Utjecaj različitoga fokusa pažnje na rezultat i vrijednosti pažnje i opuštenosti u početnika i vrhunskih streličara

Vrbik, Andrea

Doctoral thesis / Disertacija

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:070194

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP



Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Andrea Vrbik

Utjecaj različitoga fokusa pažnje na rezultat i vrijednosti pažnje i opuštenosti u početnika i vrhunskih streličara

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.



University of Zagreb

Faculty of Kinesiology

Andrea Vrbik

The effects of different focus of attention on result and attention and meditation values in beginner and elite archers

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2017.



Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Andrea Vrbik

Utjecaj različitoga fokusa pažnje na rezultat i vrijednosti pažnje i opuštenosti u početnika i vrhunskih streličara

DOKTORSKI RAD

Mentor:

Izv.prof. dr. sc. Iris Zavoreo

Zagreb, 2017.



University of Zagreb

Faculty of Kinesiology

Andrea Vrbik

The effects of different focus of attention on result and attention and meditation values in beginner and elite archers

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Izv.prof. dr. sc. Iris Zavoreo

Zagreb, 2017.

INFORMACIJE O MENTORICI

Iris Zavoreo rođena je 1973. godine u Zagrebu, Hrvatica, državljanka Republike Hrvatske. Završila je osnovnu školu i Opću (XI) gimnaziju u Zagrebu. U srpnju 1999. godine diplomirala je na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i stekla naslov doktora medicine. Još tijekom fakultetskog obrazovanja volontirala je u neurokemijskom laboratoriju Zavoda za kemiju i biokemiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te u neuroanatomskom laboratoriju Instituta za istraživanje mozga. Od rujna 1999 zaposlena je kao znanstveni novak na Klinici za neurologiju KB «Sestre milosrdnice» u okviru projekta «Ispitivanje moždane vazoreaktivnosti stres testovima» i «Trodimenzionalni ultrazvuk i funkcionalni TCD u ispitivanju moždane cirkulacije» pod mentorstvom Akademkinje Vide Demarin. Uspješno je završila znanstveni i poslijediplomski studij iz područja Biomedicine na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i u prosincu 2004. godine stekla naziv magistra znanosti, a u listopadu 2008. stekla je naziv doktora znanosti obranivši doktorsku disertaciju na Prirodoslovno matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U veljači 2008. godine položila specijalistički ispit i stekla naziv specijalista neurologije. Od 1999. godine uključena u nastavni proces na Medicinskom i Stomatološkom fakultetu u Zagrebu. Tijekom 2011. stekla naslov znanstvenog suradnika i naslovno znanstveno nastavno zvanje docenta na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u 3/2016. stekla zvanje višeg zananstvenog suradnika, u 12/2016. naslovno znanstveno nastavno zvanje izvanrednog profesora na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Pohađala je niz stručnih tečajeva u zemlji i inozemstvu posvećenih različitim područjima neurološke struke. Pristupnica je duži niz godina članica domaćih i međunarodnih društava. Kao autorica i koautorica prezentirala je radove na brojnim domaćim i međunarodnim stručnim skupovima u obliku postera i pozvanih predavanja. Pokazala se uspješnim mentorom u izradi diplomskih i doktorskih disertacija, kao i uspješnim sudjelovanjem u izradi znanstvenih i stručnih knjiga te sveučilišnih udžbenika. U svom dugogodišnjem radu područje interesa je usmjerila na liječenje i dijagnostiku cerebrovaskularnih bolesti, akutne i kronične boli te multiple skleroze, poseban naglasak u svojim aktivnostima polagala je na primarnu i sekundarnu prevenciju navedenih poremećaja uz poseban naglasak na ulogu tjelesne aktivnosti.

ZAHVALA

Zahvaliti svima koji su doprinijeli i pomogli tijekom pisanja ovog doktorata, a ne zaboraviti nekoga je nemoguće, stoga odmah na početku, ovako skupno kažem: Hvala svima od srca!

Ako krenem redom, prije svih, hvala mami i tati. Ne zahvaljujem vam se na doktoratu, jer na koncu on i nije tako važan. Hvala vam na sretnom djetinjstvu, na šetnjama po nasipu, na glasnoj muzici s radija i plesanju prije ručka vikendom. Hvala vam na oblikovanju mene i najviše od svega, hvala vam na hrabrosti, povjerenju i slobodi koju ste mi uvijek davali. Nikada nisam osjetila da vas nemam kao sigurnosnu mrežu iza sebe i tu mislim da ste kao roditelji sa svim svojim nesavršenostima i pogreškama uspjeli 100% (uz statističku pogrešku od 0,05. ☺).

Hvala mojoj mentorici izv.prof.dr.sc. Iris Zavoreo koja je sa svojim zaštitničkim odnosom, susretljivosti, suosjećajnosti i dobrohotnosti primjer najboljeg mentora.

Hvala g. Kreši Čadežu koji je uvijek bio na mojoj strani, te mi posredno dao ideju za ovo istraživanje.

Hvala g. Ivi Rađi bez čije tehničke pomoći, dostupnosti i spremnosti za pomoć, ovog rada ne bi ni bilo. Hvala i Ani koja je sve to trpila ☺.

Hvala kolegici Srni Jenko Miholić na svoj konkretnoj i nekonkretnoj pomoći prilikom pisanja doktorata. Sreća je poznavati tako dragu, nesebičnu, mudru i normalnu osobu i biti joj prijatelj.

Hvala svima u mom matičnom klubu PSK Zagreb 1955 na beskrajnom strpljenju za sve moje „ideje“ i prekrajanje našeg prostora u „terenski laboratorij“.

Hvala svim ispitanicima na izdvojenom vremenu, ozbiljnosti tijekom istraživanja i uopće spremnosti za sudjelovanje u istraživanju.

Hvala gđi. Đurđici Kamenarić na besprijekornoj organizaciji i administrativnoj podlozi i pomoći prilikom cijelog poslijediplomskog studija i tijekom svih faza pisanja doktorata.

Na kraju, onako posve intimno, hvala mojim dečkima Ivanu i Vidu. Nas troje smo kroz ovu priču prošli u potpunosti zajedno. I uspjeli smo. Ponosna sam na nas jer ni u jednom trenutku nismo tražili isprike, već smo kao pravi sportaši, svaku zapreku doživljavali kao novi izazov i jaču pripremu za ono što tek slijedi. Stoga, kako kažu da nije bitan cilj, nego putovanje, tako je i ovo samo jedna od stepenica našeg daljnjeg puta. Volim vas najviše.

