

## KINEZIOLŠKA ANALIZA STRELIČARSTVA

Andrea Vrbik<sup>1</sup>, Darko Gešpacher<sup>2</sup>, Lana Koller Fundelić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prvi streliaarski klub Zagreb 1955

<sup>2</sup>Streliaarski klub Sesvete

<sup>3</sup>Streliaarski klub Samobor

### UVOD

Kineziološka analiza streliaarstva ukljuuje strukturalnu, anatomsku, biomehaničku, energetsku i informacijsku analizu streliaarske tehnike utemeljenu na znanstvenim spoznajama i stručnoj ekspertizi. Međusobni odnos analiza streliaarske tehnike je integralnog i multidisciplinarnog karaktera, te katkada i preklapajućeg sadržaja. Strukturalna analiza streliaarstva bavi se detaljnim opisom svih gradivnih faza, odnosno elemenata streliaarske tehnike. Konkretnije, strukturalna analiza predstavlja temelj koji obuhvaća sustav elemenata streliaarske tehnike, te njihov međusobni odnos, prepoznavanje, promatranje i stabilnost elemenata tijekom izvođenja tehnike. Anatomska analiza streliaarstva bavi se funkcijom pojedinih mišićnih grupa i koštano-zglobnih sustava odgovornih za realizaciju streliaarske tehnike. Anatomska analiza streliaarske tehnike ukljuuje precizno navođenje aktivnih mišića prema fazama/elementima tehnike ili redosljedu izvođenja. Postojanje svjesnosti o pokretima zglobova, aktiviranih mišića i tipa kontrakcije omogućava treneru odabiranje primjerenog treninga snage prema individualnim potrebama, uspostavljanje efikasnosti i savršene izvedbe motoričkih vještina neophodne za streliaarstvo (Kosar i Dedmirel, 2004). Biomehanička analiza streliaarstva bavi se kinematičkim, kinetičkim i elektromiografskim parametrima streliaarske tehnike. Energetska analiza streliaarstva tiče se fizioloških zahtjeva tijekom izvođenja streliaarske tehnike, odnosno pojedinih situacija tijekom kojih se streliaarska tehnika izvodi (različite vrste natjecanja podrazumijevaju različita energetska opterećenja). Informacijska analiza streliaarstva tiče se prijena poruka (informacija) unutar streliaarskog konteksta. Konkretnije, informacijska analiza streliaarske tehnike bavi se razradom, redosljedom i načinom (metodom) prijena informacije (koja je rezultat procesiranja, manipuliranja i organiziranja podataka sa svrhom nadogradnje znanja sportaša -

streliaara) tijekom svih faza učenja i treniranja streliaarske tehnike.

### STRUKTURALNA ANALIZA

Streliaarstvo je monostrukturalna aciklička aktivnost i spada u grupu srodnih sportova poput streljaštva, golfa i dizanja utega. Tako Kosar i Dedmirel (2004) opisuju streliaarstvo kao sport koji zahtjeva motoričke vještine gornjeg dijela tijela, snagu mišića i izdržljivost kao i to da uglavnom ovisi o gornjim ekstremitetima i posebice zahtjeva statičku jakost mišića. Streliaarska tehnika sadržava kretne strukture tijela koji se sastoje od elemenata koji zahtijevaju izmjenjivanje pojedinih statičkih i dinamičkih segmenata ravnoteže i primjereni balans tijela. U slijedu izvođenja koordiniranih pokreta gornjeg dijela tijela i gornjih ekstremiteta, pojedini dijelovi tijela zadržavaju stabilnost dok se drugi nalaze u pokretu i zahtijevaju mobilnost. Postizanje vrhunskih rezultata promatrajući samo tehničku izvedbu osigurava precizna i fina razina motoričke kontrole tjelesnih segmenata u koordinaciji s percepcijom okoline, proprioceptivnim osjetima i adekvatnom, uspješnom neuromuskularnom aktivacijom. Uspješna izvedba tehničkih elemenata sastoji se od kombinacije općih i specifičnih motoričkih sposobnosti i vještina (snage, izdržljivosti, fleksibilnosti, koordinacije, ravnoteže i preciznosti), psiholoških sposobnosti, (koncentracije, pažnje, primjerene pobudnosti, reakcije na signal, emocionalnog funkcioniranja i motiviranosti, osobina crta ličnosti), kao i visoke razine motoričke kontrole (Acikada i sur., 2014).

