

RADOVAN MEDVED, VLADIMIR MEDVED

Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu

Stručni članak
UDK 796.342:616—001:577.3
Primljeno, 9. 11. 1983.**BIOMEHANIČKI I KLINIČKI ASPEKTI
TENISKOGLAKTA**

/ povrede / entezitis / lakat, teniski / tenis / biomehanička analiza / prevencija /

Teniski je lakat poseban patološki entitet koji nastaje kao posljedica specifičnih biomehaničkih zbivanja, pri kojima odlučnu ulogu igra i teniski reket. Dijagnoza ovog oštećenja je lagana, terapija različita i ne uvijek uspješna. Infiltraciona terapija kortikosteroidima smatra se terapijom izbora. Posebnu važnost ima prevencija, koja se bazira na optimalnom izboru reketa i stereotipa kretanja.

Pod tipičnom sportskom ozljedom odnosno oštećenjem podrazumijevamo patološku promjenu nastalu kao posljedicu mehaničkog djelovanja povezanog s biomehaničkim zbivanjima tipičnima za određenu sportsku aktivnost. Pojavu u literaturi opisanu kao teniski lakat možemo prema toj definiciji svrstati u tipična sportska oštećenja; u tipična stoga što je posljedica veoma kompleksnih, ali za tenis specifičnih biomehaničkih zbivanja, a u oštećenja stoga što ne nastaje naglo, već postepeno. Teniski lakat nije posljedica makrotraumatskih, već mikrotraumatskih zbivanja.

Neki govore o »laktu tenisača i stolnotenisača« (Franke, 1980). Mi smatramo da to nije ispravno, jer su biomehanička zbivanja i sportski rekviziti u ova dva sporta toliko različiti, da ih veže samo naslov »reket« i »lopta« — odnosno »loptica«. Ako je teniski lakat posljedica specifičnih biomehaničkih zbivanja, a pri tome bitnu ulogu igra i teniski reket, tada niti patološki entitet ne može biti ideničan onom koji nalazimo kod igrača stolnog tenisa. Zbog toga ćemo mi u našoj raspravi koristiti termin »teniski lakat«.

Williams (Williams, 1962) opisuje još i slijedeća tipična sportska oštećenja lakta: lakat igrača golfa (Golfer's elbow) i lakat bacača. Ovaj potonji opisuje kao posljedicu nagle ekstenzije u laktu. Začudo, ne opisuje inače poznati »kopljarski lakat« (za razliku od teniskog lakta mjesto lezije nalazi se na medijalnom epikondilu humerusa).

Swerdtner i Fohler (Swerdtner i sur., 1976) pod pojam »lakat bacača« ubrajaju i »kopljarski lakat«.

U sportsko medicinskim udžbenicima i priručnicima pojam teniskog lakta opisuje se veoma oskudno (Williams, 1962; Franke, 1980; Swerdtner i sur., 1976; Groh i sur., 1975), a posebno se mala, gotovo nikakva pažnja ne posvećuje analizi uzroka koji do te pojave dovode. Nabraja se čitav niz terapijskih postupaka, a ili ih nema ili su veoma oskudne sugestije i upute za prevenciju ovog oštećenja. Jedino Heiss (Heiss, 1960) u svojoj knjizi navodi detaljnije podatke o teniskom laktu. Postoje u literaturi pokušaji da se objasne relacije teniski lakat — ruka tenisača s biomehaničkog i kineziološkog aspekta (Kopf, 1983; Brody, 1979, 1981; Hatze, 1976), a mi smo pokušali u ovom prikazu da

povežemo biomehanički pristup s kliničkom slikom i posebno s preventivnim aspektom.

2. BIOMEHANIČKI ASPEKT**2.1 Prikaz sistema ruka — reket**

Teniski reket predstavlja produženje ruke igrača, oblikovano tako da omogući optimalno odbijanje lopte u željenom smjeru. Pri tome se stupanj sistema ruka—reket — tj. njegove uspješnosti da ispunji danu funkciju — može procijeniti s obzirom na nekoliko kriterija. To mogu biti:

- minimalna povratna sila koja se prenose na ruku prilikom udarca,
- maksimalna mogućnost preciznog vraćanja lopte,
- maksimalni odnos odbojne prema upadnoj brzini lopte prilikom udarca.

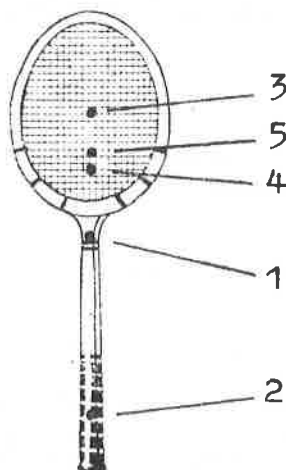
Prvi je kriterij prvenstveno značajan sa stanovišta mehaničke opterećenosti ruke, a time i mogućnosti njenog oštećenja. Druga dva kriterija — koja se odnose na brzinu i preciznost vraćene lopte odlučujući su za uspješnu igru. Stoga je zadatak uspješnog dizajna reketa da se što bolje istovremeno zadovolje navedeni kriteriji.