SAŽETAK

Istraživanja potvrđuju da upute ili povratne informacije koje induciraju eksterni fokus pažnje (usmjeravajući sportaševu pažnju na ishode pokreta) rezultiraju većom efikasnošću motoričke izvedbe i učenja u odnosu na interni fokus pažnje (usmjeren na kretnje tijela). Prednosti i razlike eksternog fokusa pažnje nad internim fokusom dokazane su u usporedbi različitih razina sportske ekspertize. Jedan od pristupa za procjenu mentalne koncentracije su različita psihofiziološka mjerenja poput elektroencefalograma (EEG), koji se smatra validnim psihofiziološkim indikatorom pažnje. Sve je veći broj komercijalnih mobilnih EEG uređaja (Brain Computer Interface – BCI), s potvrđenom aplikativnom validnosti. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi optimalnu usmjerenost fokusa pažnje i vrijednosti pažnje i opuštenosti (mjerene BCI uređajem) koje odgovaraju postizanju najboljeg rezultata kod početnika i vrhunskih streličara. Uzorak ispitanika činila je grupa od 10 streličara početnika (SP) i grupa od 10 vrhunskih streličara (VS). Jednokanalni mobilni EEG sustav Mindwave Mobile (MindWave®, NeuroSky, Inc. U.S.A.) i MindPlay Pro softver korišteni su kako bi se snimali i spremali signali moždanih valova u računalo. Priloženi algoritmi procesirali su signale kako bi se izračunale razine pažnje i opuštenosti svake sekunde. Testiranje je obuhvatilo tri različita uvjeta gađanja: U1 – slobodno usmjeren fokus pažnje, U2 – interno usmjeren fokus pažnje i U3 – eksterno usmjeren fokus pažnje. Ispitanici su prvo bili mjereni u U1 uvjetu gađanja, a redoslijed daljnjih mjerenja određen je slučajnim izborom (U2/U3 ili U3/U2). Prema postavljenim hipotezama istraživao se utjecaj usmjerenosti pažnje (eksterni / interni fokus) na preciznost pogodaka kod početnika i vrhunskih streličara, iznosi vrijednosti pažnje i opuštenosti mjerene mobilnim EEG uređajem s obzirom na različite uvjete gađanja (kontrolni uvjet, uvjet internog fokusa pažnje i uvjet eksternog fokusa pažnje), te karakteristike kretanja vrijednosti pažnje i opuštenosti kod početnika i vrhunskih streličara prilikom najbolje izvedbe (postizanja pogotka od 10 krugova). Prema rezultatima, u uvjetu eksterno usmjerenog fokusa gađanja, obje grupe (SP i VS) imale su bolje rezultate u odnosu na ostala dva uvjeta, veći broj 10-ki (VS), odnosno veći broj 9-ki i manji broj 0 (SP). Više vrijednosti pažnje i opuštenosti u uvjetu eksterno usmjerenog fokusa gađanja izmjerene su kod vrhunskih streličara, dok su početnici više vrijednosti postizali u uvjetu interno usmjerenog fokusa gađanja. Prilikom postizanja najvišeg pogotka, vrhunski streličari bilježili su najviše i rastuće vrijednosti pažnje i opuštenosti mjerene mobilnim EEG uređajem, za razliku od početnika koji su demonstrirali padajuće vrijednosti prilikom tijeka gađanja.
Ključne riječi: streličarstvo, početnici, vrhunski sportaši, EEG, fokus pažnje

SUMMARY

The studies confirm that instructions and feedback that induce external focus of attention (oriented on movement outcome) result with greater efficiency in motor performance and learning regarding internal focus of attention (oriented on bodily dimensions). Advantages and differences between external and internal focus of attention have been proved also in different levels of sport expertise. One of the approach of mental concentration are different psychophysiological measures such as electroencephalogram (EEG), which is considered to be a valid psychophysiological indicator of attention. The number of commercially available EEG devices with confirmed applicative validity is growing by the day. The main goal of this research was to establish optimal focus of attention and the values of attention and meditation (measured with BCI device) responsible for highest scores in begginer and elite archers. In this study, all male subjects (N=10 in each group) were divided in the two groups: elite archers and beginner archers. Single channel EEG system Mindwave Mobile (MindWave®, NeuroSky, Inc. U.S.A.) and MindPlay Pro Softwer were used in order to record and save the brain waves into the computer. Algorithms were used in order to process the signals and calculate levels of attention and meditation every second. The testing included three different conditions: U1 - freely oriented focus of attention, U2 – internally oriented focus of attention, and U3 – externally oriented focus of attention. The subjects first undertook the C1 condition, and afterwards the next two conditions were randomly decided. According to the hypothesis, the main goal was to investigate the effect of external and internal focus of attention on precision of the shots in both beginners and elite archers, the values of attention and meditation measured with the EEG concerning different conditions of shooting (control, external focus of attention, internal focus of attention), and characteristics and values of attention and meditation levels during shooting the highest point (10) in both groups.

According to the results, in externally focused condition, both groups had better results than in other conditions, higher number of 10 points (elite), and higher number of 9 points and lesser number of 0 (beginners). Higher values of attention and meditation in externally oriented focus of attention were found in elite archers, while beginners achieved higher values in internally oriented condition. When shooting the highest point (10), elite archers had higher and ascending values of attention and meditation, while beginners demonstrated descending attention values.

Key words: archery, beginners, elite athletes, EEG, focus of attention

SADRŽAJ

1. Uvod 2

1.1. Sve u zlato 2

1.2. Fokus pažnje 3

1.3. EEG mjerenja u streličarstvu i Neurofeedback trening sportaša 5

2. Dosadašnja istraživanja 8

2.1. Fokus pažnje 9

2.2. EEG istraživanja 12

2.3. BCI MindWAve NeuroSky (Validnost uređaja) 16

2.4. Neurofeedback 17

2.5. Motoričko učenje 20

2.6. Flow 22

2.7. Psihološka i Psihofiziološka istraživanja u streličarstvu 22

3. Cilj i hipoteze 26

4. Metode rada 27

4.1. Uzorak ispitanika 27

4.2. Uzorak varijabli 27

4.3. Aparatura 28

4.4. Eksperimentalna procedura 31

4.5. Statistička obrada 33

4.6. Upitnik 33

5. Rezultati i Rasprava 34

5.1. Deskriptivni parametri pogodaka kod vrhunskih streličara 34

5.2. Deskriptivni parametri pogodaka kod streličara početnika 34

5.3. Odnos uvjeta gađanja i pogodaka kod vrhunskih streličara i kod streličara početnika 36

5.4. Vrijednosti pažnje i opuštenosti u različitim uvjetima fokusa pažnje kod početnika i kod vrhunskih streličara 41

5.5. Razlike u vrijednostima pažnje i opuštenosti između vrhunskih streličara i streličara početnika 47

6. Zaključak 53

7. Literatura 57

1. UVOD

1.1 Sve u zlato

Od svog postanka, kao trećeg najvažnijeg izuma čovječanstva uz vatru i govor (Kinney, 2005.), preko istočnih filozofija, do legendi poput antičkog Odiseja i srednjovjekovnog Robina Hooda, cilj gađanja lukom i strijelom uvijek je bio što preciznije pogoditi središte mete. Taj faktički i simbolični zadatak jednak je od početka upotrebe luka i strijele kao oružja za osnovno preživljavanje, pa sve do današnje sofisticirane opreme i svjetskih rekorda uvijek s istom namjerom: što točnije ponavljati isti pokret i postići isti položaj strijele u prostoru (meti). Na posljednjim održanim Olimpijskim igrama u Rio de Janeiru, Koreanac Kim Woojin postigao je novi svjetski rekord s 700 krugova od mogućih 720. Prosječna jačina luka kod muškaraca iznosi oko 50 funti (približno 25 kg), a prosječna težina luka oko 4 kilograma. Vrhunski streličari tijekom treninga ispucaju oko 300 strijela, što iznosi preko 7 tona tereta. Strijela teška otprilike 20 grama leti brzinom 240 km/h. Olimpijski turnir podrazumijeva natjecanje na udaljenosti od 70 m, prilikom čega je centar mete (krug od 10 bodova) veličine 12 centimetara. Pod uvjetom da je tehnički dio gađanja savršeno odrađen, streličar smije pomicati ruku za manje od jedne desetine stupnja kako bi strijela pogodila desetku. Zar to nije zadivljujuće? Što je sve potrebno za takvo postignuće?