Izvedba pokreta odvija se po fazama podijeljenih u pojedine podfaze. Razvojem sporta i potvrđivanjem putem znanstvenih istraživanja, broj faza, odnosno elemenata stalno se nadograđuje, gdje treneri i autori istraživanja utvrđuju i daju veći značaj pojedinom koraku ili ključne naznake pojedinih koraka. Svaki od trenera ili nacionalnih škola streliaarstva opisuje elemente tehnike koje provode

**Tablica 1.** Prikaz različitog broja faza, podfaza i elemenata ovisno o autoru/školi

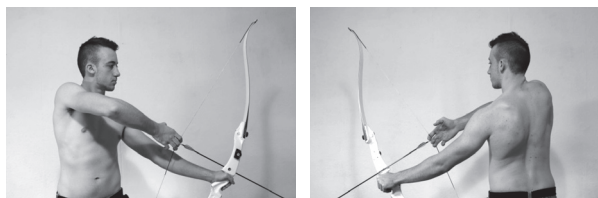
| Ime autora, godina                               | Broj faza / elemenata        | Naziv faza / elemenata  |
|--|------------------------------|---|
| Svjetska Kyudo federacija, 2013., Podržaj, 1998. | 8 elemenata                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ashibumi – stav</li> <li>2. Dozukuri – namještanje tijela</li> <li>3. Yugamae – prihvat luka</li> <li>4. Uchiokoshi – podizanje luka</li> <li>5. Hikiwake – nateg</li> <li>6. Kai – puni nateg</li> <li>7. Hanare – otpuštanje tetive</li> <li>8. Zanshin – završni pokret</li> </ol>   |
| Nishizono i suradnici, 1987.                     | 6 elemenata                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Držanje luka</li> <li>2. Nateg</li> <li>3. Puni nateg</li> <li>4. Ciljanje</li> <li>5. Otpuštanje i</li> <li>6. Followthrough</li> </ol>  |
| Podržaj, 1998.                                   | 8 elemenata                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stav</li> <li>2. Prihvat tetive</li> <li>3. Položaj dlana na dršci luka</li> <li>4. Nateg tetive i sidrenje</li> <li>5. Položaj ramena</li> <li>6. Otpuštanje tetive</li> <li>7. Nadgledanje</li> <li>8. Položaj nakon hitca</li> </ol>   |
| Šarić, 2000.                                     | 5 elemenata                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stav</li> <li>2. Držanje luka s razjašnjenjem položaja ramena, laktova i ruku streličara</li> <li>3. Izvlačenje strijele i rad leđnih mišića</li> <li>4. Nišanje</li> <li>5. Otpuštanje strijele</li> </ol>   |
| Frangilli i Frangilli, 2005.                     | 11 elemenata                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pozicija stopala i tijela u odnosu na metu</li> <li>2. Pozicija ruke s lukom</li> <li>3. Pozicija prstiju na tetivi</li> <li>4. Poravnanje ciljnika s linijom luka i mete</li> <li>5. Poravnanje ramena i ruke u kojoj držimo luk</li> <li>6. Nateg tetive do željene pozicije</li> <li>7. Sidrenje</li> <li>8. Kontrola tenzije mišića leđa</li> <li>9. Poravnanje ramena i ruke u kojoj držimo luk</li> <li>10. Guranje ciljnika u smjeru mete</li> <li>11. Otpuštanje</li> </ol> |
| Lee i Bondt, 2005.                               | 16 elemenata                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stav</li> <li>2. Stavljanje strijele</li> <li>3. Prihvat tetive i luka</li> <li>4. Dizanje luka</li> <li>5. Nateg</li> <li>6. Primicanje</li> <li>7. Sidrenje</li> <li>8. Transfer</li> <li>9. Držanje</li> <li>10. Ciljanje</li> <li>11. Ekspanzija</li> <li>12. Ciljanje</li> <li>13. Otpuštanje</li> <li>14. Followthrough</li> <li>15. Povratne informacije</li> <li>16. Evaluacija pogotka</li> </ol>  |
| World Archery, 2012.                             | 4 glavne faze i 13 elemenata | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pripremna faza - stav i pozicioniranje dijelova tijela, stavljanje strijele na tetivu, prihvat luka i tetive.</li> <li>2. Faza generiranja sila - prednateg i puni nateg</li> <li>3. Kritični moment - koordinacija rada ruku, ciljanje i otpuštanje tetive s strijelom</li> <li>4. Završna faza - završni pokret sa svim vizualnim, mentalnim, tjelesnim radnjama i disanjem iz prethodnih faza.</li> </ol>  |

kroz streliaarski sport. Nastojanja su da se pojedina tehnika proširi i na globalnoj razini, a mjerljivost i uspješnost prezentira se postignutim rezultatima na Olimpijskim igrama ili svjetskim prvenstvima. Sve elemente tehnike treba procijeniti te na temelju svih znanstvenih disciplina pristupiti izgradnji što bolje nacionalne tehnike za dostizanje svjetskih rezultata uvažavanjem individualnih razlika svakog sportaša.

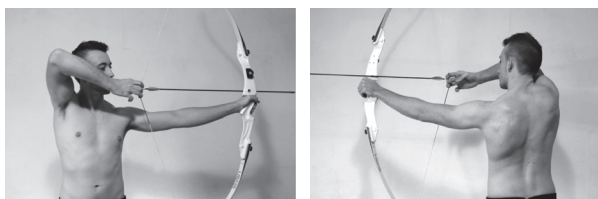
U Tablici 1. kronološki su prikazani različiti elementi tehnike ovisno o autoru, odnosno pojedinoj školi. Tradicionalna japanska vještina Kyudo (IKYF, 2014., Podržaj, 1998.) tisućama godina raspoznaje 8 elemenata, Nishizono i sur. (1987) razlikuju 6 elemenata, Podržaj (1998) osnovnu tehniku dijeli na 8 koraka. Šarić (2000) opisuje 5 ključnih faza tehnike gađanja, trenerski priručnik Svjetske streliaarske federacije (WA 2014) 4 glavne te još 13 podfaza, Lee i Bondt (2005) opisuje 16 elemenata, a Frangilli i Frangilli (2005), 11 elemenata.

