



OPTEREĆENJE TENISAČA NA RAZLIČITIM PODLOGAMA

A COMPARISON OF TENNIS PLAYERS' LOADS ON TWO DIFFERENT COURT SURFACES

Petar Barbaros Tudor, Branka R. Matković, Dario Novak

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska

SAŽETAK

Cilj ovoga istraživanja je usporediti opterećenje tenisača s obzirom na igru na različitoj podlozi - beton i zemlja. U tu svrhu 20 tenisača seniorskog uzrasta, koji su bili rangirani na ATP ljestvici odnosno do 25 mjesta rang liste Hrvatskog teniskog saveza, odigrali su 20 susreta. Od ukupnog broja 10 susreta su igrali na zemljanoj podlozi, a 10 susreta na betonskoj podlozi uz uvjet da su isti parovi igrača odigrali susrete na obje podloge. Svaki susret je snimljen s dvije kamere radi dobivanja što pouzdanijih podataka vezanih uz osnovnu tenisku statistiku. Procjena fiziološkog opterećenja na teniskom terenu provedena je praćenjem frekvencije srca i koncentracije laktata.

Zaključeno je kako je u ovom istraživanju kod istih parova igrača podloga utjecala na različitu distribuciju opterećenja koje je izazvalo značajno povećanje frekvencije srca i energetske potrošnje tijekom igre na zemljanoj podlozi. Interesantno je da distribucija opterećenja i duže trajanje pojedinih dijelova igre (poena, gema) nije utjecalo na razliku u ukupnom broju odigranih poena po satu igre. Dakle po satu susreta na betonskoj podlozi se nije odigralo više poena, ali je loptica na zemljanoj podlozi duže bila u igri tijekom poena, gema i susreta. Poeni se po svojoj strukturi i zahtjevnosti razlikuju većim brojem udaraca, dužim i većim brojem izmjena u poenu i gemu, što tijekom sata igre dovodi do značajno veće energetske potrošnje na zemljanoj podlozi.

Ključne riječi: tenis, zemlja, betonska podloga, opterećenje

SUMMARY

The aim of this study was to compare tennis players' physiological demands on different tennis surfaces: clay court and hard court. The study included twenty senior players aged 21.45 ± 3.45 , from ATP (from 400 ATP) to national level (to 25th place in Croatia's national rankings). They played 20 matches, 10 on a clay court and 10 on a hard court. Same pairs of players played on both surfaces (hard court - clay court). All matches were recorded using two digital video cameras in order to obtain reliable match statistics data. The demands of tennis match play were assessed by monitoring heart rate and lactate level. Based on the results of the study, it was concluded that, for the same pairs of players, the type of court surface impacted physiological demands differently, thus yielding higher heart rates and higher energy expenditures during match play on the clay court. Interestingly, differences in energy demands on the clay court when certain parts of match play (point, games) lasted for longer periods of time did not produce significant differences in the number of points played out during a one-hour match period. Thus, in one hour of match play, more points were not achieved on the hard court, but the ball was in play for a significantly longer period of time during the points, games, and during the one-hour period of match play. The points differed in terms of structure and demands because, during the match play on the clay court, the players performed more strokes, and the duration of the rallies, points, and games was longer. These factors provide a primary explanation as to why energy expenditures were higher on the clay court surface.

Keywords: tennis, clay, hard court, load

UVOD

Teniska igra prožeta je specifičnom tehnikom kretanja te tehnikom izvođenja pojedinih udaraca o čijem intenzitetu i ekstenzitetu u prostorno vremenskim uvjetima ovisi opterećenje tenisača. Tijekom igre prostorno vremenski uvjeti se konstantno mijenjaju interakcijom igrača. Mijenjajući način izvođenja udaraca, odigravajući: spin, top-spin, side spin, slice, ravni udarac, igrači usporavaju ili ubrzavaju let loptice, dok mijenjajući kut odigravanja: paralela, dijagonala, kratka dijagonala, kontra dijagonala, sredina... pokušavaju stvoriti dominaciju nad prostorom i vremenom ili kompenzirati izgubljeni prostor i vrijeme u odonosu na protivnika. Budući je nemoguće predvidjeti interakciju igrača koja ovisi o mnogobrojnim faktorima (fizičkim, tehničkim, taktičkim, mentalnim, klimatskim...), pouzdanije je utjecaj na prostorno vremenske odnose razmotriti sa stanovišta razlika koje nastaju uslijed promjene vrste podloge (koje zadržavaju svoje standardne karakteristike)^{9,14,20,32}.