Kineziološka analiza streličarstva identificira monostrukturalnu acikličnu aktivnost kod koje dominira statični položaj donjeg dijela tijela te diskretni aktivni rad gornjeg dijela tijela (ruku i ramenog pojasa) podijeljen u nekoliko faza odnosno elemenata tehnike (Vrbik i sur, 2015., Mann i Littke, 1989.). Vrhunska izvedba streličarske tehnike karakterizirana je sposobnošću repetitivnog pogađanja istog cilja (istog mjesta) u određenom vremenu s visokom točnošću i preciznošću (Leroyer, Hoecke i Helal, 1993., Martin, Sieler i Hoffman, 1990.). Streličar gura luk s ispruženom prednjom rukom koja je statički usmjerena prema meti, dok stražnja ruka dinamički povlači tetivu luka od početka faze povlačenja, sve do dinamički izvedenog otpuštanja (Leroyer i sur; 1993.). Otpuštanje mora biti dobro uravnoteženo (između prednje i stražnje ruke), te lako i točno ponovljivo, kako bi se postigli primjetni rezultati na natjecanju (Nishizono, Shibayama, Izuta i Saito, 1987.). Različiti autori dijele tehniku u nekoliko osnovnih faza, odnosno elemenata. Kod Nishizonoa i suradnika (1987.) tehnika se dijeli u šest faza: prihvat luka, nateg, puni nateg, nišanjenje, otpuštanje i praćenje leta strijele *follow-through*. Leroyer (1993.), Martin (1990.) i Ganter (2010.) dijele tehniku na tri osnovne faze: stav, nateg i nišanjenje. Lee i Bondt (2005.) razlikuju osam elemenata tehnike: priprema, nateg, sidrenje, punjenje, nišanjenje i otvaranje, otpuštanje, te praćenje leta strijele. Frangilli i

Frangilli (2005.) navode 11 elemenata: pozicija stopala i tijela u odnosu na metu, pozicija ruke s lukom, pozicija prstiju na tetivi, poravnanje ciljnika s linijom luka i mete, poravnanje ramena i ruke u kojoj držimo luk, sidrenje, kontrola tenzije mišića leđa, poravnanje ramena i ruke u kojoj držimo luk, guranje ciljnika u smjeru mete i otpuštanje. Svjetska federacija (WA, 2014.) ističe 4 glavne faze tehnike s preklapajućim elementima unutar svake pojedine faze: pripremna faza (stav, stavljanje strijele na tetivu, hvat tetive, prednja ruka, predpostavljanje tijela, podizanje luka i prednateg), faza generiranja sile (prednateg, puni nateg - sidrenje, otvaranje), faza kritičnog momenta (sidrenje, otvaranje, nišanjenje i otpuštanje) te završna faza (praćenje leta strijele i opuštanje) (Čižmek, 2007.).

Ključni čimbenici uspješnosti u streličarstvu uključuju opće (snaga, izdržljivost, ravnoteža, fleksibilnost) (Acikada, Ertan i Tinazci, 2004.) i specifične motoričke sposobnosti (intermuskularna koordinacija, ritam, *timing* i preciznost), te različite psihološke faktore od kojih su najvažniji koncentracija, relaksacija i različiti tipovi pažnje (Zeplin, Galli, Visek, Durham i Staples, 2014.) popraćeni vizualnim fokusiranjem (Acikada i sur. 2004., Lee, 2009.). Uz mentalnu pažnju (Caterini, 1993.), streličarstvo je povezano s vizualnom i selektivnom pažnjom. Prilikom gađanja mentalna pažnja prevladava tijekom prvog dijela izvođenja aktivnosti, no vizualna pažnja igra glavnu ulogu tijekom kasnijeg dijela gađanja. Selektivna pažnja važan je faktor tijekom stanja povišene napetosti i anksioznosti (npr. tijekom natjecanja), kada vanjski i unutarnji šumovi mogu biti smetnja za streličara (Lee 2009.). Iz navedenog proizlaze sljedeća pitanja: na što točno usmjeriti pažnju tijekom gađanja za postizanje optimalnih rezultata? Treba li pažnja biti jednako usmjerena kod početnikakao i kod naprednih i vrsnih streličara? Mogu li komercijalna „mozak-računalo“ sučelja omogućiti praćenje razina pažnje kod sportaša i putem povratne informacije omogućiti održavanje optimalne izvedbe? Ako je vrsna izvedba u pojedinoj aktivnosti povezana sa određenim (specifičnim) EEG profilom, takvo saznanje pomoglo bi razumijevanje kortikalnih procesa koji su u pozadini te izvedbe (Thompson i sur., 2008.) i omogućilo trenerima specifičnije i preciznije programiranje treninga s ciljem vrhunskog rezultata.

1.2. Fokus pažnje

Mnogi sportaši žele postići vrhunski rezultat te visok stupanj izvedbe u izabranom sportu, međutim samo nekolicina u tome i uspije, što je povezano sa vrlo velikim brojem različitih utjecajnih čimbenika, od posjedovanja specifičnih antropoloških karakteristika, pravovremenog *timinga,* različitih materijalno-financijskih ograničenja do vrhunske logistike. U samom centru sportskog ekosustava nalazi se sportaš koji s trenerom na temelju

znanstvenih spoznaja i ekspertize čini osnovnu radnu jedinicu. Usvajanje, usavršavanje i demonstracija odnosno izvedba kompleksne motoričke vještine unutar različitih okolinskih i drugih stresnih uvjeta iznimno je složeno okruženje za samog izvođača – sportaša (Singer, 2000.). Razumijevanje mehanizma i varijabli odgovornih za utjecaj na izvedbu i učenje pripada teorijskoj perspektivi – istraživaču (Singer, 2000; Wulf, 2013.). Između jednih i drugih, poput posrednika, nalaze se treneri koji su odgovorni da generirana istraživanja i zaključke približe na razinu smislene upotrebljivosti i korisnosti s ciljem poboljšanja izvedbe i rezultata sportaša. (Singer, 2000.).

Različiti procesi pažnje smatraju se ključnim psihološkim faktorima važnima za učenje vještine (Neumann i Thomas, 2009; citirano prema Abernethy i sur. 2007.). U literaturi se pažnja opisuje kao sposobnost izbora važnih podražaja i selektivnog strukturiranja unutar percepcije (Memmert, 2009), odnosno kao hipotetski proces organizma koji olakšava selekciju relevantnih podražaja iz okoline i rezultira reakcijom na njih u odnosu na isključivanje ostalih podražaja (Andreassi, 2007.). Postoje različite kategorije pažnje, među kojima je selektivna pažnja najistraženija unutar područja sporta. Razlog tome je u činjenici da se jedna od podkategorija selektivne pažnje odnosi na davanje uputa iz smjera trener – sportaš (Memmert, 2009.), kada trener ima nevjerojatnu mogućnost usmjeravanja sportaševe pažnje. Veliki broj istraživanja u sportu bavila su se čimbenicima koji pospješuju motoričko učenje poput promatranja izvedbe i izvođenja, davanja povratne informacije, samo-određujuće prakse, te fokusa pažnje (Wulf i sur. 2010.). Tijekom godina istraživanja, fokus pažnje promatran je iz raznih aspekata te je okarakteriziran kao asocijativan (fokusiran na tjelesne osjete) ili disocijativan (blokiranje osjeta nastalih fizičkim naporom), prema širini (širok ili uzak), te prema smjeru (interni ili eksterni). Mnoga istraživanja u sportu bavila su se usmjeravanjem fokusa pažnje: u golfu, košarci, bejzbolu, tenisu, pikadu, plivanju, skoku u vis, odbojci i nogometu (An, Wulf i Kim, 2013; Lohse i sur., 2013; Peh, Chow i Davids, 2011.) Često svjedočimo situacijama u kojima se upute trenera odnose na formu pokreta odnosno interni fokus (npr. „digni lakat“ ili „drži noge paralelno“) (Vickers, 2010.). Međutim, istraživanja potvrđuju da upute ili povratne informacije koje induciraju eksterni fokus pažnje (usmjeravajući sportaševu pažnju na efekte pokreta) rezultiraju većom efikasnošću motoričke izvedbe i učenja u odnosu na interni fokus pažnje (usmjeren na kretnje tijela). Prednosti i razlike eksternog fokusa pažnje nad internim fokusom dokazane su u usporedbi različitih nivoa sportske ekspertize (vrhunski sportaši u odnosu na one srednjeg nivoa ili početnike), (An, Wulf i Kim, 2013; Neumann i Thomas, 2011; Memmert, 2010; Vickers, 2010; Wulf i Su, 2007.), te u uvjetima retencije i transfera (Carpenter i sur., 2012.). Proučavan je i odnos

