MASSA MAGRA (g)		% GREIX CORPORAL		PES		ALÇADA
	EN ACABAR FDM	7 MESOS DESPRÉS	EN ACABAR FDM	7 MESOS DESPRÉS	EN ACABAR FDM	7 MESOS DESPRÉS	AL FINAL DE TEMPORADA
Braç esquerre	1.942,1	1.877,5	24,7	26,5			
Braç dret	2.196,5	2.186,7	23,8	25,2			
Tronc	2.343,0	2.363,0	12,5	10,3			
Cama esquerra	7.966,4	7.175	28,7	32,2			
Cama dreta	7.574,5	7.647,9	31,2	30,8			
<b>TOTAL</b>	<b>4.597,4</b>	<b>4.544,3</b>	<b>20,6</b>	<b>20,3</b>	<b>61,6</b>	<b>61,4</b>	<b>171,5</b>

els cops són el resultat d'una cadena cinètica formada pel tronc, el maluc i les cames (Anderson, 1970). A més a més, s'ha comprovat que els jugadors més depurats tècnicament registren menys activitat muscular en cada cop, malgrat imprimir més velocitat a la pilota (Gunderson, 1972; McLaughlin, 1978). Aquesta mena de contraccions musculars d'alta intensitat, repetides de forma intermitent durant les 1-5 hores que dura un partit de tennis, aproximadament, haurien de disminuir considerablement les reserves energètiques presents en el múscul, especialment la fosfocreatina, tan de moda en el tennis actual. Al lector interessat li recomanem consultar una revisió bibliogràfica publicada recentment que sintetitza els principals mecanismes d'actuació de la fosfocreatina i els efectes de la seva suplementació sobre el rendiment (Dorado i cols., 1997).

Alguns estudis han observat que en els diferents tipus de cop, en les fases d'impacte de la pilota i desacceleració del moviment, l'activitat electromiogràfica és menor que en les fases d'inicials d'acceleració del moviment (Gunderson, 1972; McLaughlin, 1978; Van Gheluwe i Hebbelink, 1986; Groppe, 1986). Possiblement la causa d'això sigui que el múscul es contreu excèntricament. En aquest sentit, estudis recents han comprovat que el sistema nerviós utilitza un comandament específic i únic durant les contraccions musculars excèntriques

(Enoka, 1996; vegeu revisió a Sanchis Moysi, 1999). És a dir, l'activació muscular durant les contraccions musculars excèntriques és distinta que en les contraccions concèntriques i isomètriques. Aquest plantejament implicaria que per a moviments que necessitessin successives contraccions excèntriques i concèntriques, com és el cas del tennis, hauria d'existir també un canvi en l'estratègia de control nerviós dels dos tipus de contracció. Potser, per ser específics en el tennis, possiblement s'hauria de treballar concèntricament en determinats moviments i amb contraccions musculars excèntriques en altres. A més a més, estudis recents han comprovat que si incloem contraccions musculars excèntriques durant l'entrenament de força els increments de força són més grans que no pas entrenant només concèntricament (Colliander i Tesh, 1990; Dudley i cols., 1991; Hortobágyi i cols., 1996; per a revisió, vegeu Sanchis Moysi, 1998).

L'entrenament de FDM podria tenir efectes positius sobre el rendiment en el tennis, segons la mena d'activació muscular que es dona durant els diferents tipus de cop que s'hi utilitzen. Aquesta mena d'entrenament (Taula 6) produeix adaptacions neuromusculars i no ocasiona grans hipertrofies musculars en el subjecte (d'altres entrenaments similars es poden veure a l'excel·lent llibre de

Komi, 1992, capítol 18: "Training for Power Events"). Així mateix, contribueix a un increment del "rate of force development" (RFD) o velocitat de desenvolupament de força i a millorar l'activació neuronal. Tot plegat hauria de permetre una major explotació del potencial muscular amb efectes mínims sobre l'increment de massa muscular o pes corporal (Schmidbleicher, 1992). Encara que nosaltres no vam poder determinar la massa magra abans de començar l'entrenament de FDM, vam poder observar una lleugera disminució de la massa magra, del percentatge de greix corporal i del pes corporal des del final de l'entrenament de FDM fins al final de temporada (7 mesos).