## ANATOMSKA ANALIZA

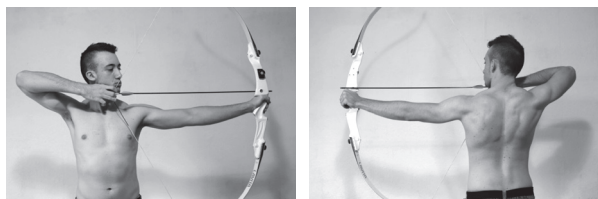
Anatomska analiza opisuje aktivaciju mišića i mišićnih skupina koji su uključeni u izvedbu streliaarske tehnike tijekom natjecanja ili treninga. Anatomska analizu u streliaarstvu možemo promatrati kroz dva segmenta. Prvi definira stav i rad mišića



Slika 1. i 2. Aktivacija mišića u pripremnoj fazi.



Slika 3. i 4. Aktivacija mišića u fazi generiranja sile - prednategu.



Slika 5. i 6. Aktivacija mišića u fazi generiranja sile - punom nategu.

koji pomažu pri održavanju stava, a drugi definira rad ruku i mišića koji vrše pokrete u rukama, leđima i ramenom pojasu.

## STAV

Dobar stav osnovni je preduvjet za ispravno izvođenje tehnike gađanja. Tijekom gađanja streliaar održava uspravan stav. Stopala su cijelom površinom čvrsto na podlozi, a tjelesna težina jednako je raspoređena na obje noge. Stopala su paralelna, a razmak između stopala jednak je širini ramena. Koljena su u položaju kao pri običnom stajanju. Zdjelica je fiksirana i čvrsta, blago podvučena pod tijelo. Trup je uspravan i čvrst. Ramena su spuštena, glava je uzdignuta i okrenuta prema meti. Uspravna pozicija kralježnice naspram gravitacije održava se izometričnom kontrakcijom mišića ekstenzora trupa *m. erector spinae* i dubokih mišića kralježnice. Dodatni angažman mišića fleksora trupa potreban je prilikom faze razvlačenja, kako bi se spriječila hiperekstenzija trupa. Mišići koji su tom prilikom angažirani su *rectus abdominis*, *obliquus externus abdominis* i *obliquus internus abdominis*. Prilikom razvlačenja, sidrenja, otpuštanja i ispraćaja strijele, održava se rotacija glave u smjeru mete. Prilikom rotacije vrata dolazi do koncentrične kontrakcije *m. sternocleidomastoidea*, *m. suboccipitalis*, cerevikalnog i glavnog dijela mišića *erector spinae*, *semispinalis* i dubokih mišića kralježnice. Prilikom faze natega, dolazi do izometrične kontrakcije tih mišića, kako bi se održala rotacija vrata. Ekstenzija zgloba kuka održava se izometričnom kontrakcijom *m. gluteus maximus*, *m. biceps femoris*, *m. semitendinosus* i *m. semimembranosus*. Izometrična kontrakcija *m. iliopsoas* sprečava hiperekstenziju zgloba kuka. Prilikom naginjanja tijela prema natrag u stranu, kompenzacijski se uključuju plantarni fleksori stopala, *m. gastrocnemius* i *m. soleus*, koji pomažu tijelu da se vrati u uspravan položaj

## RAD RUKU

Tijekom gađanja dolazi do stalnih promjena između statičkog i dinamičkog rada. Konkretnije, streliaar tijekom izvođenja tehnike održava prednju ruku (u kojoj drži luk) u statičnom položaju. Unutar segmenta stražnje ruke (kojom streliaar vuče tetivu) odvijaju se dvije paralelne radnje – započinje intenzivan rad mišića koji približavaju lopaticu kralježnici, čime se omogućava opuštanje mišića pregibača, odnosno kontrahiranje mišića ispružaća prstiju. Na taj način, konstantnim radom leđa (povlačenje) i prednje ruke (guranje), u trenutku dovoljne opuštenosti prstiju stražnje ruke, događa se nesvjesno otpuštanje, kada tetiva luka sama *klizne*

iz hvata prstiju (kod zakrivljenog luka). Kod streličara sa složenim lukom, razlika postoji jedino u segmentu stražnje ruke, koja otpušta tetivu putem mehaničkog okidača (Čižmek, 2007).