između različitih psihofizioloških mjera i fokusa pažnje u odnosu na rezultat u pojedinim sportovima. U uvjetima eksternog fokusa, iskusni i elitni igrači golfa imali su smanjenu frekvenciju srca neposredno prije samog udarca u odnosu na početnike (Neumann i Thomas 2011.). Veća kretna varijabilnost, smanjena EMG aktivnost mišića nadlaktice, te povećana ekonomičnost pokreta primijećena je kod igrača pikada (Lohse i sur. 2013; Lohse, Sherwood i Healy, 2010.), košarkaša (Zachry i sur; 2005. citirano prema Wulf, 2007.), te prilikom pregiba podlaktice (Vance i sur; 2004. i Marchant i sur. 2006., prema Wulf, 2007.). Navedeno upućuje na to da eksterni fokus oslobađa unutarnje sustave funkcioniranja na optimalnom nivou, dok interni fokus zapravo koči upotrebu sportaševih prirodnih potencijala. Svjesni pokušaj kontroliranja pokreta (interni fokus) ometa automatiziranu motoričku kontrolu, dok fokusiranje na udaljene efekte pokreta (eksterni fokus) omogućava motoričkom sustavu prirodniju samoorganizaciju neometanu od strane svjesnog (An, Wulf i Kim, 2013; Vickers, 2010.).

1.3. EEG mjerenja u streličarstvu i Neurofeedback trening sportaša

Maksimalni razvoj motoričkih i funkcionalnih sposobnosti, detaljan izbor morfološkog tipa i sastava tijela, najrazličitiji trenažni operatori i sadržaji, te precizna mehanika pokreta već su dulje vrijeme sastavni dio vrhunskog sporta. S druge strane, s obzirom na sve manji prostor razlika između sportaša, mentalni aspekt sve više dolazi do izražaja, ne samo kao dopunski dio cjelokupnog treninga već kao jednakopravni (jednakovrijedni) dio tog integralnog sustava. Streličarstvo se, uključujući srodne sportove poput streljaštva i golfa, ubraja u samo-tempirajuće aktivnosti (Singer, 2000.) u kojima su situacije vrlo stabilne i predvidive. Unutar dozvoljenog ograničenja, postoji određeno vrijeme u kojem se streličar može posvetiti sebi i proći kroz potrebnu mentalnu rutinu prije i tijekom izvođenja samog pogotka. Ponavljanje uvijek istih radnji na isti način i na istom mjestu (specifična prostorna i vremenska koordinacija) posvećeno je razvoju dosljednosti ne samo tijekom pripremne faze, već i tijekom izvođenja pogotka i faze ispraćaja strijele (*follow-through*) (Singer, 2000; Čižmek, 2007.). U odnosu na svoju relativnu strukturalnu statičnost, u streličarstvu se ističe iznimno značenje sljedećeg: izuzetno precizno izvođenje tehnike (specifična preciznost i koordinacija te osjećaj za pravovremenost i ritam), mogućnost maksimalnog utišavanja uma bez ometajućih misli i što je moguće veću mirnoću tijela te minimalne otklone u prostoru (tijekom faze kritičnog momenta i neposredno prije završne faze). Iz navedenih razloga, mentalni dio „igre“ u streličarstvu ima vrlo važnu, a često i dominantnu ulogu.

Jedan od pristupa za procjenu koncentracije su različita psihofiziološka mjerenja (procjenjivanje psiholoških stanja putem mjerenja fizioloških reakcija poput EEG-a, EMG-a, EKG-a, elektrodermalne aktivnosti i dr.) i danas se ona mogu provoditi relativno neometano za sportaša, objektivna su i ne zahtijevaju upotrebu dodatnih zadataka (Neumann i Thomas, 2011; Lee, 2009; Sowden i Barett, 2006., Andreassi, 2007.). Prema Kaiseru (2008.), ljudski mozak je najotpornija i najprilagodljivija struktura u prirodi - izvor je svih naših emocija, percepcija, misli i ponašanja. Sastavljen je od stotina milijardi mikroskopskih elemenata (neurona), koji se služe kemijskim porukama u svrhu reguliranja električne aktivnosti po cijelom mozgu i pritom omogućili komunikaciju mozga sa samim sobom kao i s ostatkom tijela. Električna aktivnost neurona u mozgu proizvodi struje koje dolaze do kože glave. Elektroencefalogram (EEG) je grafički prikaz aktivnosti neurona koji se može mijenjati obzirom na stanje promatrane osobe. Različite moždane aktivnosti stvaraju valove različitih frekvencija. Općenito, moždani valovi dinamično variraju i njihove se frekvencije mijenjaju ovisno o mentalnom i emocionalnom stanju pojedinca (Lee, 2009; Andreassi, 2007; Kaiser, 2008.). Delta valovi (0–3Hz) podrazumijevaju duboko spavanje bez snova, bez REM-stanja, stanje nesvijesti; theta valovi (4-7Hz) odnose se na intuitivno, kreativno stanje, prisjećanje, fantaziranje, zamišljanje, sanjarenje, prvi san i sl.; alpha valovi (8–12Hz) odnose se na opušteno, smireno i svjesno stanje; niski beta valovi (12-15Hz) ili senzorno-motorički ritam odnose se na opušteno i fokusirano stanje, srednji beta valovi (16-20Hz) odnose se na razmišljanje, svjesnost sebe i okoline, te visoki beta valovi (21-30Hz) podrazumijevaju budnost, stanje pripravnosti, opreznost i uznemirenost.