Abans hem vist que la potència reflecteix la capacitat del múscul per generar un impuls mecànic en el mínim de temps possible. És factible de millorar la potència muscular si augmenta la força màxima, però també és possible millorar la potència muscular en gests esportius específics com per exemple el salt, sense millorar la força màxima, amb la condició que millori el RDF. Durant la contracció dinàmica només és possible millorar la potència mitjana desenvolupada si s'aconsegueix de generar un impuls mecànic superior en el mateix temps, o bé si es genera el mateix impuls mecànic però en menys temps (en tots dos casos això només és possible si millora el RDF). En el nostre cas, la jugadora va augmentar la



força dinàmica màxima notablement, però a més a més, aquesta mena d'entrenament també hauria d'haver contribuït a incrementar el RFD i per tant, la capacitat per generar la màxima força en el mínim de temps possible en els diferents tipus de cop. En aquest sentit, potser caldria adaptar posteriorment aquests guanys de FDM amb càrregues elevades a les característiques específiques del tennis (pes de la raqueta, tipus de gest tècnic, temps per a realitzar el moviment de copejar, temps de contacte amb la pilota, etc.). Calen noves investigacions per conèixer els efectes de l'entrenament de FDM sobre el rendiment en el tennis, així com per dissenyar entrenaments de força més específics per a aquest esport (tipus d'exercicis i característiques generals de l'entrenament).

L'entrenament de força en nens i adolescents i els seus efectes nocius sobre el creixement han estat un tema debatut àmpliament en la literatura especialitzada (per a revisió, vegeu Guy i Micheli, 2001). A hores d'ara està comprovat que tant els nens com els adolescents de tots dos sexes poden millorar la força muscular amb l'entrenament (Pfeiffer i Francis, 1986; Sewal i Micheli, 1986; Sailors i Berg, 1987; Ramsay i col., 1990; Faigenbaum i cols., 1993; Lillegard i cols., 1997; Faigenbaum i cols., 1999 i Papadopoulos i cols., 2001). Aquests increments de la força muscular semblen trobar-se més relacionats amb millores en l'activació i en la coordinació neuromuscular que no pas amb hipertrofies musculars (Sale, 1989; Ramsay i cols., 1990; Ozmun i cols., 1994 i Gardiner, 2001), igual com s'esdevé amb adults no entrenats. A més a més, a aquestes edats els guanys de força com a conseqüència de l'entrenament es poden perdre ràpidament si aquest entrenament no té continuïtat (Faigenbaum i cols., 1986). Tots dos factors van poder influir tant en les importants millores aconseguïdes en els tests d'1 RM (Komi, 1986; Hakkinen i Kallinen, 1994), com en la pèrdua de força com a conseqüència del desentrenament (Hakkinen i col., 1985; Faigenbaum i col., 1986; Narici, 1989). D'altres treballs realitzats amb nens i