Dakle, prostorno vremenski odnosi u velikoj mjeri ovisi o interakciji tenisača s jedne strane, međutim prostorno vremenski uvjeti mijenjaju se i obzirom na vrstu (karakteristiku) podloge na kojoj se odigrava susret. Vrsta podloge svojim karakteristikama utječe na kut odskoka loptice te njezinu brzinu, što direktno utječe na način kretanja igrača²⁵. Vrste podloga razlikuju se temeljem dviju osnovnih osobina, tvrdoće i kliznosti. Iz tih osobina proizlaze glavne razlike između sporije zemljane i brže betonske podloge. Zbog svoje mekoće i povećanog trenja koje nastaje kontaktom loptice o granulat zemljana podloga usporava brzinu loptice, bolje prihvaća rotaciju i utječe na njezin viši i sporiji odskok. Nasuprot, betonska podloga zbog svoje tvrde strukture i glađih svojstva (nema granulata manje trenje pri kontaktu loptice i podloge) manje usporava let loptice, manje prihvaća rotaciju te je odskok loptice niži i brži u odnosu na zemljanu podlogu⁹, što upućuje kako različita podloga zasigurno pred igrača postavlja nužne uvjete prilagodbe.

Cilj ovoga istraživanja je usporediti opterećenje tenisača s obzirom na igru na različitoj podlozi beton i zemlja.

METODE ISTRAŽIVANJA

Uzorak ispitanika bio je sastavljen od 20 tenisača seniorskog uzrasta (prosječna dob iznosila je 21,45±3,45 godina), koji su rangirani na ATP ljestvici odnosno do 25 mjesta rang liste Hrvatskog teniskog saveza. Njihov prosječni igrački staž bio je 13,85±4,14 godina. Navedeni podaci upućuju da se radi o igračima koji su u ranoj dobi započeli svoju sportsku karijeru.

Ispitanici su odigrali 20 susreta. Od ukupnog broja 10 susreta su igrali na zemljanoj podlozi, a 10 susreta na betonskoj podlozi uz uvjet da su isti parovi igrača odigrali susrete na obje podloge. Svaki se susret igrao u cijelosti s tim da se za analizu susreta uzelo prvih 60 min igre. Nadalje, svaki susret je snimljen s dvije kamere radi dobivanja što pouzdanijih podataka vezanih uz osnovnu tenisku statistiku.

Procjena fiziološkog opterećenja na teniskom terenu provedena je praćenjem frekvencije srca i koncentracije laktata. Frekvencija srca mjerena je kardiotahometrima (elektronskim mjeračima frekvencije srca) proizvođača *Cardiosport*, model *Ultima PC*. Kardiotahometri su stavljeni ispitanicima prije zagrijavanja, a aktivirani su u trenutku neposrednog početka susreta, te su zaustavljeni na kraju prvog sata igre. Frekvencija srca bilježena je u intervalima od 5 sekundi, a u konačnu obradu uzete su:

1. prosječna vrijednost frekvencije srca tijekom susreta (FS_{AS})
2. maksimalna vrijednost frekvencije srca u tijeku susreta (FS_{MAX}).

Na temelju frekvencije srca procijenjena je i energetska potrošnja tijekom 60 minuta igre (KCAL).

Koncentracija laktata (mliječne kiseline) u arterijskoj krvi odredila se putem spektrofotometrijske metode iz kapilarne krvi prstiju uređajem za analizu koncentracije laktata u krvi proizvođača ARKRAY, model Lactate analyser pro, Japan. Kako uređaj sam uzima potrebnu količinu krvi (1/5 kapi krvi) metoda je pouzdana (Medbo, Mamen, Holt Olsen, Evertsen, 2000). Koncentracija laktata tijekom igre mjerila se nakon:

1. prvih dvadeset min igre (LA20min),
2. u četrdesetoj minuti igre (LA40min)
3. na kraju susreta (LA60min).

REZULTATI I RASPRAVA

Dobiveni rezultati prikazani su u tablicama, posebno teniska statistika (Tablica 1.) i posebno fiziološke karakteristike (Tablica 2.) mjerene tijekom odigranih susreta na zemljanoj i betonskoj podlozi. U istim su tabelama prikazane i vrijednosti t-testa i njegova statistička značajnost.