EEG se smatra validnim psihofiziološkim indikatorom pažnje (Landers, 1991.) Nekoliko se istraživanja bavilo proučavanjem EEG vrijednosti u metnim sportovima poput streličarstva (Vrbik A. i sur; 2015; Paul i sur; 2011; Lee, 2009; Kim i sur; 2008.), i streljaštva (Doppelmayr i sur. 2008; Loze i sur; 2001; Hillman i sur; 2000.), te u golfu (Babiloni i sur; 2008; Arns i sur; 2008; Crews i Landers; 1993.) koristeći idealne uvjete za EEG snimanje s obzirom na kratki period mirovanja neposredno prije otpuštanja/okidanja/udarca (Thompson i sur; 2008.). Pronađeni su dvojaki prediktori optimalne izvedbe koji su se očitovali kao razlika između ekspertne i ne-ekspertne izvedbe u smislu ekonomičnosti kortikalnog procesiranja na strani eksperata, te EEG razlike prije otpuštanja između uspješnih i neuspješnih izvedbi. U posljednje vrijeme provode se intenzivna istraživanja u području povezivanja aktivnosti mozga i računala koja se nazivaju „mozak – računalo“ sučelje (engl. Brain Computer Interface – BCI). BCI interpretira i klasificira signale koji se dobivaju snimanjem električne aktivnosti mozga, omogućava obradu podataka u realnom vremenu, te pruža povratnu

informaciju kako bi se moglo što brže reagirati (Reboledo Mendez i sur; 2009.). Sve je veći broj komercijalnih mobilnih EEG uređaja, s potvrđenom aplikativnom validnosti (Ferreira i sur; 2014; Haapalainen i sur; 2010; Reboledo Mendez i sur; 2009.). U streličarstvu se testirala koncentracija i opuštenost tijekom gađanja koristeći se algoritmima pažnje i meditacije jednokanalnog EEG uređaja (Lee, 2009; Vrbik i sur; 2015.). Dobiveni rezultati ukazali su na više i rastuće vrijednosti pažnje i opuštenosti prilikom otpuštanja kod elitnih streličara u odnosu na one srednjeg nivoa (rastuće vrijednosti pažnje, padajuće vrijednosti opuštenosti) (Lee, 2009.), te više vrijednosti pažnje kod streličara složenog luka u odnosu na one zakrivljenog luka (Vrbik i sur; 2015.). Već četrdesetak godina provode se istraživanja koja se bave EEG biofeedbackom, odnosno neurofeedbackom (Pop-Jordanova i Demerdzieva, 2010; Hammond, 2007; Raymond i sur; 2005.). Današnja tehnologija uznapredovala je do jednostavnijih, mobilnih i komercijalno pristupačnih EEG uređaja sa sučeljem koji putem različitih aplikacija mogu biti dostupni čak i na pametnom telefonu. Neurofeedback trening temelji se na paradigmi operantnog uvjetovanja, prilikom čega pojedinac uči kako utjecati na električnu aktivnost (frekvenciju, amplitudu i sinhronizaciju) svog mozga, što znači da je moguće ciljanim podražajem regulirati električnu moždanu aktivnost (Pop-Jordanova i Demerdzieva, 2010; Vernon, 2005; Masterpasqua i Healey, 2003.), uz posljedičnu promjenu u funkcioniranju mozga (kako bi bilo poželjno). Postoji nekoliko područja u sportu za koja neurofeedback trening može imati posebno značenje, poput pojačanja koncentracije i pažnje, smanjivanje anksioznosti, poboljšanje kontrole nad emocijama, te poboljšanja tjelesne ravnoteže (Hammond, 2007.).

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Nakon definiranja problema, pristupljeno je pregledu dosadašnjih istraživanja koja su sažeta i kronološki poredana u ovom poglavlju po podnaslovima obzirom na područje koje su istraživali. Unutar podnaslova *Fokus pažnje*, obrađen je jedan pregledni rad na temu pažnje u sportu, četiri pregledna rada koja se tiču fokusa pažnje, te tri rada vezana za fokus pažnje i sportove strukturno slične streličarstvu. Pod podnaslovom *EEG istraživanja*, nalaze se tri rada vezana za EEG mjerenja u streličarstvu, tri rada vezana za EEG mjerenja u strukturno sličnim sportovima poput golfa i streljaštva, te tri rada koja obuhvaćaju pregledne radove na temu s posebnim osvrtima na EEG principe, metodologiju te karakteristike alfa moždanih valova. Potpoglavlje *BCI MindWave NeuroSky* odnosi se na radove u kojima je testirana validnost uređaja koji se koristi za mjerenje u ovom radu. Predstavljen je izbor od pet radova koji su se bavili odnosnom mjere pažnje mjerene uređajem i samoprocjene nivoa pažnje, te karakteristikama pažnje mjerene uređajem u odnosu na kognitivno opterećenje. Validnost uređaja dokazana je u svim radovima. Potpoglavlje *Neurofeedback* obuhvatilo je pregled nekoliko radova vezanih uz neurofeedback trening u streličarstvu, streljaštvu – zračni pištolj i golfu, te prikaze uspješnih neurofeedback treninga s posljedicom smanjenja anksioznosti i mentalnih šumova. Potpoglavlje *Motoričko učenje* obuhvatilo je nekoliko preglednih radova koji su se vrlo opširno bavili različitim teorijama motoričkog učenja, pokretom kognitivne psihologije odnosno njenom praktičnom i teorijskom primjenom u sportu, te drugim različitim aspektima koji pospješuju motoričko učenje i motorički izvedbu. Potpoglavlje pod nazivom *Flow* obuhvaća dva rada u kojima je potanko objašnjeno i definirano stanje i karakteristike vezane za pojam „flow“-a, ili zone. Postoje nebrojeni anegdotalni navodi samih sportaša o stanju flow-a ili zone u kojemu postižu najbolje rezultate, ne razmišljajući o svojim pokretima izvodeći aktivnost ili pokret automatizirano. Za navedeno postoji cijeli niz znanstvenih dokaza o situacijama u sportovima poput streličarstva u kojima nema promjena u vanjskoj vizualnoj informaciji, dovoljno dugo i precizno usmjereno vrijeme tihog oka stvara osjećaj flowa. Nesumnjivo je da takvo stanje prati specifičan uzorak moždanih valova (i ostalih psihofizioloških pokazatelja). Potpoglavlje *Psihološka i psihofiziološa* istraživanja u streličarstvu obuhvatila su tri rada vezana za uvođenje sportskog psihologa u streličarsku ekipu, te upitnike za procjenu stanja streličara povezanih sa optimalnom i ne-optimalnom izvedbom. Dva rada obrađuju psihofiziološka mjerenja (EKG i EMG) u odnosu na rezultat, odnosno tehniku gađanja.

Svi izdvojeni radovi u nastavku predstavljaju dijelove slagalice koji su bili neophodni za provedbu istraživanja i pisanje rada.

2.1. Fokus pažnje

1. Memmert je 2008. napisao pregledni članak o vizualnoj pažnji u sportu. Temeljeći se na nedavnim otkrićima u neuroznanosti, pažnju možemo podijeliti na četiri zasebna subprocesa, od kojih svi variraju kod pojedinaca u određenoj mjeri: usmjeravanje pažnje, selektivna pažnja, podijeljena pažnja i kontinuirana pažnja. Prema ovoj podjeli pregledani radovi su kategorizirani odnosno sistematizirani. Također, predstavljen je kritički osvrt na mjerenja i ograničenja kod pregledanih studija. Nastavno na to, konceptualni i metodološki problemi vezani za pažnju u području sporta dodatno su obrađeni s prijedlozima i mogućim dopunama. Konačni cilj rada bio je prikazati kako se znanost o kretanju kod čovjeka može koristiti važnim uvidima iz drugih grana discipline (npr. socijalne psihologije), kako bi se testirali i optimizirali programi sportskog treninga.
2. Wulf i Prinz su 2001. napisali pregledni članak o usmjeravanju pažnje na učinke pokreta i utjecaju na učenje. U članku su navedeni radovi u kojima je dokazana prednost eksternog fokusa pažnje (usmjerenog na efekte pokreta) u odnosu na interni fokus pažnje (usmjeren na same kretnje) prilikom motoričkog učenja. Uz to, uobičajena teoretska pretpostavka vezana za sam proces učenja kako je tijekom motoričkog učenja (barem u ranim fazama) potrebno svjesno uplitanje odnosno svjesno procesiranje informacija da bi onaj koji uči zadobio adekvatni dojam (sliku) same izvedbe, na temelju pregledanih radova i istraživanja je za autore upitna. Stoga, uz dodatnu potvrdu *Commom-coding* teorije (Prinz 1990, 1997.) u svom radu vezanom za fokus pažnje predlažu usmjeravanje fokusa pažnje što je dalje moguće (eksterno) i da se onome koji uči omogući povezivanje efekata svojih radnji sa pokretima (s obzirom da je to veza koja se treba naučiti).
3. Wulf je 2007. u preglednom članku proučavala studije koje su se bavile individualnim fokusom pažnje i njegovim utjecajem na motoričku izvedbu i motoričko učenje. U tim studijama, unutar desetak godina istraživanja, predstavljeni su dokazi da je eksterni fokus pažnje (fokus usmjeren na efekte pokreta) kudikamo učinkovitiji u odnosu na interni fokus pažnje (fokus usmjeren na kretnje). Prednosti korištenja eksternog fokusa, induciranog bilo instrukcijama (uputama) ili povratnom informacijom,