adolescents han trobat importants guanys de força en l'extremitat superior (Sewal i Micheli, 1986; Sailors i Berg, 1987; Blimkie, 1989; Faigenbaum i cols., 1993) i en la inferior (Sewal i Micheli, 1986; Sailors i Berg, 1987; Faigenbaum i cols., 1996). Tanmateix, en el nostre treball els guanys de força, tant de l'extremitat superior com de la inferior van ser en general superiors als trobats en aquests estudis. Les diferències en el volum d'entrenament realitzat, el nombre de repeticions per sèrie, la velocitat d'execució, la càrrega desplaçada, i també els instruments de mesura utilitzats per determinar la 1 RM o la motivació, entre d'altres factors, poden ocasionar resultats contradictoris en aquesta mena d'investigacions (Faigenbaum i cols., 1999). En el nostre cas, un altre factor a tenir en compte és que els subjectes experimentals que van participar en els treballs esmentats anteriorment no eren esportistes d'elit, mentre que en el nostre cas d'estudi la jugadora es dedicava semiprofessionalment al tennis, malgrat la seva poca edat. Així, el volum d'entrenament realitzat per la nostra esportista va ser superior al dels estudis esmentats i possiblement la intensitat de l'entrenament va ser també superior, sense tenir en compte les diferències individuals que es poden donar en aquesta mena d'entrenament. A més a més, encara que la tennista estudiada era realment jove (15 anys) a l'inici del programa d'entrenament, el seu estat de maduració (Taner = 5) la col·loca en el grup d'adolescents postpuberals. Així i tot, es van prendre precaucions atesa la seva joventut. En general, es recomana que durant les primeres setmanes d'entrenament es realitzin exercicis amb moltes repeticions i d'alta intensitat en lloc d'exercicis amb poques repeticions i desplaçant càrregues pesades, a causa del fet que els guanys de força en les etapes inicials d'un entrenament de força, segons que sembla, són deguts, fonamentalment, a adaptacions neuronals. D'altra banda, per prevenir lesions greus en aquestes edats, calen programes d'entrenament adaptats a les característiques del nen/adolescent, i també la supervisió

de professionals qualificats. Finalment, es recomana la utilització de càrregues lleugeres o moderades en lloc de càrregues excessivament pesades, que podrien lesionar estructures òssies íntimament relacionades amb el creixement.

El mesurament de la velocitat de la pilota en els diversos tipus de cop o la determinació de la corba força-velocitat abans i després de l'entrenament de força, podrien aportar informació addicional molt interessant durant aquesta mena d'entrenament. El mesurament del temps d'execució durant els tests d'1 RM ens podria haver orientat sobre l'evolució de la corba força-velocitat de la tennista en cada exercici, és a dir, de la relació entre aquest valor màxim de força dinàmica (1 RM) i el temps necessari per desenvolupar-la. D'altra banda, seguint les recomanacions de Ferrauti (comunicació personal) i en correspondència amb treballs recents realitzats pel seu excel·lent grup d'investigació (Ferrauti i cols., 2001), el control de l'evolució de la velocitat de la pilota en els diferents tipus de cop podria haver aportat dades rellevants per conèixer els efectes de l'entrenament de força realitzat sobre el rendiment.

El procediment utilitzat per determinar la 1 RM en aquest estudi ens sembla interessant, perquè permet d'obtenir una relació matemàtica individual entre el nombre de repeticions possible i el pes aplicat, informació que resulta molt útil per a l'entrenador. Aquest procediment es basa en la mateixa tècnica que s'ha seguit per determinar les múltiples equacions que s'han proposat per estimar 1 RM des de repeticions submàximes. El fonament és el següent: la relació que existeix entre el nombre de repeticions màximes i el pes aixecat és curvilínia, de tal manera que, alineant la relació mitjançant una transformació semilogarítmica, es pot obtenir un valor aproximat d'1 RM, amb un error en l'estimació que és individual. Per què no utilitzar alguna de les moltes equacions ja existents? Senzillament, perquè encara que aquesta alternativa hauria estat més simple, sens dubte hauria comportat un error més gran a causa de les raons següents:

- Hi ha moltes equacions perquè no n'hi ha hagut cap que hagi demostrat ser excepcionalment bona (passa una cosa semblant amb el que s'esdevé amb les equacions antropomètriques per determinar el percentatge de greix corporal). Vegeu el llibre de Maud i Foster, *Physiological assessment of physical fitness*, "Human Kinetics", pàg. 127.
- És millor determinar els paràmetres matemàtics directament que no pas utilitzar els paràmetres fixos de les equacions.
- La majoria de les equacions s'han desenvolupat amb l'exercici de pressió sobre banc. Moltes d'aquestes donen errors notables en altres exercicis diferents de la pressió sobre banc.
- Cap de les equacions no ha estat desenvolupada específicament per a ser aplicada en dones adolescents.