Fizikalni pristup analizi sistema ruka—reket novijeg je datuma. Tako je Hatze (Hatze, 1976) matematički modelirao sistem ruka—reket za vrijeme i nakon udarca lopte, kao djelomično diskretni, a djelomično kontinuirani dinamički sistem. Teoretska predviđanja tako dobivenih jednadžbi gibanja usporedio je s mjernim podacima o silama svijanja okvira reketa, mehaničkim vibracijama okvira reketa i silama svijanja tijela reketa pri različitim brzinama lopte. Osnovni su zaključci toga istraživanja da su povratni impuls sile, te naknadne vibracije reketa koji se prenose na ruku igrača razmjerni čvrstoći stiska šake i odstupanja mjesta udarca lopte od područja oko sredine mreže. Služeći se standardnim Dunlop »Maxplay« reketom u modeliranju, Hatze ne ulazi u probleme konstrukcije reketa, ali naglašava njihovu važnost.

Patent Hada iz 1976 (prema Brody 1979 i 1981 i Kopf, 1983) predstavlja pokušaj da se, na temelju osnovnih mehaničkih svojstava reketa, modificira njegova konstrukcija u smislu usklađivanja prethodno postavljenih kriterija.

Brody je u dva priloga (Brody, 1979, 1981) podrobno teoretski i eksperimentalno obradio problem konstrukcijskih svojstava reketa, ukazujući na mogućnosti njihove modifikacije u cilju optimizacije svojstava reketa.

Osnovna karakteristična mjesta na reketu, koja su rezultat konstrukcije, su slijedeća (slika 1):



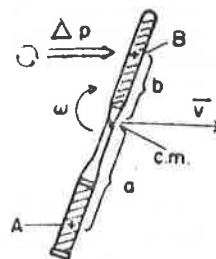
Slika 1

- težište reketa (1)
- sredina hvatišta reketa (2)
- geometrijska sredina mreže (3)
- sredina udarca (4)
- »sweet spot« točka ili regija (5).

Prve tri karakteristične točke jasno su definirane. Pri tome, naravno, točka sredine hvatišta reketa (točka 2 na slici 1) predstavlja određenu aproksimaciju, jer je hvatište reketa u stvari cijelo područje stiska šake. Težište reketa (točka 1) nalazi se između hvatišta i mreže. Uz zadanu geometrijsku konstrukciju reketa, poziciju težišta moguće je pomicati modifikacijama u gustoći materijala izrade pojedinih dijelova reketa, što je omogućeno uvođenjem umjetnih materijala. Pozicija težišta reketa zajedno s iznosom težine određuje moment inercije reketa u odnosu na hvatište, dajući igraču osjećaj lokacije »tereta« reketa.

Pojam sredine udarca (točka 4) vezan je uz razmatranje dinamike sila koje se javljaju uslijed sruza reketa i lopte. Predoči li se teniski reket kao kruta struktura koja slobodno visi u prostoru, prikazana na slici 2, tada će udarac lopte u razne točke takvog sistema izazivati različite efekte. Tako, npr., ako lopta pogodi u samo težište reketa, cijeli će se reket gibati pravolinijski (translaciono) brzinom v . Ako pak lopta pogodi neku točku na mreži, na uzdužnoj osi reketa, tada će njegovo gibanje biti sastavljeno iz pravolinijske i rotacione komponente (kutna brzina w) oko te-

žišta. Uz pretpostavku dovoljno dugačke drške reketa, na njoj će u tom slučaju postojati točka koja će u prostoru mirovati, jer se u njoj ta dva gibanja upravo međusobno kompenziraju. I obratno, za definiranu točku sredine hvatišta (2 na slikama 1 i 2), na mreži reketa postojati će mjesto — nazvano točkom sredine udarca — karakteristično po tome što se udarac lopte u to mjesto ne »osjeća« u sredini hvatišta. To znači da se u tom slučaju ostvaruje minimalni (teoretski jednak nuli) prijenos impulsa sile sa reketa na ruku. Prema oznakama sa slike 2, u točki 2, dakle vrijedi: $v = w \times a$.



Slika 2

Brzina translacije v može se izraziti preko odgovarajuće

količine gibanja reketa kao $v = \frac{\Delta p}{M}$ (M je masa reketa), a kutna brzina rotacije w preko momenta koli-

čine gibanja (kutnog momenta) kao $w = \frac{\Delta p \cdot b}{I}$ (I je moment inercije reketa oko centra težišta). Tako se dobije $(a \cdot b = \frac{I}{M})$, tj. iznos količine gibanja koju lop-

ta prenese na reket u jednadžbi se poništi. To znači da će ta točka mirovati (ili, ako se prije sruza gibala, da će se nastaviti gibati istom brzinom), ma kako snažan bio udarac lopte u mrežu. Točka sredine udarca nalazi se kod reketa manje glave ispod sredine mreže. Pogodi li lopta mrežu izvan uzdužne osi reketa generiraju se, naravno, dodatne rotacione sile u hvatištu.