prikazane su na različitim motoričkim sposobnostima, nivoima sposobnosti te različitim populacijama (uključujući osobe sa motoričkim oštećenjima). Zaključci upućuju na to da eksterni fokus promovira automatizaciju pokreta unutar kretne kontrole, s posljedičnim unapređenjem učinkovitosti i djelotvornosti motoričke izvedbe. Također je dokazano da individualni fokus pažnje ne utječe samo na izvedbu privremeno, već i da utječe na učenje motoričke vještine.

4. Peh, Chow i Davids su 2011. napisali pregledni članak o eksternom i internom fokusu pažnje. U svom radu prikazali su reprezentativni sažetak empirijskih istraživanja vezanih za fokus pažnje, predstavljajući radove koji su istraživali sljedeće: balans na ski simulatoru i stabilometru; učenje elemenata iz golfa, odbojke, američkog nogometa i tenisa; preciznost u košarci; brzine na pedalometru; igranje pikada i drugih. Unatoč literaturi koja dokazuje kako je eksterni fokus pažnje kao uvijek bolji izbor u odnosu na interni fokus pažnje, autori iznose sumnju u navedeno, posebno u slučajevima uvođenja novog zadatka potpunim početnicima ili uvođenja određenih ograničenja unutar zadatka. Autori predlažu uvođenje upitnika kako bi se mogla provjeriti prikladnost i prihvaćanje instrukcijske intervencije. Također predlažu pisanje protokola istraživanja kako bi se mogla istražiti interakcija različitih fokusa pažnje tijekom različitih faza učenja kod različitih pojedinaca, odnosno kako različite instrukcije pažnje mogu biti učinkovite tijekom različitih faza učenja.
5. Wulf je 2013. u preglednom članku obradila osamdesetak eksperimenata koji su se bavili odnosom između eksternog i internog fokusa pažnje. Pronađeno je da se prednosti izvedbe i učenja putem eksternog fokusa potaknutog instrukcijama ili povratnom informacijom protežu preko različitih tipova zadataka, razina vještine i uzrasta. Prednosti eksternog fokusa vidljive su u kretnoj efikasnosti (preciznost, konzistentnost, balans) i učinkovitosti (mišićna aktivnost, ispoljavanje sile, kardiovaskularne reakcije). Obrađeni su i metodološki pristupi i rješenja, trenutno shvaćanje temeljnih mehanizama fokusa pažnje te smjernice za buduća istraživanja.
6. Lohse, Sherwood i Healy (2010.) naveli su u svom radu kako dosadašnja istraživanja ukazuju na prednost eksternog fokusa nad internim fokusom pažnje u procesu motoričke kontrole i učenja. Upućivanje ispitanika na fokusiranje na posljedice svojih radnji, za razliku od fokusa na pokrete tijela, može pospješiti izvedbu tijekom treninga i retencije. U svojoj studiji s 12 ispitanika, željeli su se posvetiti istraživanju kvalitete samog pokreta, za što su koristili površinsku elektromiografiju s analizom pokreta i mjerama ishoda tijekom igre pikada. Time je ovo istraživanje postalo prvo koje se

bavilo analizom promjena u motoričkoj izvedbi kao funkciji fokusa pažnje. Eksterni fokus pažnje doveo je do bolje izvedbe (manje grešaka), do skraćenog vremena pripreme između bacanja, te do smanjene EMG aktivnost troglavog mišića nadlaktice. Također je pronađena povećana varijabilnost kinematičkih mjera ramenog zgloba tijekom eksternog fokusa u odnosu na interni fokus. Zaključno, rezultati upućuju na poboljšanu ekonomičnost pokreta putem eksternog fokusa pažnje.

7. Lohse, Jones, Healy i Sherwood su 2013. proveli eksperiment na 15 ispitanika koji su igrali pikado. Eksterni fokus pažnje kod igrača izazvao je točniju izvedbu i povećanu varijabilnost u pokretu ruke koja baca strelice, prateći visoke korelacije kod tjelesnih dimenzija (pozicija i brzina ramena, lakta i šake) u skladu s kinematikom zadatka. Zaključci indiciraju promjenu u smjeru kontrole motoričkog sustava, u skladu s predloženom teorijom. Ovi rezultati upućuju na važnu ulogu pažnje kao kontrolnog parametra u regulaciji motoričkog sustava, te šire prikazuju važnost kognitivnog mehanizma u motoričkom ponašanju.
8. An, Wulf i Kim (2013.) istraživali su učinke fokusa pažnje na učenje forme pokreta, maksimalnu udaljenost i X-faktor istezanje (odnos kuta između ramena i kukova odnosno njegovo povećanje tijekom donjeg dijela zamaha) u slabijih igrača golfa. X-faktor istezanje i maksimalna daljina udarca povezivani su s preranim pomakom težine na prednju nogu tijekom donjeg dijela zamaha. U njihovom istraživanju, jedna je grupa (interni fokus) bila instruirana na fokusiranje težine na njihovu lijevu (prednju nogu) tijekom udarca loptice palicom, dok je druga grupa (eksterni fokus) instruirana na fokusiranje guranja lijevom stranom o tlo. Kontrolnoj grupi nisu dane nikakve instrukcije fokusa pažnje. Ispitanici su izveli sto pokušaja, a učenje je procijenjeno nakon tri dana, retencijskim testom bez davanja instrukcija fokusa. Grupa eksternog fokusa postigla je veće udaljenosti, veće x-faktor istezanje i veće kutne brzine zdjelice, ramena, te ručnog zgloba u odnosu na grupu internog fokusa i kontrolnu grupu koje su imale vrlo slične rezultate. Dobiveni su rezultati upućivali na sljedeće: ishod pokreta i sama forma pokreta mogu biti poboljšani tijekom učenja kompleksne vještine primjenom odgovarajućeg eksternog fokusa. Nadalje, dobiveni rezultati također su pokazali da jedan znak eksternog fokusa može biti dovoljan za efektivno provođenje koordinacijskog obrasca cijelog tijela.