De fet, el millor hauria estat mesurar la 1 RM, però en tractar-se d'una tennista d'elit potser no hauria estat prudent, atesa la seva nul·la experiència prèvia en treball de força.

Ens sembla important destacar els resultats obtinguts en aquest treball, tenint en compte les característiques excepcionals de la jugadora de tennis objecte d'estudi, així com les enormes dificultats que comporta estudiar jugadors d'alt nivell. Molt sovint, trobem a faltar publicacions d'altres entrenadors/preparadors físics relacionats directament amb l'alt rendiment esportiu.

### Limitacions i interès de l'estudi

La limitació principal d'aquest estudi és que se centra en la descripció d'un cas, i en conseqüència les observacions efectuades pel que fa a l'eficàcia del programa d'entrenament no són generalitzables a tots els tennistes. La millora observada en alguns exercicis en els quals els valors estimats d'1 RM s'han duplicat és realment espectacular. Incrementos de força muscular d'aquesta magnitud són excepcionals però no impossibles, especialment en grups musculars no sotmesos anteriorment a entrenament de força. De

fet, les millores van ser molt més importants en els exercicis efectuats amb les extremitats superiors que no pas en els realitzats amb les extremitats inferiors. Cal tenir en compte que la musculatura de les extremitats inferiors és molt activa en el tennis (salts, corregudes, canvis de direcció, etc.) mentre que només el braç dominant efectua contraccions intenses, i aquestes són molt "peculiaris" en el tennis. Dades recollides al nostre laboratori han demostrat que el braç dominant dels tennistes té un 20 % més de massa muscular, mentre que la massa muscular del braç no dominant és similar a la massa muscular del braç no dominant de subjectes sedentaris de característiques ètniques i corporals semblants als tennistes d'elit (Sanchis Moysi i cols., 1998; López Calbet i cols., 1998). No ens ha de sorprendre, doncs, que en exercicis bilaterals efectuats amb els membres superiors, les millores de força puguin ser espectaculars.

### Conclusions

Els resultats dels tests, en finalitzar les 12 setmanes d'entrenament, ens indiquen que la força dinàmica màxima va millorar amb l'entrenament realitzat. En el nostre cas d'estudi, la tennista va obtenir resultats esportius excepcionals durant l'any en què es va realitzar l'entrenament de FDM, paral·lelament a l'increment a la FDM. Ateses les característiques d'aquest esport on, com més va més accions de gran potència i força explosiva es demanen, no solament en copejar la pilota sinó també en desplaçar-se per la pista, l'entrenament de força hauria de tenir més consideració en l'entrenament físic del jugador de tennis. Calen noves investigacions que analitzin els efectes de l'entrenament de força tradicional, amb exercicis al gimnàs, sobre el rendiment en el tennis.

Les millores en la FDM van poder veure's limitades pel desentrenament que ocasiona la competició sobre la FDM (Häkkinen i Komi, 1983a i 1983b; Häkkinen i cols., 1985; Schmidtbleicher, 1992). En tennistes d'alt nivell, és possible que l'eliminació total de l'en-

trenament de força durant la competició pugui afectar negativament el rendiment físic la resta de la temporada. Potser, l'entrenament controlat de FDM en tennistes més joves que es troben en progressió, ajudaria a millorar-ne el rendiment.