Točka sredine udarca može se eksperimentalno odrediti na slijedeći način; reket se lagano zanjviše oko sredašte hvatišta, broj punih njihanja u minuti vezan je obrnuto razmjerno s udaljenošću točke sredine udarca od kraja reketa. Kopf (Kopf, 1983) navodi slijedeću tablicu na temelju koje je moguće odrediti ovu točku:

Broj njihaja reketa u minuti	44	45	46	47	48
Rastojanje od sredine hvatišta do sredine udarca u cm	46	44	42	40	39

Da bi se dobilo detaljniji uvid u zbivanja u trenutku sruza reketa i lopte i neposredno kasnije potrebno je uzeti u obzir elastična svojstva okvira i mreže, kao i lopte. Svi ti elementi sistema prilikom sruza znatno se definiraju. Head (citat prema Brody, 1979), Brody (Brody 1979, 1981) i Hatze (Hatze, 1976) proveli su nekoliko zanimljivih eksperimenata, mjereći pri tome karakteristične veličine; vrijeme kontakta, veličinu deformacije, itd.

Navode se najinteresantniji aspekti njihovih istraživanja.

Učvrsti li se drška reketa u škripac, te se zatim mrežu gađa loptom poznate brzine, tada će brzina lopte nakon sraza — odbojna brzina — biti u funkciji pozicije na mreži na koju je lopta udarila. Naime, uslijed udarca lopte, sila se preko mreže prenosi na okvir reketa i savija ga. Njegovo ponovno ispravljanje u normalni položaj uslijedit će tek nakon što se lopta odbila, pa je prema tome energija utrošena na savijanje reketa izgubljena, tj. ne prenosi se natrag na loptu. Stoga je, sa stanovišta minimiziranja izgubljene energije, najefikasnije područje udarca tik uz donji rub mreže, jer se tu reket najmanje savija (najmanji je krak djelovanja sile). Odnos odbojne prema upadnoj brzini lopte — najveći u ovom slučaju za područje tik uz donji rub mreže — naziva se koeficijentom restitucije i kreće se prema Brody-u (Brody, 1979) između 0,2 i 0,6.

Mjerenje Bakera i Wilsona (Baker i Wilson 1978), usmjerena na utvrđivanje utjecaja napetosti mreže i longitudinalne fleksibilnosti okvira na odbojnu brzinu lopte kod reketa pričvršćenih u škripac, pokazala su da se najveća brzina (otprilike kao kod brzog servisa) postiže uz napetost mreže od 50 lb (222,5 N). Oni stoga tu vrijednost sugeriraju kao optimalnu.

S druge strane, važan je parametar i deformacija lopte, do koje neminovno dolazi za vrijeme sraza s mrežom. Budući da lopta napušta mrežu deformirana, energija utrošena na tu deformaciju je također, sa stanovišta odbojne brzine lopte, izgubljena. Najmanja deformacija lopte postiže se udarcem u sredinu mreže, jer se tu mreža najviše savije, tj. »popusti« pred loptom.

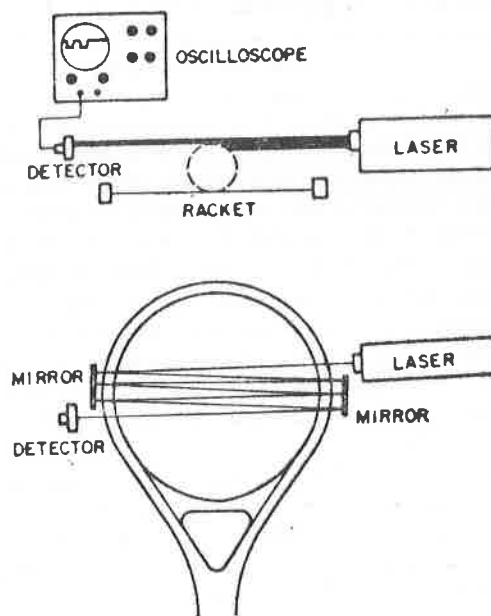
Prema tome, zajedničko djelovanje savijanja okvira i popustljivosti mreže uzrokuje da mjesto najvećeg koeficijenta restitucije bude negdje između donjeg ruba i sredine mreže. To je područje Head (citirano prema Kopf, 1983) nazvao »sweet spot« (točka 5 na slici 1).

Aproksimirajući sistem mreža—lopta u trenutku sraza pomoću jednostavnog harmoničnog oscilatora, Brody (Brody, 1979) je odredio vrijeme kontakta kao polovicu prirodnog perioda osciliranja sistema. Dakle

$$t_k = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f} \text{ uz } f = \frac{w}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}, \text{ gdje je}$$

k konstanta elastičnosti crijeva (procijenjena eksperimentalno na $2\text{--}3 \times 10^4 \text{ N/m}$) a m masa lopte (0,06 kg). To daje $t_k = 4,5$ msec. Eksperimentalnu provjeru dobivenih vrijednosti proveo je pomoću mjerne metode prikazane na slici 3. Osnovni je princip metode u tome da lopta prilikom dolaska i prilikom povratka na mrežu presijeca laserski snop (prethodno pozicioniran točno za širinu lopte udaljen od mreže). Isprekidani signal s detektora vodi se na osciloskop i snima se. Dobiveni vremenski intervali takvog isprekidanog signala upravo predstavljaju mjeru vremena kontakta, a i upadnih i odbojnih brzina lopte. Izmjereno vrijeme kontakta iznosilo je 5 msec.