## PREDNJA RUKA

Pokreti u ramenom pojasu definirani su pomicanjem lopatice što podrazumijeva pokrete u sternoklavikularnom i akromioklavikularnom zglobu. Neki pokreti u ramenom pojasu pojavljuju se istovremeno s pokretima u ramenom zglobu. Prilikom podizanja prednje ruke u visinu ramena, lopatica se primiče kralježnici, to jest dolazi do adukcije lopatice uslijed koncentrične kontrakcije *m. rhomboideus maiora* i *minora* i 2. i 3. dijela *m. trapeziusa*. Nakon toga dolazi do izometrične kontrakcije kako bi se pozicija prednje ruke održala. Stabilnost u ramenom zglobu ključna je za preciznost prilikom gađanja. Prednja ruka dolazi u položaj abdukcije kontrakcijom *m. deltoideusa* i *m. supraspinatusa*, te u položaj horizontalne ekstenzije kontrakcijom stražnjeg dijela *m. deltoideusa*, *m. infraspinatusa* i *m. teresminora*. Na početku pokreta dolazi do koncentrične kontrakcije kako bi se izveo pokret, a nakon toga do izometrične kontrakcije kako bi se zadržala pozicija. Zbog velikog broja strijela tijekom natjecanja i treninga ovi mišići trebaju biti dovoljno snažni i izdržljivi kako bi se spriječio zamor i održala preciznost pogodaka. Prilikom unutarnje rotacije glenohumeralnog zgloba sudjeluju prednji dio *m. deltoideusa*, *m. pectoralis maior*, *m. latissimus dorsi*, *m. teres maior* i *m. subscapularis* prvo koncentričnom kontrakcijom, a nakon toga izometričnom kontrakcijom kako bi se održala pozicija. U zglobu lakta ekstenzija i semipronacija omogućavaju prednjoj ruci da se odupire pritisku luka. Ekstenziju osiguravaju *m. triceps brachii* i *m. anconeus* izometričnom kontrakcijom, a semipronaciju *m. pronator teres* i *m. pronator quadratus*. U ručnom zglobu dolazi do lagane ekstenzije kojom mišići fleksori ručnog zgloba, *m. flexor carpi ulnaris* i *m. flexor carpi radialis*, izometričnom kontrakcijom pomažu ruci da se odupre pritisku luka.

## STRAŽNJA RUKA

Kao i kod prednje ruke, lopatica se primiče kralježnici. U adukciju lopatice uključeni su *m. rhomboideus maior* i *minor* i 2. i 3. dio *m. trapeziusa*. Snažna koncentrična kontrakcija potrebna je prilikom natezanja, a nakon toga izometrična kontrakcija da bi se održala pozicija u nategu. Još jedan pokret koji se pojavljuje u ramenom pojasu stražnje ruke je rotacija lopatice prema gore, koju omogućavaju *m. serratus anterior* i donji dijelovi *m. tra-*

*peziusa* koja omogućava glavi humerusa da se stabilizira u zglobu ramena. Stražnja se ruka, istovremeno s prednjom diže u visinu ramena. Taj pokret rezultira abdukcijom u kombinaciji s unutarnjom rotacijom kao i kod prednje ruke. Natezanje tetive prema sidrištu postiže se horizontalnom ekstenzijom u glenohumeralnom zglobu u kombinaciji s kontrakcijom mišića aduktora lopatice, *m. deltoideusa* i *m. supraspinatusa*. U unutarnjoj rotaciji sudjeluju prednji dio *m. deltoideusa*, *m. pectoralis maior*, *m. latissimus dorsi*, *m. teres maior*, i *m. subscapularis*. U horizontalnoj ekstenziji ramena sudjeluju stražnji dio *m. deltoideusa*, *m. infraspinatus* i *m. teres minor*, svi koncentričnom kontrakcijom prilikom izvođenja pokreta i izometričnom kontrakcijom poslije, sve do završetka pokreta.

Suprotno od prednje ruke, lakat stražnje ruke je flektiran, ali slično kao i kod prednje ruke u semipronaciji. U fleksiji sudjeluju *m. biceps brachii*, *m. brachioradialis* i *m. brachialis*. Natezanje tetive se izvodi uglavnom horizontalnom ekstenzijom ramenog zgloba, tako da jaka kontrakcija fleksora lakta nije potrebna prilikom natezanja tetive. U položaju semipronacije zglob se održava izometričnom kontrakcijom *m. pronator teres* i *m. pronator quadratus* kao i kod prednje ruke. U ručnom zglobu lagana neutralna ekstenzija održava se u radiokarpalnom zglobu, kako bi ručni zglob bio u funkcionalnom anatomskom položaju. Mišići koji su uključeni su *m. extensor carpi radialis (brevis i longus)* i *m. extensor carpi ulnaris*. Kod stražnje ruke dorzalna površina dlana je maksimalno ravna, tako da su metakarpofalangealni zglobovi u ekstenziji, što osiguravaju *m. extensor digitorum*, *m. extensor digiti minimi* i *m. extensor indicis*. Tetiva se stavlja na distalne interfalangealne zglobove kažiprsta, srednjeg prsta i prstenjaka i drži se pomoću fleksije tih zglobova. Fleksija distalnih interfalangealnih zglobova nije nezavisna od fleksije proksimalnih interfalangealnih zglobova. Držanje tetive zahtijeva fleksiju proksimalnih i distalnih interfalangealnih zglobova, što se postiže kontrakcijom *m. flexor digitorum profundus* i *m. superficialis*. Naročito prilikom natezanja luka, potrebna je jaka fleksija u interfalangealnim zglobovima, koja se održava do faze otpuštanja. Fleksija u tim zglobovima održava se većinom kontrakcijom *m. flexor digitorum superficialis*, koji mora biti dovoljno jak i izdržljiv da bi se hitac izveo bez zamora i drhtaja. Fleksija distalnih interfalangealnih zglobova kažiprsta, srednjeg prsta i prstenjaka je jača nego kod ostalih zglobova. Strijela se otpušta ili relaksacijom fleksora ili koncentričnom kontrakcijom ekstenzora mišića prstiju ili kombinacijom. Kod iskusnijih streličara češće je otpuštanje tetive putem relaksacije fleksora prstiju.