Intenzitet i trajanje pojedinih dijelova teniske igre na obje podloge praćen je putem osnovne teniske statistike koja uz pomoću brojčanih pokazatelja prikazuje nastale prostorno vremenske odnose. Osnovnom teniskom statistikom prate se osnovni pokazatelji aktivnog i pasivnog dijela igre. Pasivni dio igre izražen je isključivo vremenskom jedinicom (dužinom trajanja pauzi), dok je aktivni dio igre izražen vremenskom jedinicom te brojčanom jedinicom izvedbe različitih segmenata igre, primjerice; brojem i učestalosti ponavljanja udaraca, izmjena...navedeno omogućava bolje praćenje teniske igre s ciljem boljeg objašnjenja, strukture i dinamike igre te uvjeta pod kojima je nastalo određeno fiziološko opterećenje na teniskom terenu.

Dvadeset najboljih tenisača hrvatske je u dvadeset sati igre (10h na zemljanoj i 10h na betonskoj podlozi) odigralo ukupno 314 gemova (150 na zemljanoj podlozi i 164 na betonskoj podlozi) te je odigrano ukupno 2019 poena (995 na zemljanoj i 1024 na betonskoj podlozi). Iz navedenih podataka terenskog istraživanja na zemljanoj podlozi i betonskoj podlozi izračunate su aritmetičke sredine pojedinih parametara osnovne teniske statistike tijekom igre, te razlike aritmetičkih sredina (putem t-testa) osnovne teniske statistike obzirom na podlogu (tablica 1.). Iz rezultata se može primjetiti kako promjena

Tablica 1. Deskriptivna statistika (AS, SD) i statistička značajnost razlike varijabla osnovne teniske statistike između zemljane i betonske podloge

Table 1. Descriptive statistic parameters of tennis statistics for clay and hardcourt and t-test values (significant differences are bolded)

	Zemlja Clay		Beton Hardcourt		t	df	P
	AS	SD	AS	SD			
V2 (min)	43,78	2,26	43,16	1,90	1,84	19	0,082
BP	99,50	14,26	102,40	11,78	-1,68	19	0,108
BG	15,00	2,00	16,40	2,21	-2,71	19	0,014
PG	6,68	0,95	6,27	,46	2,25	19	0,036
EI u V1 (min)	17,76	11,74	17,26	1,80	1,34	19	0,196
EIG (sek)	72,60	14,16	64,68	13,07	2,77	19	0,012
EIP	10,90	1,82	10,28	1,87	2,34	19	0,030
UP u V1 (min)	40,63	1,46	41,35	2,17	-1,94	19	0,067
UTPIG (min)	16,22	2,26	16,84	1,90	-1,84	19	0,082
PIG u V1 (sek)	68,89	10,99	66,04	9,18	1,58	19	0,129
UTPIP (min)	24,40	2,37	24,50	1,19	-,18	19	0,856
PIP u V1 (sek)	17,61	2,38	17,25	2,27	1,34	19	0,196
UPIS (min)	6,62	0,80	7,48	1,30	-2,39	19	0,027
UVGIS (sek)	28,64	5,41	32,15	5,88	-2,73	19	0,013
BU u V1	413,20	67,14	366,00	61,48	3,91	19	0,001
BUG	27,98	5,87	22,83	5,24	4,26	19	0,000
BUP	4,19	0,727	3,62	0,777	4,553	19	0,000
UBI u V1	206,60	33,571	182,95	30,650	3,934	19	0,001
BIG	13,99	2,937	11,41	2,615	4,267	19	0,000
BIP	2,07	0,373	1,81	0,386	4,058	19	0,001
FU u V1	6,6	0,018	6	0,017	3,906	19	0,001
FU u V2	9	,022	8,4	0,022	3,253	19	0,004
FU u EI	22,8	0,048	21	0,040	3,106	19	0,006
LUIS (min)	8,78	1,70	7,44	1,47	4,624	19	0,000
LUIG (sek)	35,70	8,15	27,83	6,94	5,552	19	0,000
LUIP (sek)	5,41	1,30	4,39	9,20	5,200	19	0,000