Prema do sada iznesenom može se, obzirom na u početku postavljene kriterije za kvalitetu teniskog reketa, zaključiti:



Slika 3

- minimalna povratna sila koja se prenese na ruku prilikom udarca ostvaruje se pogađanjem lopte u točku sredine udarca;
- maksimalna mogućnost preciznog vraćanja lopte ostvaruje se pogađanjem u točku sredine mreže, i
- maksimalni koeficijent restitucije ostvaruje se pogađanjem u »sweet spot« točku.

Dok je određivanje prve dvije točke relativno jednostavno, određivanje »sweet spot« točke (ili regije) predstavlja nešto veći problem. Među autorima, naime, nije postignuta apsolutna jednoznačnost definicije tog pojma. Tako se kao kriterij, pored koeficijenta restitucije, javlja i minimalna prenesena sila na ruku (dakle kao kod centra udarca), minimalna vibracija reketa, te subjektivni kriterij »točke u kojoj udarac godi«. Čini se, međutim, da se pravi odgovor krije u detaljnoj studiji mehaničkog ponašanja reketa u trenutku i nakon sraza, a ono se odlikuje karakterističnim prigušenim vibracijama.

Hatze (Hatze, 1976), Brody (Brody, 1981) i Hendrick i suradnici (citirano prema Brody, 1981) uspjeli su, serijom eksperimenata, izmjeriti i snimiti vibracije reketa kod različitih dinamičkih uvjeta sraza. Pri tome je Hatze prvenstveno mjerio tu pojavu kod reketa držanog u ruci igrača, dok se Brody uglavnom koncentrirao na mehanička svojstva samog reketa — bilo slobodnog, bilo stegnutog za dršku.

Reket stegnut za dršku — što svakako predstavlja samo aproksimaciju realne situacije reketa u ruci, čak i kod čvrstog stiska šake — pokazuje slijedeća karakteristična svojstva. Takav sistem, kada je udarcem lopte pobuđen na titranje, može vibrirati u nekoliko modova. Frekvencija osnovnog moda vibracija kreće se od 25—40 Hz, ovisno o geometrijskoj konstrukciji i karakteristikama materijala. Slijedeći mod vibracija je oko šest puta veće frekvencije i znatno manje amplitude, dok su viši modovi praktički zanemarljivi. Pobu-

divanje titranja u pojedinom modu ovisi o mjestu udarca lopte. Tako će, u općenitom slučaju, reket titrati frekvencijom dobivenom superpozicijom frekvencije osnovnog i prvog slijedećeg moda. Ako se, međutim, pogodi točka na mreži koja odgovara poziciji čvora prvog višeg moda vibracija (tj. točka u kojoj je amplituda tog moda vibracija uvijek jednaka nuli), tada se neće pobuditi titranje u tom modu i reket će titrati samo u osnovnom modu vibracija. Ta točka, ili područje oko nje, poistovjećuje se sa »sweet spot« točkom.

Dakle, dok je točka sredine udarca reketa vezana uz minimiziranje prijenosa impulsne povratne sile na šaku u trenutku sraza, točka »sweet spot« je — izgleda — vezana na minimiziranje nepoželjnih naknadnih viših oscilacija koje se javljaju u sistemu, a time i na efikasnost udarca.

Stvar je konstrukcije reketa da se pronađe optimalna kombinacija rasporeda težine na pojedinim segmentima reketa, veličine i položaja mreže, krutosti okvira, te vrste i napetosti mreže, koja će težiti ka objedinjavanju svih navedenih karakterističnih točaka.

2.2 Osobitosti stereotipa kretanja

U okviru razvijanja stereotipa kretanja značajno mjesto ima mehanizam za prigušenje naglog sraza s podlogom. U slučaju tvrdog doskoka tijela na podlogu sila staza razvija svoj maksimum nakon 15 ms, a iščezava nakon 30 ms. Aktiviranjem mehanizma za prigušenje smanjuje se iznos maksimuma sile sraza, a produžuje vrijeme njenog trajanja na preko 300 msek. Melvill i sur. (Melvill i sur., 1971) su utvrdili da čovjek može razviti mehanizam prigušenja samo onda, ako se 100—200 ms prije doskoka na tlo izvrši predinervacija adekvatne muskulature. Ako se doskoci »tvrdo«, tada se vrhunac sile sraza javlja već iza 15 ms, a nakon 30 ms se gubi. Naprotiv, kod »prigušenog« doskoka vrhunac sile je smanjen, a njeno trajanje produženo na 300 ms.

Sraz između lopte i mreže traje svega 4—5 ms i nije ga moguće produžiti, kao u prethodno spomenutom slučaju doskoka na tvrdu podlogu. Nadalje, obzirom na tako kratko trajanje kontakta, također nije moguće unositi naknadne korekcije u već aktivirani stereotip kretanja u slučaju da udarac nije izveden optimalno.

Stereotip kretanja kod izvođenja raznih vrsta udaraca u tenisu prilagođen je dakle izvođenju optimalnih udaraca, bez naknadnih korekcija sa ciljem promjene trajanja trajektorija gibanja i bez mogućnosti prigušenja impulsne sile sraza lopte i mreže.

Prilikom uvježbavanja takvog stereotipa tenisač automatski uzima u obzir utjecaje raznih faktora kao što su deformacije okvira reketa prilikom udarca, vrsta i tvrdoća mreže i elastičnost lopte. Zbog toga su svi ti detalji opreme neobično važni za uspješnost igre kvalitetnog igrača.