## BIOMEHANIČKA ANALIZA

Biomehanička analiza u streličarstvu podrazumijeva određivanje različitih kinematičkih, kinetičkih i elektromiografskih parametara streličarske tehnike s ciljem otkrivanja vrhunskih sportskih dostignuća ili neke izvedbe ( primjer otpuštanje tetive luka) i prijenos znanja na vrhunski sport i edukaciju trenera. Ključni cilj je razvoj bolje tehnike, treninga, vrhunske opreme, sprječavanje ozljeda i rehabilitacija (Dželalija i Rausavljević, 2003.). Kinematički parametri streličarske tehnike uključuju analizu streličarske tehnike putem kretanja dijelova tijela ili pojedinih referentnih točaka u nekom od koordinatnih sustava (jednodimenzionalni, dvodimenzionalni, trodimenzionalni ili sferni sustav). Gibanja se prikazuju putem položaja točaka, pomaka, puta, brzine i akceleracije u translacijskim gibanjima. U rotaciji prikazuje se kutni položaj, kutni pomak, kutna brzina i kutna akceleracija dijelova tijela ili pojedinih referentnih točaka u prostoru (Dželalija i Rausavljević, 2003). Kinematički parametri streličarske tehnike uključuju proučavanje i matematički opis pokreta tijekom izvođenja streličarske tehnike ili neke zasebne faze, odnosno elementa streličarske tehnike (Jerković, 2003.).

Kod kinetičke analize gibanja u streličarstvu analiziraju se razlozi pomaka, pređenog puta, brzine ili akceleracije putem osnovnih zakona mehanike - Newtonovih zakona gibanja. Obzirom da kinetika proučava silu, masu, moment i akceleraciju, ne uzimajući u obzir poziciju objekta proučavanja, kinetički parametri streličarske tehnike tiču se tzv. primarnih izvora sile: mišićne, gravitacije, vanjskog otpora i trenja (Mejovšek, 1997.). Elektromiografski (EMG) parametri streličarske tehnike tiču se procjene i bilježenja električne aktivnosti skeletnih mišića prilikom izvođenja streličarske tehnike. Elektromiograf detektira generirani električni potencijal mišićnih stanica prilikom njihove aktivacije. Ti signali mogu se koristiti kako bi se detektirale moguće medicinske abnormalnosti, nivo aktivacije mišića ili redoslijed regrutiranja mišića.

Unutar kategorije kinematičkih istraživanja Horsak i Heller (2011.) analizirali su kinematiku zglobova prstiju i maksimalni lateralni otklon tetive u horizontalnoj ravnini kod jednog streličara – natjecatelja. Multipla regresijska analiza otkrila je slabu ali statistički značajnu pozitivnu povezanost maksimalnog lateralnog otklona tetiva i rezultata što je kontradiktorno u odnosu na uobičajenu ispravnu streličarsku tehniku. Navedeni rezultat može se objasniti nereprezentativnim uzorkom istraživanja (jedan ispitanik, FITA rezultat = 1233, nacionalna B reprezentacija Austrije). S druge strane rad predstavlja fundamentalno istraživanje unutar trodimen-

zionalne analize kretanja prstiju sa postavljanjem 20 markera na zglobove ruke i šake.