### Bibliografia

- Adams, M. A.; Hutton, W. C. i Stott, M. A.: "The resistance to flexion of the lumbar intervertebral joint", *Spine*, 5 (1980), pàg. 245-253.
- Anderson, J. P.: *An electromyographic study of ballistic movement in the tennis forehand drive*, Tesi doctoral no publicada, University of Minnesota, 1970.
- Asmussen, E.; Bonde-Petersen, F. i Jorgensen, K.: "Mechano-elastic properties of human muscles at different temperatures", *Acta Physiol Scand*, 96 (1976), pàg. 83-93.
- Aura, O. i Komi, P. V.: "Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercise", *Int J Sports Med*, 7 (1986), pàg. 137-143.
- Bartlett, R. M.: "The definition, design, implementation and use of a comprehensive sports biomechanics software package for the Acorn Archimedes computer", a M. Nosek; D. Sojka; W. E. Morrison i P. Susanka, *Biomechanics in Sports: Proceedings of the VIIIth International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports*, Conex, Praga, 1990, pàg. 273-278.
- Beillot, J.; Rochongar, P.; Briend, M. G. i Le Bars, R.: "Tennis: Etude Cinematographique et electromyographique d'un gest: Le service", *Medicine du sport*, 52 (1978), pàg. 199-204.
- Berger, R.: "Effect of varied weight training programs on strength", *Res Q*, 33 (1962), pàg. 168-181.
- Blimkie, C.: "Age-and sex-associated variation in strength during childhood: anthropometric, morphologic, neurologic, biomechanical, endocrinologic, genetic, and physical activity correlates", a C. V. Gisolfi; D. R. Lamb, *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, 2, Youth, Exercise and Sport, Indianapolis, Benchmark Press, 1989, pàg. 99-163.
- Bogduk, N. i Macintosh, J. E.: "The applied anatomy of the thoracolumbar fascia", *Spine*, 2 (1984), pàg. 164-170.