Dosadašnje razmatranje nije, zbog jednostavnosti, uzimalo u obzir utjecaj rotacije dolazeće, kao i željene rotacije odbijene lopte. Kada se sagleda veliki broj mogućih dinamičkih i kinematičkih reakcija između lopete i reketa do kojih dolazi u toku igre, dobiva se uvid

u svu složenost procesa razvijanja odgovarajućeg stereotipa gibanja.

3. KLINIČKI ASPEKTI

3.1 Mehanizam nastajanja teniskog lakta i patološki supstrat

Mehanizam nastajanja teniskog lakta vezan je uz funkciju mišića koji imaju svoje hvatište na lateralnom epikondilu humerusa. To su slijedeći mišići: m. ekstensor carpi radialis longus i brevis, m. ekstensor carpi ulnaris, m. ekstensor digitorum, m. ekstensor digiti minimi, m. supinator i m. anconeus. U tenisu, posebno pri tzv. »backhand« udarcima, najvažniju ulogu igraju m. ekstensor carpi radialis longus i brevis. Osim dorsalne fleksije šake ovi mišići sudjeluju u stiskanju šake, supinaciji i radijalnoj addukciji šake. Obzirom na držanje reketa ovi su mišići praktički u trajnoj aktivaciji u teniskoj igri, a njihova se uloga posebno pojačava pri tzv. »backhand« udarcima. Pri tom udarcu ovi su mišići kontrahirani, kako bi održali stabilan odnos šake i podlaktice (za razliku od stolnog tenisa kod kojeg se pokreće upravo ručni zglob, pri tenisu se traži da ručni zglob bude u više manje fiksiranom položaju). U času sudara lopte i mreže teniskog reketa razvija se određena sila koju mreža dijelom amortizira, a dijelom se preko mreže, okvira, drške i šake prenosi na napete ekstenzore podlaktice. Svaki ovaj udarac u obliku mikrotraume završava na gornjem hvatištu tih mišića, te može s vremenom, kada se mikrotraumatski učinak kumulira, dovesti do entesitisa. Nekad se pogrešno mislilo da se tetiva veže za pokosnicu kosti, pa su i kronična oštećenja tog područja dobila pogrešan naziv periostoze. Zato je taj naziv danas zamijenjen ispravnim nazivom entesitis. Schneider (1954) je utvrdio da se tetiva ne veže na pokosnicu i, štoviše, da na tom mjestu uopće i nema pokosnice. Tetivna vlakna na specifičan način prolaze kroz hrskavičnu zonu i izravno ulaze u kost ispod hrskavične zone. Vanjski sloj hrskavične zone nije ovapnio i vrlo je elastičan, a u sloju koji leži bliže kosti hrskavica je ovapnjela i polukruta. Uska povezanost hrskavice s koštanim stanicama osigurava izvanrednu čvrstoću, koja se ne bi mogla postići jednostavnim vezanjem tetivnih vlakana u pokosnicu. Ovakva građa objašnjava uzrok pojave da su avulzijski prijelomi relativno učestali od otrgnuća tetiva na njihovu hvatištu.

Zbog velikog opterećenja tog područja u pojedinim specifičnim sportskim aktivnostima u njemu često nastaju degenerativne promjene kao izraz nesrazmjera mogućnosti opterećenja i efektivno primijenjenog opterećenja. Razvijaju se nekroze i masne degeneracije sve do mikrotraumatskih otrgnuća pojedinih tetivnih vlakana, a istodobno se javljaju i regenerativni procesi u smislu proliferacije fibroplasta.

Mi svrstavamo teniski lakat u skupinu koju označavamo kao entezitisi. Drugi označuju teniski lakat kao radijalni epikondilitis (Čurković i sur., 1982). Radijalni se epikondilitis, osim kod tenisača, nalazi još češće kod vozača teretnjaka, kovača, domaćica itd.

3.2 Simptomatologija

Osnovni simptom teniskog lakta je bol u području radijalnog epikondila humerusa, rjeđe spontana, češće provocirana. Bol se pojačava kod stiska šake, supinacije, istezanja ekstenzora i ekstenzije prstiju protiv otpora. Bol se može provocirati Millsovim testom: ekstenzija flektirane šake protiv otpora uz istodobni položaj pune pronacije i ekstenzije u laktu. Bol može biti toliko jaka da pacijent ne može podizati niti najlakše predmete. Može se iznimno javiti i otekлина u području boli. Rendgenska slika u pravilu ne pokazuje nikakve specifične promjene.

3.3 Liječenje

Dok je dijagnozu lako postaviti, liječenje ovog oštećenja predstavlja teži i kompleksniji problem. Općenito se može reći da je kod svih oštećenja pristup liječenju mnogo kompleksniji, liječenje dulje, a rezultati problematičniji nego kod ozljeda.

To što se u literaturi spominje veći broj terapijskih metoda, ukazuje upravo na to da ne postoji terapijsko sredstvo izbora kod ovog oštećenja.