Kinetička istraživanja u streličarstvu ponajviše su se bavila raspodjelom i promjenama/pomacima tjelesne težine, te otklonom tijela tijekom gađanja. Korektan stav, odnosno postura tijela smatra se osnovnim polazištem dobre izvedbe streličarske tehnike (WA, 2014., Čižmek, 2007., Acikada i sur.2004.). Carlsöö (1974., citirano prema Acikada, 2004.) je napravio istraživanje s jednim streličarom na dvije platforme (svaka za jednu nogu). Kada je streličar stajao u normalnom, opuštenom položaju, težina tijela je bila ravnomjerno raspoređena. Tijekom prednatega, punog natega i nišanja primijećeno je značajnije opterećenje desne noge (streličar dešnjak) koje se zadržalo sve do otpuštanja. Nakon otpuštanja primijećeno je rasterećenje obje noge na kratko vrijeme, nakon čega se prije ponovne ravnomjerne distribucije težine na obje noge primijetio lagani prijenos težine na desnu nogu. Treba naglasiti da je istraživanje provedeno na jednom ispitaniku, te da je rađeno prije 40 godina, kada je streličarska tehnika zagovarala naglašeni pre-nateg (*overdraw* – odlazak u hiperekstenziju natega). Keast i Elliot (1990) proveli su istraživanje u kojem su promatrali odnos između otklona tijela, vremena nišanja i vremena srčanog ciklusa sa kvalitetom pogotka. Otklon tijela, mjereno pomacima koordinata centra pritiska, značajno je varirao unutar i između pokušaja za sve streličare i za sve razine kvalitete pogotka (240 strijela, klasificirane kao dobre, srednje i loše). Uočena je tendencija povećanja površine posturalnog otklona kako se smanjivala kvaliteta pogotka. Tinazci (2001) je proveo dva tipa istraživanja na tenziometrijskoj platformi prateći centar pritiska tijela. Na 4 muška i 4 ženska vrhunska streličara proučavao je lateralni otklon tijela i promjenu tjelesne težine tijekom gađanja. Unutar male grupe streličarki zamijećeno je da postoje individualne razlike, međutim rezultati grupe ukazuju na smanjenje postignutih vrijednosti pogodaka u odnosu na povećanje lateralnog otklona. Individualna analiza streličarki otkrila je drukčije podatke u odnosu na rezultate grupe, pa je tako kod druge najbolje streličarke primijećeno povećanje vrijednosti postignutog rezultata kako je smanjen otklon naprijed-natrag, ali uz povećanje brzine otklona. Kod muške grupe ispitanika također su primijećene individualne razlike, međutim 3 od 4 streličara pokazala su bolje vrijednosti pogodaka kako se brzina otklona naprijed-natrag smanjivala. Na istom uzorku napravljena je i analiza raspodjele tjelesne težine. I streličari i streličarke demonstrirali su momentalne promjene i različitu raspodjelu tjelesne težine na obje noge s naglaskom na lijevu nogu (svi ispitanici dešnjaci). U streličara je naglašena nepravilna raspodjela te-

žine imala negativan utjecaj na rezultate pogodaka.

U novije vrijeme objavljeno je nekoliko studija koje su se bavile najzastupljenijom kategorijom biomehanike streličarstva: elektromiografskim istraživanjima. Ertan je sa suradnicima napravio seriju elektromiografskih istraživanja posvećenu streličarstvu. 2003., provedena je analiza strategije otpuštanja na uzorku od 10 elitnih, 10 početnika i 10 ne-streličara. Promatrala se specifična strategija otpuštanja, odnosno aktivacija pregibača i ispružaća podlaktice, te je zaključeno kako elitni streličari posjeduju specifičnu strategiju otpuštanja koja uključuju ili kontrakciju mišića ispružaća podlaktice, ili relaksaciju mišića pregibača podlaktice ili njihovu kombinaciju. Slično istraživanje provedeno je i 2005. (Ertan i sur., 2005.), kada je promatrana strategija otpuštanja u odnosu na FITA rezultat. Zaključeno je kako određeni EMG indeksi streličarske vještine mogu poslužiti za procjenu streličarske tehnike i uspješnosti. Iste godine, Ertan (2009) je proveo istraživanje s novokonstruiranim mjernim instrumentom – streličarskim kronometrom. Streličarski kronometar mjerio je vrijeme reakcije streličara (20 elitnih streličara) u odnosu na zvuk klikera (jednostavna naprava koja daje auditivni znak streličaru kada je postigao punu duljinu natega), brzinu reakcije i vanjske faktore koji utječu na brzinu strijele. Svrha studije bila je odrediti valjanost (korelacija vremena reakcije derivirana iz EMG vrijednosti i CRT vrijednosti (vrijeme reakcije na kliker) i pouzdanost (test-retest metodom) instrumenta. Dobivena korelacija iznosila je  $r=0.787$ ,  $p<0.01$ , te je zaključeno kako je kronometar pouzdan za predviđanje vremena reakcije. Što se tiče prednje ruke kod streličara, Ertan (2009) je napravio istraživanje sa 10 elitnih i 10 početnika streličarstva kod kojih je promatrao angažiranost mišića podlaktice prednje ruke (ruke koja drži luk). Zaključeno je kako elitni streličari više koriste *m. extensordigitorum*, što upućuje na ispravnu tehniku ne držanja i ne hvatanja luka pri-

likom izvođenja streličarske tehnike. Ertan i sur. (2011) napravili su analizu tehnike gađanja jedne vrhunske streličarke. Za razliku od uobičajene strategije otpuštanja, nakon zvuka klikera (~100ms) streličarka je otpuštala tetivu na način relaksacije *m. flexordigitorum*, ali j isto tako primjećena i relaksacija *m. extensordigitorum*. Zaključeno je kako demonstrirana tehnika otpuštanja može biti uspješna i smanjiti lateralni otklon i deformaciju tetive.