- Brannigan, M. i Adali, S.: "Mathematical modelling and simulation of a tennis racket", *Med Sci Sports Exerc*, 13(1) (1981), pàg. 44- 53.
- Cavagna, G. A.; Thys, H. i Zamboni, A.: "The sources of external work in level walking and running", *J. Physiol*, 262 (1976), pàg. 639-657.
- Cavagna, G. A.: "Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle", *Exerc Sports Sci*, 5 (1978), pàg. 89-129.
- "Clinics in sports medicine", *Raquet sports*, 14 (gener de 1995).
- Colliander, E. B. i Tesh, P. A.: "Bilateral eccentric and concentric torque of the cuadriceps and hamstring muscles in females and males", *Eur J Appl Physiol*, 59 (1989), pàg. 227-232.
- : "Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training", *Acta Physiol Sca*, 140 (1990), pàg. 31-39.
- Delavier, F.: *Guía de los movimientos de musculación*, Paidotribo, 2a edició, 2000.
- Dorado García, C.; Sanchis Moysi, J.; Chavarren Cabrero, J. i López Calbet, J. A.: "Efectos de la administración de suplementos de creatina sobre el rendimiento", *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (1997), pàg. 213-221.
- Dorado García, C.; Dorado García, N. i Sanchis Moysi, J.: *Análisis funcional de la musculatura abdominal. Propuesta práctica de ejercicios*, Barcelona: Paidotribo, 2001 (A).
- Dorado García, C.; Sanchis Moysi, J. i López Calbet, J. A.: "Bone mineral content and density in master tennis players: gender differences", *Book of abstracts, 6Th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Departamento de Educación Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, 2001 (B), pàg. 1263.
- Dudley, G. A.; Tesh, P.; Miller, B. i Buchanan, P.: "Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training", *Aviat Espace Environ Med*, juny de 1991, pàg. 543-550.
- Edman, K. A. P.; Elcinga, G. i Noble, M. I. M.: "Enhancement of mechanical performance by stretch during tetanic contractions of vertebrate skeletal muscle fibres", *J. Physiol*, 281 (1978), pàg. 139-155.
- Elliot, B.: "Biomechanics: the key to performance optimisation and injury reduction in tennis", *Book of abstracts, 6Th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Department of Human Movement and Exercise Science, The University of Western Australia, 2001, pàg. 169.
- Faigenbaum, A.; Westcott, W. i Micheli, L.: "The effects of strength training and detraining on children", *J. Strength Conditioning Res.*, 10 (1996), pàg. 109-114.
- Faigenbaum, A.; Zaichkowsky, L.; Westcott, W.; Micheli, L. i Fehlandt, A.: "The effects of a twice per week strength training program on children", *Pediatr Exerc Sci.*, 5 (1993), pàg. 339-346.
- Faigenbaum, A. D.; Wayne, L.; Westcott, W.; Loud, R. L.; i Longk, C.: "The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children", *Pediatrics*, 104 (1) e5, juliol de 1999.
- Farfan, H. F.: "Biomechanics of the Spine in Sports", a R. G. Watkins (eds.), *The Spine in Sports*, Mosby, St. Louis Missouri, 1995, pàg. 13-22.
- Ferrauti, A.; Pluim, B. M. i Weber, K.: "The effect of recovery duration on running speed and stroke quality during intermittent training drills in elite tennis players", *J Sports Sci*, 19 (4) (abril de 2001), pàg. 235-42.
- Gardiner, P. F.: "Endurance training of the neuromuscular system", *Neuromuscular aspects of physical activity, Human Kinetics*, Cap. 4, 2001, pàg. 112-128.