Preporučuju se slijedeći postupci:

- (1) mirovanje, odnosno u težim slučajevima imobilizacija. Ovim se postupkom prekidaju daljnji podražaji oštećenog područja, što dovodi do prekida boli;
- (2) fizikalna terapija: kratki val, ultravioletno zračenje (Williams 1962), ultrazvuk (uobičajena doza prema Ćurković i sur., 1982) je 1,2 W/cm²/3minute — 6 do 10 aplikacija);
- (3) lokalna aplikacija kortizonskih preparata duboko u subtendinozno područje hvatišta ekstenzora (Depomedrol, Kenolog, Triamcinolon acetonid). Daju se 1—3 injekcije s razmakom od 1—2 tjedna. Lokalnu terapiju Kortikosteroidima smatraju Ćurković i sur. terapijom izbora. Ako se ovim postupcima ne postigne uspjeh tada još dolazi u obzir i
- (4) kirurška terapija (discizija fascije skupine mišića ekstenzora pri samom prelazu u tetivu ili na hvatište tetiva).

Usporedo s procesom liječenja potrebno je prilikom uključivanja u igru primijeniti određene mjere u smislu korekcije stereotipa pokreta (ako je i koliko je to još moguće) i izbora optimalne opreme.

U novije vrijeme preporučuje se i primjena posebno konstruirane bandaže za podlakticu (vidi sliku 4). Proizvođač (Beiersdorf AG Hamburg, SR Njemačka) tvrdi da ova bandaža vrši određeni pritisak ne samo na bolno područje, već i u pravcu cijele muskulature podlaktice. Na taj bi se način odteretilo bolno područje, što bi omogućilo ponovnu aktivnu igru.

4. MOGUĆNOSTI PREVENCIJE TENISKOGLAKTA

Optimalni uspjeh prevencija pokazuje onda kada se primijeni već kod početnika, što je isključivi zadatak učitelja tenisa. Prevencija je manje efikasna kada se

već jave prvi simptomi, ali u kombinaciji s terapijskim postupkom (3.3) može biti veoma djelotvorna.

Prema dosadašnjim shvatanjima prevencija se može usmjeriti na:

- (1) izbor optimalne vrste i napetosti mreže reketa
- (2) izbor optimalnog oblika konstrukcije i težine reketa
- (4) izbor optimalnog opsega drške reketa
- (4) svrsishodnu korekciju stereotipa kretanja
- (5) način držanja reketa.

(1) Izbor i konstrukcija mreže

Bazične spoznaje za navedene mjere prevencije temelje se na podacima prikazanim u poglavlju 2.1—2.2. Od prije je poznata činjenica da je za izradu mreže prirodni materijal (crijeva) pogodniji od umjetnog materijala, a i među ovim materijalima ima razlike. No, ranije spoznaje ukazuju na to da je veći efekt moguće očekivati od promjene konstrukcije mreže teniskog reketa, odnosno okvira reketa. Mreža se, naime, nalazi, kako je to već opisano, u konfliktnoj situaciji: ona bi trebala što jače prigušiti udarac lopte, kako bi podražaj na hvatištu ekstenzora na medijalni epikondil bio što manji. S druge strane to ne odgovara tehničarima igre, pa je tu potrebno postići neke kompromis. Postoji nekoliko pokušaja promjene konstrukcije reketa, koji su usmjereni ka usklađivanju ovih kontroverznih zahtjeva. Head (Head, 1976, cit. prema Kopf, 1983) je proširio plohu mreže prema dolje i time je povećao, a ujedno i približio točku sredine mreže i točku sredine udarca, djelomično uskladivši kriterij preciznosti udarca i minimalne sile (značajno za slijedeći pasus (2)). Kopf, međutim, ne nalazi da je s time mnogo dobiveno, jer da bi se održala potrebna svojstva mreže (pri njenoj većoj površini), potrebno je u tom slučaju povećati i njenu napetost. Kopf predlaže jedno originalno rješenje koje je on patentirao 1977. (njemački patent 2356972, 7. 4. 1977), ali njegovu konstrukciju nije odobrio ITF (International Tennis Federation) (Kopf, 1983). Prijedlog je na neki način revolucionaran, jer bitno mijenja mrežu reketa. Njegova konstrukcija predviđa dvostruku mrežu, tj. dvije mreže, međusobno udaljene 2 cm (svaka s jedne strane okvira). Žice prelaze sa jedne strane na drugu i nisu u okviru učvršćene, već se mogu pomicati. Na taj je način moguće da se sile sa žica jedne strane mreže prenose na žice na drugoj strani. To omogućuje da se napetost mreže umanjuje (na 178 N, što je manje nego kod klasičnog tipa mreže), ali da pritom svojstva mreže ostaju očuvana. Naime, kada lopta udari u mrežu, ova se ulekne, ali se ujedno adekvatno poveća napetost stražnje mreže. Na taj se način kumulira određena količina energije, koja se vraća prednjoj mreži u času kada se prednja mreža ispravila. Sve je ovo moguće zato, što se izmjena kumulirane energije između ovih dviju mreža odvija brzo, tj. u vremenu dok se lopta nalazi u kontaktu s mrežom. Treba, međutim, napomenuti da pravila, danas na snazi, ne dozvoljavaju korištenje dvostruke mreže (Nadali, 1983).