V2 - trajanje susreta bez pauze između gemova; BP broj poena po susretu; BG broj gemova po susretu; PG broj poena po gemu; EI u V1 - efektivna igra po susretu (min); EIG - efektivna igra po gemu (sek); EIP - efektivna igra po poenu (sek); UP u V1 - pauza po susretu; UTPIG - ukupno trajanje pauza između gemova; PIG u V1 - pauza između gemova; UTPIP - ukupno trajanje pauza između poena; PIP u V1 - pauza između poena; UPIS ukupne pauze između servisa po susretu; UVGIS ukupnog vremena greške prvog servisa po susretu. BU u V1 - broj udaraca po susretu; BUG - broj udaraca u gemu; BUP - broj udaraca u poenu; UBI u V1 ukupnog broja izmjena u susretu; BIG - broj izmjena u gemu; BIP - broj izmjena u poenu. FU u V1 - frekvencija udaraca tijekom susreta; FU u V2 - Frekvencija udaraca u vremenu susreta bez pauze između gemova; FU u EI - frekvencija udaraca u efektivnoj igri; LUIS - lopta u igri po susretu; LUIG - lopta u igri po gemu; LUIP - lopta u igri po poenu

podloge utječe na iste parove igrača te pomjenu njihovih prostorno vremenskih parametara.

Promjena podloge utjecala je na pojavljivanje pojedinih razlika u teniskim i fiziološkim varijablama tijekom sata natjecateljske igre. Značajne razlike između podloga očituju se u varijablama koje opisuju aktivnu tenisku igru dok varijable pasivne igre ne bilježe značajne razlike.

Mjerenjem opterećenja kardiovaskularnog sustava procijenjeno je fiziološko opterećenje na teniskom terenu što pruža direktan uvid u energetske zahtjeve aktivnosti, te specifičnosti korištenja aerobnog i anaerobnog ener-

getskog metabolizma. U tablici 2. prikazani su osnovni deskriptivni statistički parametri kretanja fizioloških pokazatelja tijekom igre na zemljanoj i betonskoj podlozi te statistička značajnost razlika varijabli za procjenu fiziološkog opterećenja obzirom na podlogu.

Rezultati prikazuju značajnu statističku razliku između dobivenih rezultata pojedinih fizioloških varijabli na zemljanoj u odnosu na betonsku podlogu. Značajne statističke razlike na razini $p < 0,01$ očituju se u varijablama: prosječna frekvencija srca (zemlja/beton 147,20/140,90), maksimalna frekvencija srca (zemlja/beton 183,90/177,95) i ukupno potrošena energija

Tablica 2. Deskriptivna statistika (AS, SD) i statistička značajnost razlike varijabla za procjenu fiziološkog opterećenja na terenu između zemljane i betonske podloge
 Table 2. Descriptive statistic parameters and t-test values of physiological parameters on clay and hardcourt (significant differences are bolded)

	Zemlja Clay		Beton Hardcourt		t	df	p
	AS	SD	AS	SD			
FS _{MAX} (o/min)	183,90	6,90	177,95	11,25	3,31	19	0,004
FS_AS (o/min)	147,20	7,81	140,90	11,97	3,68	19	0,002
KCAL	559,80	98,09	490,90	102,29	3,52	19	0,002
Aerobni rad (%)	88,10	1,31	93,05	7,74	-1,99	19	0,061
Anaerobni rad (%)	11,90	1,59	6,95	4,74	0,18	19	0,861
LA20min (mmol/L)	2,85	1,33	2,66	1,95	0,46	19	0,650
LA40min (mmol/L)	2,73	1,46	2,39	1,21	0,99	19	0,333
LA60min (mmol/L)	2,59	1,27	2,75	1,25	-0,53	19	0,600

FS_{MAX} - maksimalna frekvencija srca; FS_AS aritmetička sredina frekvencije srca; KCAL - potrošnja kilokalorija po susretu; Aerobni rad (%) - postotak vremena proveden u aerobnom režimu rada; Anaerobni rad (%) - postotak vremena proveden u anaerobnom režimu rada; LA20min koncentracija laktata u dvadesetoj minuti igre; LA40min - koncentracija laktata u četrdesetoj minuti igre; LA60min - koncentracija laktata u šezdesetoj minuti igre.

izražena u kilokalorijama (zemlja/beton 559,80/490,90). Dobivene razlike ukazuju na značajno veće opterećenje kardiovaskularnog sustava na zemljanoj podlozi što je rezultiralo i povećanim energetske zahtjevima odnosno većoj potrošnji kalorija na zemljanoj podlozi.