- González Badiño, J. J.: "Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento", *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, tomo XIV, 1 (2000), pàg. 5-16.
- Grabner, M. D.; Groppe, J. L. i Campbell, K. R.: "Resultant tennis ball velocity as a function of off-center impact and grip firmness", *Med Sci Sports Exerc*, 15 (6) (1983), pàg. 542- 544.
- Groppe, J. L.: *A kinematic analysis of the tennis one-handed and two-handed backhand drives of highly-skilled female competitors*, Tesis doctoral no publicada, Florida State University, 1978.
- : "The Biomechanics of Tennis: An Overview", *International Journal of Sport Biomechanics*, 2 (1986), pàg. 141-155.
- Groppe, J.; Loehr, J.; Melville, S. i Quinn, A.: "Science of coaching tennis", *Human Kinetics*, 1989, Campaig, III.
- Gunderson, B. S.: *An electromyographic study of selected muscles in the tennis backhand drive*, Tesis doctoral no publicada, Texas Woman's University, 1972.
- Guy, J. A. i Micheli, L. J.: "Strength training for children and adolescents", *J Am Acad Orthop Surg*, 9 (1) (gener-febrer de 2001), pàg. 29-36.
- Hakkinen, K. i Komi, P. V. (A): "Electromyographic changes during strength training and detraining", *Med Sci Sports Exerc*, 15 (6) (1983), pàg. 455-460.
- (B): "Alterations of mechanical characteristics of human skeletal muscle during strength training", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 50 (2) (1983), pàg. 161-72.
- Hakkinen, K.; Alen, M. i Komi, P. V.: "Changes in isometric force – and relaxation-time, electromyographic and muscle fibers characteristics of human muscle during strength training and detraining", *Acta Physiologica Scandinava*, 125, 1985, pàg. 573-85.
- Hakkinen, K. i Kallinen, M.: "Distribution of strength training volume into one or two daily sessions and neuromuscular adaptations in female athletes", *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 34 (2) (març de 1994), pàg. 117-124.
- Hakkinen, K.; Kallinen, M.; Linnamo, V.; Pastinen, U. M.; Newton, R. U. i Kraemer, W. J.: "Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women", *Acta Physiol Scand*, 158 (1), setembre de 1996, pàg. 77-88.
- Horita, T.; Komi, P. i Avela, J.: "Neuromuscular adaptation pattern during exhaustive stretch-shortening cycle exercise", *Book of abstracts, 6Th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Department of Physical Education, Faculty of Education, Toyama University, Japó, 2001, pàg. 298.
- Hortobágyi, T.; Hill, J. P.; Houmard, J. A.; Fraser, D. D.; Lambert, N. J. i Israel, R. G.: "Adaptative responses to muscle lengthening and shortening in humans", *J Appl Physiol*, 80 (1996), pàg. 765-772.
- Knudson, D. i Blackwell, J.: "Trunk muscle activation in open stance and square stance tennis forehands", *Int J Sports Med*, 21 (5) (julio de 2000), pàg. 321-324.
- Komi, P. V.: "Training of muscle strength and power: Interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors", *International Journal of Sports Medicine*, 7 (1986), pàg. 10-15.
- Kraemer, W. J.; Ratamess, N.; Fry, A. C.; Triplett-Mcbride, T.; Koziris, L. P.; Bauer, J. A.; Lynch, J. M. i Fleck, S. J.: "Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players", *Am J Sports Med*, 28 (5) (setembre-octubre de 2000), pàg. 626-633.
- Kunttgen, H. G. i Komi, P.: "Basic definitions for exercise. Strength and power in sport", a P. Komi (eds.), *Blackwell Scientific Publications*, part 1, 1 (1992), pàg. 3-9.