2.2. EEG istraživanja

1. Salazar je 1990. koristio streličare (njihovo stanje pažnje) kako bi istražio postoji li asimetrija između hemisfera mozga, hoće li se usporiti otkucaji srca tijekom nišanjenja, te hoće li to utjecati na izvedbu. Frekvencija srca, te mjerenja lijevog i desnog temporalnog EEG-a snimljena su kod 28 streličara prilikom gađanja 16 strijela. Dobiveni su sljedeći rezultati: nije bilo usporavanja rada srca; tijekom nišanjenja EEG alpha aktivnost prevladavala je kao dominantna frekvencija i to značajno više u lijevoj hemisferi u odnosu na desnu; nije bilo značajno viših razlika u spektralnoj jakosti desne hemisfere 3 sekunde prije otpuštanja do trenutka otpuštanja, ali bilo je značajnih povećanja na 10, 12 i 24 Hz 1 sekundu prije otpuštanja u lijevoj hemisferi; nije bilo značajnih razlika u spektralnoj jakosti u desnoj hemisferi između najboljih i najlošijih pogodaka, ali bilo je značajnih razlika u lijevoj hemisferi na 6, 12 i 28 Hz.
2. Lee je 2009. je proveo istraživanje koristeći MindWave jednokanalni EEG uređaj sa 14 streličara procjenjujući njihove nivoe pažnje i relaksacije tijekom gađanja. Algoritmi pažnje i meditacije koristili su se kao izlazne varijable koje su predstavljale mentalna stanja i nivoe pažnje i relaksacije. Elitni, srednji rang i početnici streličari bili su mjereni tijekom treninga na kratkim i dugim udaljenostima (standardnim) gađanja. Četiri tipa varijacija su definirana bazirajući se na rastućim i padajućim vrijednostima pažnje i meditacije tijekom gađanja: rastuće vrijednosti pažnje i meditacije, rastuće vrijednosti pažnje i padajuće vrijednosti meditacije, padajuće vrijednosti pažnje i rastuće vrijednosti meditacije, te padajuće vrijednosti pažnje i meditacije. Vrhunski streličari pokazali su rastuće vrijednosti i kod pažnje i relaksacije, dok su streličari srednjeg ranga pokazali povišene vrijednosti pažnje, ali smanjene vrijednosti relaksacije. Elitni streličari su također pokazali više nivoe pažnje tijekom otpuštanja od onih srednje razine i početnika. Nivoi pažnje i relaksacije mogu se upotrijebiti za kategoriziranje streličara i za omogućavanje povratne informacije tijekom treninga.
3. Vrbik A., Bene i Vrbik I. su 2015. proveli istraživanje s ciljem prezentacije vrijednosti jednokanalnog mobilnog EEG-a i vrijednosti frekvencije srca tijekom gađanja osam vrsnih streličara. Istraživane su potencijalne razlike u navedenim varijablama u odnosu na postignuti rezultat između dvije vrste streličara: s zakrivljenim i složenim lukom. Dodatna vrijednost ovog rada bila je i pregled svih radova koji se tiču psihofizioloških mjera unutar streličarstva. Deskriptivna statistika pokazala je kako streličari sa

složenim lukom postižu bolje pogotke, imaju više vrijednosti frekvencije srca prije, tijekom i nakon otpuštanja/okidanja, imaju više vrijednosti koncentracije/pažnje (mjerene BCI uređajem) prije, tijekom i nakon otpuštanja/okidanja, i vrlo slične vrijednosti opuštenosti prije, tijekom i nakon otpuštanja/okidanja u odnosu na streličare sa zakrivljenim lukom. ANOVA je pokazala značajne razlike ($p<0,01$) između streličara sa složenim u odnosu na one sa zakrivljenim lukom u varijablama vrijednosti pogotka, frekvencije srca i nivoa koncentracije/pažnje. Zaključeno je kako dobiveni rezultati mogu poslužiti kao osnova za buduća istraživanja kako bi se dobili konkretni i pouzdani biofeedback protokoli koji će poboljšati ukupnu streličarsku izvedbu.

4. Crews i Landers (1993.) proveli su istraživanje kako bi utvrdili obrasce fokusa pažnje povezane s izvedbom u golfu. Vrsni igrači golfa (N=34) procjenjivani su putem EEG mjera motoričkog i temporalnog dijela kore tijekom 3 sekunde prije samog udarca. Igrači su izveli 40 udaraca na 12 stopa, i izvedba se mjerila u centimetrima greške od same rupe. Tri mjere EEG-a su analizirane: spora promjena moždanih valova, 40 Hz i relativna spektralna snaga; predstavljajući spremnost na reakciju, pobuđeni fokus, te generalna kortikalna aktivnost. Sve tri EEG mjere ukazale su na pad aktivnosti u lijevoj hemisferi, u motoričkoj kori kako su se igrači pripremali za udarac. Relativne mjere snage pokazale su značajno povećanje aktivnosti u desnoj hemisferi u motoričkom i temporalnom dijelu kore. Tijekom zadnje sekunde prije samog udarca, povišena alfa aktivnost desne hemisfere korelirala je sa i predvidjela manju grešku. Hemisferna diferencijacija bila je smanjena kako su se ispitanici pripremali za udarac, no važno je istaknuti kako su postojale razlike između motoričkog i temporalnog dijela kore i to u alfa valovima. U motoričkoj kori, alfa lijeve hemisfere se značajno povisila tijekom vremena, dok se u temporalnom dijelu alfa desne hemisfere povisila kako su se ispitanici približili samom početku udarca. Dobiveni su rezultati objašnjeni upotrebom dvije ruke za razliku od ranijih studija u kojima se koristila jedna za započinjanje reakcije.
5. Babiloni i sur. (2008.) željeli su detaljnije istražiti jesu li frontalni cerebralni ritmovi obje hemisfere uključeni tijekom izvedbe fine motoričke kontrole i balansa (ravnoteže). EEG i stabilometrijska mjerenja obavljena su na dvanaest iskusnih igrača golfa, dešnjaka. Ispitanici su stajali uspravno na stabilometrijskoj platformi na golf simulatoru i odigrali 100 udaraca. Ravnoteža je bila indeksirana otklonima tijela. Kortikalna aktivnost bila je indeksirana smanjenjem snage u spacijalno pojačanim alfa

i beta ritmovima tijekom pokreta, odnosno pred-pokret periodu. Zaključeno je da su vrijednosti otklona tijela bile slične u uspješnim i nesupješnim udarcima. Međutim, visoka frekvencija alfa snage (10-12Hz) bila je manja u amplitudi kod uspješnih u odnosu na neuspješne udarce, preko frontalne središnje linije i regije ruke i šake na desnom primarnom senzorimotornom području; što je jača bila redukcija alfa snage, manja je bila i greška neuspješnog udarca (udaljenost od rupe). Rezultati upućuju na to da visokofrekventni alfa ritmovi preko asocijativnog, premotoričkog i nedominantnog primarnog senzorimotoričkog područja služe motoričkoj kontroli i mogu predvidjeti izvedbu u golfu.