## ENERGETSKA ANALIZA

Energetska analiza streličarstva tiče se fizioloških zahtjeva tijekom izvođenja streličarske tehnike, odnosno pojedinih situacija tijekom kojih se streličarska tehnika izvodi (različite vrste natjecanja podrazumijevanju različita energetska opterećenja.) Acikada i sur. (2004.) proveli su istraživanje na malom reprezentativnom uzorku vrhunskih streličara u kojem su dobili da su vrijednosti somatotipa, aerobne jakosti i nivoi laktata tijekom gađanja u streličarstvu slični netreniranoj zdravoj populaciji. Navedeni podaci dijelom se mogu objasniti malim uzorkom i relativno starijim istraživanjem (obzirom da su se tehnologija treninga i sustav natjecanja unatrag zadnjeg desetljeća značajno promijenili). Detaljna istraživanja fizioloških zahtjeva tijekom streličarskog treninga i natjecanja vrlo su rijetka ili ne postoje, stoga se nameće i potreba za provođenjem istih. S druge strane, u Tablici 2. prikazane su najčešće vrste natjecanja za juniore i seniore u Hrvatskoj sa osnovnim karakteristikama. Razrađujući kolonu s prijednim udaljenostima i ispucanom težinom (*broj strijela x broj serija x prosječna vrijednost od 50£ jačine luka ~25kg*) tijekom natjecanja, dolazi se do podatka koji ukazuje na respektabilno opterećenje tijekom turnira. Obzirom da natjecanja mogu trajati između 4-8 sati, zaključuje se kako se radi o izrazito ekstenzivnom tipu opterećenja sa umjerenim ili manjim težinama.

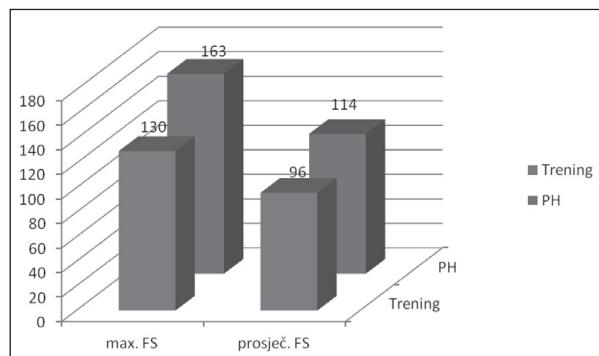
**Tablica 2.** Prikaz najčešćih natjecanja za juniore i seniore sa osnovnim karakteristikama

| Vrsta natjecanja | Udaljenost    | Mjesto održavanja              | Broj strijela / serija | Broj rundi        | Bodovi max. moguće | Prijedna udaljenost/ ispucana težina (preračunato iz funti u kg) |
|------------------|---------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|--|
| Indoor 18 /25    | 18 / 25 m     | Dvorana / zatvoreni prostor    | 3/10                   | 2                 | 600                | 828m/1500kg (za 18m)   |
| WA 720           | 70/50 m       | Otvoreni prostor / ravan teren | 6/12                   | 2                 | 720                | 1200m/ 1800kg (za 50m)   |
| WA 1440          | 90/70/50/30 m | Otvoreni prostor / ravan teren | 6/36                   | 4                 | 1440               | 2880m / 3660kg   |
| WA 900           | 60/50/40      | Otvoreni prostor / ravan teren | 3/10                   | 3                 | 900                | 3000m / 2250kg   |
| POLJSKO (FIELD)  | 5 – 60 m      | Otvoreni prostor / šuma, park  | 3/24+24 (2 dana)       | 2 (1 poz / 1 nep) | 432+432            | 3-8km po danu / 1800kg   |

Valja naglasiti kako su opterećenja tijekom treninga do 5 puta veća, jer je obujam strijela/serija veći. Primjerice, prosječni broj strijela po treningu u dvorani jednog hrvatskog vrhunskog kadetskog reprezentativca je 300, za razliku od kvalifikacijskog dijela natjecanja od 60 strijela. Obzirom na luk jačine 60# (~30kg), opterećenje iznosi 9000kg po treningu. Vrijednosti pulsa tijekom gađanja (treninga i kvalifikacijskog dijela natjecanja) najčešće se kreću oko 100o/min (Acikada i sur, 2004.), međutim tijekom eliminacijskog dijela natjecanja aktiviranjem simpatičkog živčanog sustava kao posljedica stresa i anksioznosti, vrijednosti pulsa značajno rastu. Takve rezultate dobio je i Gešpacher (2013) na provedenom istraživanju sa kadetskim reprezentativcem u zakrivljenom luku na treningu i natjecanju (slika 7). Prilikom treninga (trajanje: 1:48:47) vrijednosti FS kretale su se od 99 do 121 o/min, dok su tijekom odmora i u vrijeme odlaska po strijele vrijednosti bile od 72 do 92 o/min. Natjecanje je snimano 9:20:36 sati uključujući opće zagrijavanje, zagrijavanje gađanjem, odmor između kvalifikacijskog dijela i pauzu između kvalifikacijskog i finalnog dijela. Na natjecanju postoji jasno vidljiva razlika FS prilikom zagrijavanja koje se izvodi gađanjem gdje su se zabilježene vrijednosti kretale od 110 do 114 o/min. U kvalifikacijskom dijelu vrijednosti FS iznosile su od 121 do 145 o/min. Značajan porast zabilježen je tijekom finalnog dijela natjecanja gdje su se vrijednosti kretale od 141 do 163 o/min. Tako je na natjecanju zabilježen maksimalan puls 163 o/min dok je prosječan puls 114 o/min. Vrijednosti na treningu iznosile su maksimalan puls 130 o/min i prosječni 96 o/min.