Iako su nastale razlike u maksimalnoj i prosječnoj frekvenciji srca te energetske potrošnji iz podataka o mliječnoj kiselini u krvi vidljivo je da u svim vremenskim točkama koncentracija laktata ostaje niska. Iz toga se može zaključiti da su se tenisači nalazili uglavnom u aerobnoj zoni gdje udio energije dobiven iz anaerobne glikolize nije bio značajan, tj. nije bio iznad razine anaerobnog praga dovoljno dugo da bi došlo do značajnijeg pada pH u organizmu i acidoze.

Nepostojanje razlika u koncentraciji laktata na dvije podloge je vrlo lako objašnjivo i zapravo očito iz podataka o vremenu provedenom u aerobnoj zoni i podataka o prosječnom trajanju poena. Naime, tenisači su veliku većinu vremena proveli u aerobnoj zoni, dok su za vrijeme kratkotrajnih poena (prosječno lopta u igri po poenu na zemlji 5,41 sekundu, a na betonu 4,39 sekundi) koristili uglavnom energiju iz energetske bogatih fosfata tj. ATP-a i kreatin-fosfata. Kako niti aerobni način dobivanja energije, a ni energetske bogati fosfati u svojoj razgradnji ne oslobađaju mliječnu kiselinu nepostojanje razlika i niske vrijednosti laktata u oba slučaja je razumljivo. Iz navedenog se može zaključiti da je anaerobna glikoliza iako potrebna u dužim poenima, najmanje zastupljen način dobivanja energije za tenisače^{8,10,15}.

Možemo reći kako je u ovom istraživanju kod istih parova igrača podloga utjecala na različitu distribuciju opterećenja koje je izazvalo značajno povećanje frekvencije srca i energetske potrošnje tijekom igre na zemljanoj podlozi. Interesantno je da distribucija opterećenja i duže trajanje pojedinih dijelova igre (poena, gema) nije utjecalo na razliku u ukupnom broju odigranih poena po satu igre. Dakle po satu susreta na betonskoj

podlozi se nije odigralo više poena, ali je loptica na zemljanoj podlozi duže bila u igri tijekom poena, gema i susreta. Poeni se po svojoj strukturi i zahtjevnosti razlikuju većim brojem udaraca, dužim i većim brojem izmjena u poenu i gemu, što tijekom sata igre dovodi do značajno veće energetske potrošnje na zemljanoj podlozi.

Tenis na zemljanoj podlozi zahtijeva bolje zauzimanje položaja tijekom izvođenja udaraca, bolju stabilnost i korištenje reakcije podloge te kinetičkog lanca, kako bi igrač generirao više sile u udarac te na taj način prije došao u priliku da ugrozi protivnika tijekom odigravanja poena. Nikako ne treba zanemariti betonsku podlogu na kojoj su jednake stvari bitne, ali može se primijetiti kako betonska podloga ima nešto niži i brži odskok što igrača brže dovodi u nepovoljniju poziciju, odnosno zbog većeg vremenskog pritiska poeni prije završavaju (češći su vineri i greške). Stoga se može ustvrditi kako se tenis obzirom na podlogu nešto razlikuje^{16,25}. Na zemljanoj podlozi većinom se primjenjuju snažni udarci s puno rotacije kako bi se protivnika čim više udaljilo od osnovne crte te kako bi se sa što više preciznosti mogao otvoriti prostor za igru prilikom odigravanja dijagonalnih udaraca. Dok na betonskoj podlozi prevladavaju udarci s manje rotacije, budući podloga samo po sebi posjeduje veću kliznost i ne prihvaća rotaciju loptice. Iz navedenog razloga budući je podloga pogodna za stvaranje većeg vremenskog pritiska uz manju upotrebu sile, igrači koriste navedene prednosti na način da upućuju precizne udarce sa manje spina i time stvaraju bolju poziciju za osvajanje poena.