(2) Izbor optimalnog oblika, konstrukcije i težine reketa

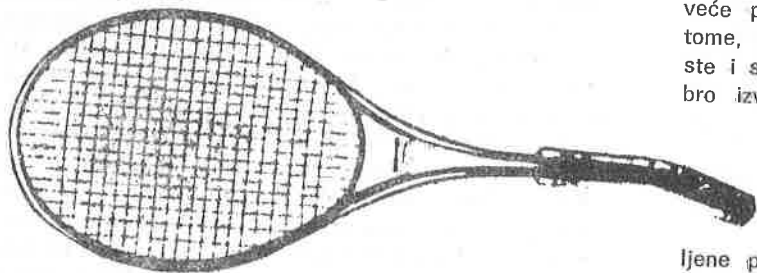
Kao što je u poglavlju 2 opisano, postoje tri centra na reketu: točka sredine udarca, „sweet spot“ i sre-

dina mreže. Kod do sada prihvaćenih konstrukcija reketa ove tri točke se nisu međusobno pokrivala. Kod pojedinih reketa postizani su kompromisi mijenjanjem distribucije težine okvira, veličine i položaja mreže, krutosti okvira i izbora i napetosti mreže. Izbor optimalnog reketa ovisi o sposobnosti i načinu igranja (mogućnost optimalnog pogađanja lopte, brzina pokreta pri udarcima i odnos poluga sistema podlaktica—šaka). Pri izboru bi trebao surađivati trener, ali bi se to moglo uspješno sprovesti samo pod uvjetom da su poznati tehnički podaci pojedinih tipova reketa. U novije vrijeme su, međutim konstruktori nekih tvornica reketa postigli ujedinjenje »sweet spot« točke i sredine mreže u jednu točku. Reket je romboidnog oblika, ali ga igrači još nisu prihvatili (Nadali, 1983).

Sa stanovišta smanjivanja nepoželjnih vibracija kao posljedice udarca izvan optimalne regije, značajni su zaključci Elliota i suradnika (Elliot i sur. 1980). Oni su usporedili konvencionalni reket i reket s povećanom udarnom površinom (povećanje površine iznosi 30—50%), a njime se postiže povećanje polarnog momenta inercije). Reketi su bili držani u ruci, a pokazalo se da su vibracije značajno manje kod velikih reketa.

(3) Izbor debljine drške reketa

Opseg drške reketa ne smije biti niti premalen niti prevelik, kako ne bi nepotrebno otežavao držanje reketa i izazivao veći zamor mišića koji pri tome sudjeluju. Najbolje je da igrač pokuša igrati sa 2—3 različite debljine drške reketa i odabere onu koja mu je najpogodnija. Našli smo i opis reketa kod kojeg je dio drške savinut pod kutom od 19 stupnjeva (vidi sliku 5). Navodno ova konstrukcija sprečava pojavu teniskog lakta, no kako se ovaj reket ponaša u igri nije nam poznato,



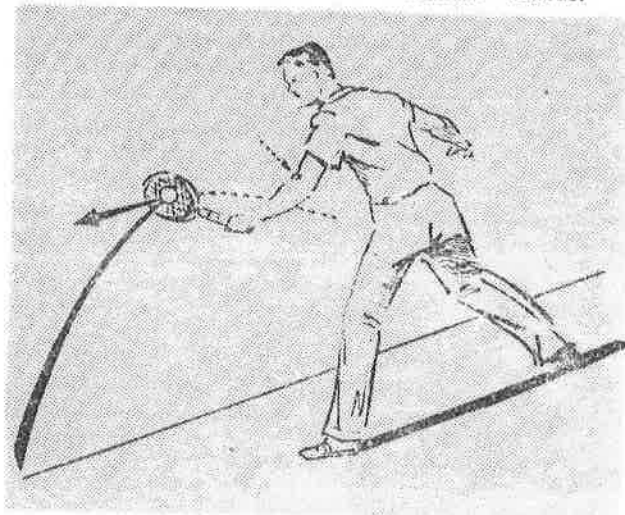
Slika 5

(4) Učenje i korekcije stereotipa kretanja

Optimalna tehnika bila bi ona koja omogućuje da lopta dođe na »sweet spot« točku, te da broj takvih pogodaka bude što veći. Veoma je važno da igrač usvoji takav pravilan stereotip kretanja što ranije, jer ako je već jednom usvojio pogrešan, onda ga je veoma teško ispravljati. I ovdje je odlučno, kao i pri skijanju, da se tenis uči u teniskoj školi i, naravno, kod kvalitetnog učitelja.

Heiss daje slijedeću preporuku: loptu koja se odbila od tla dočekati tek na vrhu njene putanje (vidi sliku 6), jer je tada sila udara o mrežu najmanja. Međutim, treba primijetiti da je to moguće primijeniti kod početnika, ali nikako ne kod vrhunskih igrača tenisa.

Nadali preporuča (Nadali, 1983) da se prilikom ko-reakcije stereotipa kretanja poveća zamah rukom, ikako bi reket do momenta sruza s loptom postigao veću brzinu. To se posebno odnosi na »backhand« udarac.



Slika 6

(5) Način držanja reketa

Ovaj je faktor prevencije pojave teniskog lakta u uskoj vezi s prethodnim. Naime, usvojenost pravilnog stereotipa gibanja prilikom udarca rezultira optimalnim pogađanjem lopte središnjom regijom mreže. U usporedbi sa loše izvedenim udarcem, kod kojeg lopta ne pogađa mrežu blizu središta, dobar udarac dakle, općenito, rezultira manjom povratnom prenesenom silom na ruku (blizina točke sredine udarca).