## INFORMACIJSKA ANALIZA

Informacijska analiza bavi se obilježjima informacija unutar streličarskog konteksta. To je vrlo složen prostor, koji se može pojednostaviti predstavljanjem tri osnovne komponente čijom kombinacijom se direktno mijenja krajnja informacija. Tri osnov-



Slika 7. Grafički prikaz FS na treningu i natjecanju.

Tablica 3. Osnovne komponente o kojima ovisi informacija u streličarstvu

| Komponenta            | Okolnost   |
|-----------------------|--|
| Primatelj Kome?       | Individualno / grupa   |
|                       | Uzrast (dobna kategorija)  |
|                       | Ciljna usmjerenost treninga (sportaš početnik, sportaš nižeg/višeg ranga, rekreativac) |
|                       | Streličarski razvojni nivo pojedinca / grupe   |
| Sadržaj Što? / Zašto? | Streličarska tehnika   |
|                       | Vrste opreme   |
|                       | Vrste natjecanja   |
| Način Kako?           | Situacija (trening, pripreme, natjecanje)  |
|                       | Okolina  |
|                       | Vrijeme / prijemčivost   |

ne komponente odnose se na primatelja, sadržaj i način prijenosa informacije (tablica 3.).

Krajnja informacija mijenjati će se ovisno o navedenim faktorima (komponentama i okolnostima), čime se paralelno mijenja i informacijska analiza. Primjerice, informacijska složenost izvedbe streličarskog elementa *rad leđima* – aktivno biti će bitno drugačija za pojedinca kategorije -14god, početnika na treningu, u odnosu na grupu kadeta reprezentativaca na pripremnom turniru ili natjecanju.

## LITERATURA

1. Acikada, C., Ertan, H., Tinazci, C. Shooting Dynamics in Archery, In: Ergen, E. and Hibner, K. Ed. Sports Medicine and Science in Archery. Lausanne, FITA, 2004. 15-36.
2. Bompa, T. (2009). Periodizacija, teorija i metodologija treninga, 394.
3. Carlsöö, S. (1975). How man moves. Heinemann, London.
4. Čižmek, A., Peršun, J. Vježbe za razvoj specifične koordinacije, ravnoteže i preciznosti u streličarstvu. In: Jukić et al. Ed. 9<sup>th</sup> Annual international conference Conditioning of athletes. Zagreb, Faculty of Kinesiology, University of Zagreb and Association of conditioning coaches of Croatia. 2011; 412-414.
5. Dželalija M., Rausavljević, N. (2003). Biomehanika sporta, Sveučilište u Splitu, 5 - 6., 67-74, 91, 121-123, 127-129.
6. Ertan, H. et al. Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. Hum Mov Sci, 2003; 22, 37-45.

7. Ertan, H., Soylu, A.R., Korkusuz, F. Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery. *J Ele Kin*, 2005; 15, 222-227.
8. Ertan, H. et al. Reliability and validity testing of an archery chronometer. *J Sport Sci and Med*, 2005; 4, 95-104.
9. Ertan, H. et al. Individual Variation of Bowstring Release in High Level Archery: A Comparative Case Study. *Hum Mov*, 2011; 12(3), 273-276.
10. Frangilli V. and Frangilli, M. (2005). Heretic Archer. *Legenda*, Milano, 61-123.
11. Ganter, N. et al. Comparing three methods for measuring the movement of the bow in the aiming phase of Olympic archery. *J Pro Eng*, 2010; 2, 3089-3094.
12. Horsak, B. and Heller, M. A Three-Dimensional Analysis of Finger and Bowstring Movements During the Release in Archery. *J App Bio*, 2011; 2, 151-160.
13. Jerković, J., 2003. Klinička primjena principa kinetike i kinematike u fizioterapiji—diplomski rad, Zagreb, Visoka zdravstvena škola
14. Keast, D. i Elliot, B. (1990). Fine body movements and cardiac cycle in archery. *J Sport Sci*. 8(3), 203-213.
15. Lee, K. and de Bondt R. (2005). *Total Archery*. Samick Sports, 9-173.
16. Mejovšek, M., (1997). Priručnika za športske trenere: Biomehanika sporta, Zagreb, Športska stručna biblioteka
17. Nazan S. Kosar, Haydar A. Dedmirel, (2004). Kineziological Analysis of Archery, In: Ergen, E. and Hibner, K. Ed. *Sports Medicine and Science in Archery*. Lausanne, FITA, 3.
18. Nishizono, A. et al. Analysis of archery shooting techniques by means of EMG (1987). In Ertan, H. et al. Reliability and validity testing of an archery chronometer. *J Sport Sci Med*, 2005; 4, 95-104.
19. Podržaj, M. *Lokostrelstvo. Begunje na Gorenjskem*: Tiskarna Žbogar, 1998; 68-89.
20. Šarić, H., (2000). *Luk i strijela*, Rijeka, Grafotisak Rijeka, 34.-63.
21. Tinazci, C. *The Analysis of Shooting Dynamics in Archery*. Ankara: Hacettepe Uni.2001. Unpublished Doctoral Thesis.