Osnovni statistički parametri igre ukazali su na razlike koje se pojavljuju uslijed promjene podloge kod istih parova igrača. Iz rezultata može se zaključiti kako nema značajne razlike u broju odigranih poena tijekom jednog sata igre (svoga 2-3 poena više na betonskoj podlozi), ali se razlike očituju u strukturi igre. Na zemljanoj podlozi loptica je značajno više u igri tijekom

poena, gema i susteta, igra se značajno više poena po gemu te je trajanje poena i gemova duže, obzirom da je na betonskoj podlozi suprotno, odigra se značajno veći broj gemova tijekom sata igre. Razlike u značajno dužoj efektivnoj igri po poenu i gemu na zemljanoj podlozi međutim ne doprinose konačno značajnoj razlici među podlogama u efektivnoj igri tijekom sata igre. Obzirom na promjenu podloge nije došlo do značajnih promjena u pauzama, jedina značajna razlika ukazala se u pogledu veće pauze između servisa na betonskoj podlozi (bržoj podlozi), što je moguće pripisati boljoj pripremi za početni udarac (servis) kojim se može postići direktan poen, odnosno bolja pozicija za osvajanje poena iz drugog ili trećeg udarca.

Budući teniska igra pred igrače postavlja određene aerobne i anaerobne zahtjeve čiji je omjer vrlo često različito zastupljen^{1,3,4,7,27,28}, interesantno je promatrati zastupljenost energetskeg metabolizma obzirom na podlogu. Može se primijetiti kako je razlika u postotku aerobnog rada kod igrača obzirom na podlogu na samoj granici statističke značajnosti ($p < 0,05$), dok razlika u anaerobnom opterećenju nije značajna. Navedeni rezultati vjerojatna su posljedica većeg broja udaraca i izmjena u poenu na zemljanoj podlozi, veće frekvencije udaraca kako u susretu tako i u efektivnoj igri te u konačnici dužeg trajanja poena na zemljanoj podlozi. Moglo bi se reći kako veći broj dužih poena u gemu s rjeđim pauzama u odnosu na manji broj kraćih poena u gemu s manjim pauzama doprinosi značajno većoj

maksimalnoj i prosječnoj frekvenciji srca, te energetske potrošnji prilikom igre na zemljanoj podlozi u odnosu na betonsku. To utječe na igračev gotovo značajno duži boravak u aerobnom režimu rada na betonskoj podlozi u odnosu na zemljanoj podlogu.

Kako u uzorku ispitanika nije došlo do razlika obzirom na stil igre te su slično funkcionalno pripremljeni može se zaključiti kako fiziološko opterećenje tenisača ovisi o podlozi na kojoj igra. Veći energetske zahtjevi izraženi su prilikom igre na zemljanoj podlozi međutim zbog specifičnosti teniske igre koja je prožeta čestim pauzama između poena igrači rjeđe ulaze u zonu anaerobnog rada. Zbog toga tenis kao sportska aktivnost odaje sliku sporta u kojem dominantno prevladava aerobna komponenta, o čemu svjedoči nepostojanje razlika u koncentraciji laktata na dvije podloge. Navedeno je lako objašnjivo iz podataka o vremenu provedenom u aerobnoj zoni i podataka o prosječnom trajanju poena. Tenisači su veliku većinu vremena proveli u aerobnoj zoni, dok su za vrijeme kratkotrajnih poena (prosječno lopta u igri po poenu na zemlji 5,41 sekundu, a na betonu 4,39 sekundi) koristili uglavnom energiju iz energetske bogatih fosfata tj. ATP-a i kreatin-fosfata. Naime, kako niti aerobni način dobivanja energije, a ni energetske bogati fosfati u svojoj razgradnji ne oslobađaju mliječnu kiselinu nepostojanje razlika i niske vrijednosti laktata u oba slučaja je razumljivo. Iz navedenog se može zaključiti da je anaerobna glikoliza, iako potrebna u dužim poenima, najmanje zastupljen način dobivanja energije za tenisače.