S druge strane, kod čvrstog držanja reketa dolazi do veće prenesene sile nego kod slabog držanja. Prema tome, sa stanovišta prevencije teniskog lakta, kod čvrste i snažne igre naročito je važno da udarci budu dobro izvedeni, jer je to jedini način smanjivanja neže-

ljene povratne sile. Naprotiv, za slabijeg igrača, koji često »promašuje« pri udarcu, čvrsto držanje reketa predstavlja potencijalnu opasnost.

Ovo razmatranje u osnovi se slaže sa Hatzeovim (Hatze, 1976).

5. ZAKLJUČAK

Prikazane su osnovne biomehantičke karakteristike sistema ruka-reket kod tenisača, za vrijeme sruza lopte sa mrežom. Navedena su glavna konstrukcijska svojstva reketa koja utječu na uspješnost igre te amortizaciju i prijenos sile sruza na ruku.

Objašnjen je mehanizam nastajanja teniskog lakta, kao posljedica mikrotraumatskih zbivanja. Dijagnoza ovog oštećenja je lagana, a terapija različita i ne uvijek uspješna. Infiltraciona terapija kortikosteroidima smatra se metodom izbora.

Izložene su mogućnosti prevencije ovog oštećenja temeljene na izboru optimalne konstrukcije reketi i stereotipa kretanja.

6. LITERATURA

1. Baker, J. A. W., Wilson, B. D.: The effect of tennis racket stiffness and string tension on ball velocity after impact, *Research Quarterly*, 49, 255 — 259, 1978.
2. Brody, H.: Physics of the tennis racket, *Am. J. Phys.* 48 (6), 482—487, 1979.
3. Brody, H.: Physics of the tennis racket II: The »sweet spot«, *Am. J. Phys.* 49 (9), 816—819, 1981.
4. Ćurković, B. i Domljan, Z.: Radijalni epikondilitis, *Liječnički vjesnik*, 104:362-364, 1982.
5. Elliot, B. C., Blanksby, B. A. i Ellis, R.: Vibration and rebound velocity characteristics of conventional and oversized tennis rackets, *Research Quarterly*, 51, 608—615, 1980.
6. Franke, K.: *Traumatologie des Sports*, VEB Verlag, Berlin, 1980.
7. Groh, H., Groh, P.: *Sportverletzungen und Sport-schäden*, Luftpold, Köln, 1975.
8. Hatze, H.: Forces and duration of impact, and grip tightness during the tennis stroke, *Medicine and Science in Sports*, 8 (2), 88—95, 1976.
9. Heiss, F.: *Praktische Sportmedizin*, Enke, Stuttgart, 1960.
10. Kopf, H.: Der Tennisschläger in seiner Wirkungs-weise, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 34:37 —44, 1983.
11. Krmpotić, J.: Mišići, *Medicinska enciklopedija* 7 svezak, 27—38, 1963.
12. Medved, R.: *Sportska medicina*, Jumena, Zagreb, 1980.
13. Melvill Jones, G., Watt, D. S. D.: Muscular control of landing from unexpected falls in man, *Journal of Physiology*, 219:729—737 (1971).
14. Nadali, N.: *Osobno saopćenje*, Zagreb, 1983.
15. Schneider, H.: *Die Abnützungserkrankungen der Sehenn und ihre Therapie*, Thieme, Stuttgart, 1954.
16. Swerdtner, H. P. i Fohler, N.: *Sportverletzungen*, Straube, Erlangen, 1976.
17. Tonejc, A.: Reketi bez tajni, *Tenis*, 19, 15—16, 1981.
18. Tonejc, A.: Nema idealnog reketa, *Tenis*, 20, 26—28, 1982.
19. Williams, J. G. P.: *Sports Medicine*, Edward Arnold LTD, London, 1962.

Medved, V.; Medved, R.

BIOMECHANICAL AND CLINICAL ASPECT OF TENNIS ELBOW

/ tennis elbow / biomechanics of elbow / therapy /

Basic biomechanical characteristics of the racket-hand system of a tennis player, during the time of impact of the ball with the strings, are presented. Major constructional properties of the racket, influencing the playing quality and the absorption (amortisation) and transmission of the force of impact on the hand, are exposed.

The mechanism of development of tennis elbow, resulting from microtraumatic (al) events, is explained. Diagnosis of this injury is easy to establish, therapy is diverse and not always successful. Infiltrational therapy with corticosteroids is considered to be the method of choice.

Possibilities of prevention of this injury are exposed, based on choice of optimal racket construction and movement stereotype as well.

Владимир Медвед, Радован Медвед

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ И КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕННИСКОГО ЛОКТЯ

Показаны основные биомеханические характеристики системы рука-рекетка у теннисистов в момент удара мяча и троста. Приводятся основные конструкционные свойства ракетки, которые влияют на успешность в игре и на амортизацию и перенос силы на руку.

Объясняется механизм появления теннисского локтя, как результата микротравм. Диагноз этого нарушения легко ставится, но лечение может быть различным и не всегда удачным. Инфильтрационная терапия кортикостероидами считается вопросом выбора.

Приводятся возможности профилактики при помощи оптимальной конструкции ракетки и правильного движения руки.