- Liu, Y. K.: "Mechanical analysis of racket and ball during impact", *Med Sci Sports Exerc*, 15 (5) (1983), pàg. 388-92.
- Lillegard, W.; Brown, E.; Wilson, D.; Henderson, R. i Lewis, E.: "Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: effects of gender and maturity", *Pediatr Rehabil*, 1 (1997), pàg. 147-157
- López Calbet, J. A.; Arteaga Ortiz, R.; Dorado García, C. i Chavarren Cabrero, J.: "Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. I Aspectos biomecánicos", *Arch Med Deporte*, 12 (1995a), pàg. 133-142.
- : "Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. II Factores neuromusculares", *Arch Med Deporte*, 12 (1995b), pàg. 219-223.
- López Calbet, J. A.; Sanchis Moysi, J.; Dorado García, C. i Rodríguez, L. P.: "Bone mineral content and density in professional tennis players", *Calcif Tissue Int*, 62 (1998), pàg. 491-496.
- Mc Laughlin, T.: "Load sharing in the forearm muscles prior to impact in tennis backhand strokes", *Unpublished doctoral dissertation*, University of Illinois, 1978.
- Moritani, T. i Devries, H.: "Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain", *Am J Phys Med*, 58 (3) (juny de 1979), pàg. 115-130.
- Moritani, T.; Muramatsu, S. i Muro, M.: "Activity of motor units during concentric and eccentric contractions", *Am J Phys Med*, 66 (6) (diciembre de 1987), pàg. 338-50.
- Moritani, T. i Muro, M.: "Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56 (3) (1987), pàg. 260-265.
- Moritani, T.: "Time course of adaptations during strength and power training", *Strength and power in sport*, a P. Komi (eds.), *Blackwell Scientific Publications*, part 3, 9B (1992), pàg. 266-279.
- Naciri, M. V.; Roi, G. S.; Landoni, L.; Minetti, A. E. i Cerretelly, P.: "Changes in force, cross sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps", *Eur J Appl Physiol*, 59 (1989), pàg. 310-319.
- Ozmun, J.; Mikesky, A. i Surburg, P.: "Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training", *Med Sci Sports Exerc*, 26 (1994), pàg. 510-514.
- Papadopoulos, C.; Prassas, S.; Gkantiraga, E.; Emmanouilidou, M.; Komsis, G. i Kazakas, P.: "Evaluation of a specific training program on characteristics of physical conditioning relating to strength and speed in young tennis players", *Book of abstracts, 6Th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Köln 2001, pàg. 1239. Aristoteles University of Thessaloniki, Serres, Greece; Colorado State University, Fort Collins, EE.UU.
- Pfeiffer, R. i Francis, R.: "Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent and postpubescent males", *Phys Sports Med*, 14 (1986), pàg. 134-143.
- Quinn, A. M.: *Abdominal and lower back muscle involvement in selected tennis strokes*, Master's Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1986.
- Ramsay, J.; Blimkie, C.; Smith, K.; Garner, S. i Macdougall, J.: "Strength training effects in prepubescent boys", *Med Sci Sports Exerc*, 22 (1990), pàg. 605-614.
- Roetert, P. i Ellenbecker, T. S.: "Testing Tennis Fitness. Complete conditioning for tennis", a *United States Tennis Association*, Human Kinetics (eds.), cap. 2, 1998, pàg. 7-31.
- Roswal, G.: *A cinematographic analysis of one-handed and two-handed tennis backhand strokes*, Tesi de màster no publicada, 1974, University of Florida.
- Sailors, M. i Berg, K.: "Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men", *J Sports Med*, 27 (1987), pàg. 30-37.
- Sewall, L. i Micheli, L.: "Strength training for children" *J Pediatr Orthop*, 6 (1986), pàg. 143-146.
- Silvester, L.; Stiggins, C. i Mcgown, C.: "Effect of variable resistance and free weight training programs on strength and vertical jump", *Natl Strength Conditioning Assoc J*, 3 (1981), pàg. 30-33.
- Sale, D.: "Strength training in children", a C. V. Gisolfi, D. R. Lamb (eds.), *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*, Indianapolis, Benchmark Press, 1989, pàg. 165-216.
- Sanchis Moysi, J.: *Fatiga muscular y eficiencia energética en seres humanos*, Tesi Doctoral, Departamento de Educación Física, 1998, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- : "Control nervioso de las contracciones musculares excéntricas. Avances en Ciencias del Deporte", a: J. A. López Calbet i C. Dorado García (eds.), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 1999, pàg. 81-91.
- Sanchis Moysi, J.; García-Lleó, F.; Dorado García, C.; Chavarren Cabrero, J. i López Calbet, J. A.: "Factores condicionales determinantes del rendimiento en el tenis", *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, Tomo XI, 1 (1996), pàg. 33-39.
- Sanchis Moysi, J.; Dorado García, C. i Calbet, J. A. L.: "Regional body composition in professional tennis players", a A. Lees, I. Maynard, M. Hughes, T. Reilly (eds.), *Science and Racket Sports II*, E. & F. N. Spon, Londres, 1998, pàg. 34-39.
- : "High femoral neck bone mass and density in master tennis players", *Medicine and Science in Tennis*, 5 (1) (2000), pàg. 7.
- : "La evaluación de la condición física en el tenis", *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, tomo XIV, 2 (2000), pàg. 27-39.
- : "Lack of improvement in bone mass at the lumbar spine and hip with life-time tennis participation in post-menopausal tennis players", *3rd European Congress on Sports Medicine and Science in Tennis*, Book of abstracts, Barcelona, 2001 (A), pàg. 129.
- Schantz, P. G.; Moritani, T.; Karlson, E.; Johansson, E. i Lundh, A.: "Maximal voluntary force of bilateral and unilateral leg extension", *Acta Physiol Scand*, 136 (2) (juny de 1989), pàg. 185-192. Department of Physiology III, Karolinska Institute, Stockholm, Suècia.
- Schmidtbleischer, D.: "Strength training", partes 1 i 2, *Sports-Science Periodical on Research and Technology in Sport*, Strength W4.
- Schmidtbleischer, D.: "Training for power events. Strength and power in sport", a P. Komi (eds.), *Blackwell Scientific Publications*, part 5, 18 (1992), pàg. 381-394
- Shields, R. K. i Heiss, D. G.: "An Electromyographic comparison of abdominal muscle synergies during curl and double straight leg lowering exercises with control of the pelvic position", *Spine*, 22 (1997), pàg. 1873-1879.
- Van Gheluwe, B. i Hebbelinck, M.: "Muscle Actions and Ground Reaction Forces in Tennis", *International Journal of Sport Biomechanics*, 2 (1986), pàg. 88-99.
- Westcott, W.: "Female response to weight lifting", *J Phys Educ*, 77 (1979), pàg. 31-33.