Literatura

1. Bergeron MF, Masesh CM, Kramer WJ, Abraham A, Conroy B, Gabaree C. Tennis: A physiological profile during match play. *Int J Sports Med* 1991; 12: 474-9.
2. Chandler TJ. (1991). Work/rest intervals in world class tennis. *Tennis Pro*: 3 :4.
3. Christmass MA, Richmond SE, Cable NT, Hertmann PE. A metabolic characterization of single tennis play. *J Sport Sci* 1993; 11: 543-58.
4. Christmass MA, Richmond SE, Cable NT, Arthur PG. Exercise intensity and metabolic response in single tennis. *J Sport Sci* 1998; 16: 739-47.
5. Copley BB. Effects of competitive singles tennis playing on serum electrolyte, blood glucose and blood lactate concentrations. *S Afr J Sci* 1994; 80:145.
6. Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Simulated tennis matchplay in controlled environment. *J Sports Sci* 2003; 21: 459-67.
7. Dansou P. Cardiorespiratory, metabolic and hormonal adaptations during a tennis match: Form laboratory to court. PhD thesis, Universite Grenoble 1, France. 1998.
8. Dansou P, Oddou MF, Delarie M, Therminarias A. Aerobic expenditure during a tennis match play. *Sci Sports* 2001; 16(1): 16-22.
9. Girard O, Millet GP. Effects of ground surface on the physiological and technical responses in young tennis players. Science and racket sports III. Third World Congress of Science and Racket Sports and Eighth International Table Tennis Federation Sports Science Congress. 2003. Str. 43-8.
10. Groppe JL, Roert EP. Applied physiology of tennis. *Sports Medicine* 1992; 14 (4):260-8.
11. Hughes MD, Clark S. Surface effect on elite tennis strategy. Science and racket sports. 1st ed. London: E&FN Spon, 1995. Str. 272-8.
12. Kindermann W, Schnabel A, Schnitt WM, Flothner K, Biro G, Lehmann M. Behaviour of pulse rate and metabolism in tennis and squash. *Dtsch Z Sportmed* 1981; 9:229-38.
13. König D, Huonker M, Schmid A, i sur. Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33:654-8.
14. Kovacs MS. A comparison of work/rest intervals in men's professional tennis. *Med Sci Tennis* 2004; 9 (3): 10-1.
15. Kovacs MS. Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med* 2006; 40 (5): 381-6.
16. Kovacs MS. Tennis physiology. *Sports Med* 2007; 37 (3):189-98.
17. Lees A. Science and major racket sports: a review. *J Sport Sci* 2003; 21: 707-32.
18. Medbo JI, Mamen A, Holt Olsen O, Evertsen F. Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. *Scand J Clin Lab Invest* 2000; 60(5): 367-80.
19. Morgans LF, Jordan DL, Baeyens DA, Francois JA. Heart rate responses during singles and doubles tennis competition. *Physician Sportsmed* 1987; 15: 67-74.
20. O'Donoghue P, Ingram B. A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sport Sciences* 2001; 19:107-15.
21. Perry, A.C., Wang, X., Feldman, B.B., Ruth, T., Signorile, J. (2004) Can laboratory- based Tennis profiles predict field tests of tennis performance? *J Strength Cond Res* 18 (1):136-143
22. Reilly T, Palmer J. Investigation of exercise intensity in male single lawn tennis. *J Sports Sci* 1993; 11:543-44.
23. Renstorm PAFH. Tennis. Malden (MA): Blackwell, 2002.
24. Richers TA. Time-motion analysis of the energy systems in elite and competitive singles tennis. *J Human Mov Stud* 1995; 28: 73-86.
25. Roetert EP, Groppe J. World class Tennis Technique. Champaign, IL., Human Kinetics Publishers, 2001. Str. 41-59.
26. Seliger V, Ejem M, Pauer M, i sur. Energy metabolism in tennis. *Int Z Angew Physiol* 1973; 31: 333-40.
27. Smekal G, Von Duvillard SP, Rihacek C, Pokan R, Hofmann P, Baron R, Tschan H, Bachl N. A physiological profile of tennis match play. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33 (6), 999-1005.
28. Smekal G, Rihacek C, Pokan R, Baron R, Tschan H, Bachl N. Physiologic demands of tennis match play. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: S189
29. Smekal G, Baron R, Pokan R, Dirninger K, Bachl N. Metabolic and cardiorespiratory reactions in tennis-players in laboratory testing and under sport-specific conditions. *Wien Med Wschr* 1993; 145: 611-5.
30. Smekal G, Pokan R, Tschan H, Hofman R, Wonisch M, Bachl N. Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *E J Appl Physiol* 2003; 89: 489-95.
31. Therminarias A, Dansou P, Chirpaz - Oddou M F, Gharib C, Quirion A. Hormonal and metabolic changes during a strenuous tennis match: effect of aging. *Int. J Sports Med* 1991; 12:10-6.
32. Verlinden M, Van Ruyskensvelde B, Van Gorp B, Dedecker S, Goossens R, Clarijs JP. Effect of gender and tennis court surface properties upon strategy in elite singles. Science and racket sports III. Third World Congress of Science and Racket Sports and Eighth International Table Tennis Federation Sports Science Congress. 2003. Str.: 163-8.