6. Hillman, Apparies, Janelle i Hatfield (2000.) proučavali su EEG aktivnost neposredno prije opaljenja kod sedam vrsnih strijelaca. Konkretnije, uzimane su vrijednosti alfa i beta spektralne snage četiri sekunde prije samog pucnja ili odustajanja od opaljenja. Odustajanje se definiralo kao rezultat samoinicijativne odluke strijelaca da maknu pušku s mete radije nego da nastave sa pucnjem. Promatrala se EEG aktivnost tijekom pripremnog perioda između provedenih pucnjeva u cijelosti i odustajanja kako bi se bolje razumjeli uključeni procesi pažnje povezani sa stanjem prije samog pucnja. Rezultati su ukazali na progresivno povećanje alfa i beta aktivnosti (mjera koja procjenjuje jakost oscilacije amplitude unutar zadanog vremena) kod odustajanja od pucnja u odnosu na provedbu pucnja, koje je bilo povećano tijekom pripremne faze. Nadalje, pronađena je povećana spektralna aktivnost u lijevoj u odnosu na desnu hemisferu i za provedene pucnjeve i kod odustajanja od pucnja, ali u različitim predjelima. Čini se da je odluka da se odustane od pucnja povezana sa neadekvatnom alokacijom neuralnih resursa povezanih s izvedbom zadatka.
7. Klimesch je 1999. napisao pregledni članak o tome kako se alpha i theta EEG oscilacije odražavaju na kognitivnu izvedbu i pamćenje. Dobra izvedba zadatka je povezana sa dva tipa EEG fenomena: tonični porast alpha, ali pad theta jakosti, i veliki fazni (*event related*) pad u alphi, ali porast u theti, zavisno od tipa memorijskog zahtjeva. Alpha valovi pokazuju velike interindividualne razlike koje su povezane s godinama i pamćenjem, te se zbog toga dvostruka disocijacija alpha u odnosu na theta i tonično u odnosu na fazično može promatrati samo ako se napuste fiksne frekvencije valova. Savjetuje se podešavanje okvira alpha i theta frekvencija za svakog ispitanika koristeći se individualnim alpha frekvencijama kao polazišnim točkama. Koristeći se takvom procedurom, moguća je konzistentna interpretacija raznih otkrića. Primjerice, na sličan način kao i s volumenom mozga, od ranog djetinjstva prema odrasloj dobi

alpha vrijednosti rastu, a theta se smanjuju, i suprotno pri starenju. Alpha vrijednosti su snižene, a theta vrijednosti povišene kod ispitanika s različitim neurološkim smetnjama. Nadalje, tijekom produljene budnosti i tijekom tranzicije od buđenja do spavanja, kada je sposobnost reagiranja na eksterne podražaje smanjena, alpha vrijednosti su snižene, a theta vrijednosti se podižu. Promjene povezane sa uvođenjem stimulusa ukazuju da je razina desinhronizacije gornje alfe pozitivno korelirana s dugotrajnom memorijom, odnosno da je theta sinhronizacija pozitivno korelirana s obradom novih informacija. Pregledana istraživanja interpretirana su na bazi moždanih oscilacija. Predlaže se da je obrada novih informacija odraz theta oscilacija hipokampalno-kortikalne feedback petlje, dok su traženje i ponovno pretraživanje dugotrajne memorije odraz oscilacija gornje alphe u talamo-kortikalnoj feedback petlji.

8. Kramer je 2007. proveo istraživanje o predviđanju izvedbe putem EEG-a i vodljivosti kože. U istraživanju je sudjelovalo pet ispitanika i pet ispitanica čiji se EEG i mjerenje vodljivosti kože provodilo prije i tijekom igranja igre koja je trebala izazvati stanje *flowa* kako bi se otkrio uzorak aktivacije koja korelira s vrhunskom izvedbom. Alpha i delta aktivnost te vodljivost kože koristili su se kao prediktori poboljšane izvedbe u videoigri. Regresijska analiza je pokazala da je viša alpha aktivnost lijeve strane mozga u odnosu na desnu pozitivan prediktor bolje izvedbe. Nisu pronađene značajne razlike što se tiče delta aktivnosti, no što se tiče vodljivosti kože pronađena je pozitivna povezanost s izvedbom. Zanimljivo je da je neočekivano pronađena povezanost theta i srednjih beta (16-20 Hz) valova s izvedbom. Viša vrijednost beta valova lijeve hemisfere u odnosu na desnu tijekom perioda mjerenja pomogla je boljoj izvedbi.
9. Thompson i sur. (2008.) napisali su članak u kojem raspravljaju o problemima koji se tiču kretanja i EEG artefakata unutar sporta. Na početku je priložen kratki pregled osnovnih principa vezanih za EEG. Potom se raspravlja o tome kako se u prethodnim studijama pokušala primijeniti EEG metodologija na istraživanja u sportu. Kao treće, uobičajeni problemi vezani za EEG mjerenja unutar sportskog konteksta predstavljeni su s praktičnim, tehnološkim i računalnim metodama za rješavanje tih problema. Zaključno, prikazani su rezultati (nekoliko) pokušaja promjena individualnih EEG očitavanja putem neurofeedbacka s ciljem poboljšanja izvedbe.

2.3. BCI Mind Wave NeuroSky (Validnost uređaja)

1. Reboledo Mendez i sur. (2009.) napisali su rad u kojem su prezentirali rezultate evaluacije NeuroSky's MindSet uređaja. Uređaj posjeduje jednu elektrodu i bazira se na elektroencefalogramskim očitavanjima (EEG), primajući električne signale generirane neuralnom aktivnosti. Električni signal duž elektrode mjeri nivoe pažnje (baziran na alfa valovima) i nakon toga ih pretvara u binarne podatke. Rezultati ovog istraživanja upućuju na to da uređaj omogućava točna očitanja što se tiče pažnje, s obzirom da je pronađena pozitivna korelacija između mjerenih i samoprijavljenih nivoa pažnje.
2. Crowley, Sliney, Pitt i Murphy (2010.) su napravili istraživanje u svrhu evaluiranja uređaja NeuroSky MindWave kao minimalno invazivnu metodu mjerenja nivoa pažnje i meditacije kod ispitanika. Dva psihološki bazirana testa (Stroop test i Tornjevi Hanoi-a) su provedena kako bi se procijenila prikladnost uređaja za mjerenje i kategoriziranje korisnikovog nivoa pažnje i meditacije. Zaključeno je kako je uređaj prikladan te da se može koristiti za praćenje emocionalnih odgovora (putem praćenja nivoa pažnje / meditacije mjerene BCI uređajem) u testnom okruženju.
3. Haapalainen, Kim, Forlizzi i Dey (2010.) prikupljali su podatke od dvadeset ispitanika sa nekoliko različitih psihofizioloških senzora i uspoređivali njihovu mogućnost procjenjivanja kognitivnog opterećenja. Fokus istraživanja bio je na vizualnoj percepciji i kognitivno brzinskim zadacima koji utječu na kognitivne sposobnosti uobičajene u *ubicomp* aplikacijama. Prezentirano je šest elementarnih kognitivnih zadataka, koji su bili organizirani na način da izazovu ili visoko ili nisko kognitivno opterećenje. Koristila su se 4 uređaja za mjerenje psihofizioloških reakcija, od kojih je jedan bio i EEG uređaj Mindwave. Dobivena je *real-time*, objektivna i generalizirajuća metoda za procjenu kognitivnog opterećenja pri kognitivnim zadacima kombinacijom svih mjerenja (provodljivost kože, praćenje zjenice oka, EKG i EEG).
4. Ferreira i sur. (2014.) istraživali su na koji se način može procijeniti kognitivno opterećenje u realnom vremenu koristeći se psihofiziološkim mjerenjima. Izrađena su dva modela za diferenciranje individualnih kognitivnih opterećenja za sve ispitanike (mlađe i starije odrasle). Dobiveni rezultati ukazuju na to da je moguće izraditi metodu za procjenu kognitivnog opterećenja u realnom vremenu, te se u radu raspravlja o integraciji takvog modela u odvojive sustave koji efektivno usmjeravaju pažnju. Jedna od korištenih psihofizioloških mjera bila je EEG mjeren MindWave NeuroSky uređaj.

Zamisao je bila ispitati kako jednokanalni, komercijalno dostupan EEG uređaj može poslužiti u ovakvim mjerenjima, i pritom potvrditi njegove aplikativne vrijednosti.

5. Patsis, Sahli, Verhelst i De Troyer (2013.) istraživali su mogućnost korištenja informacija dobivenih praćenjem moždanih valova, putem laganog i cjenovno pristupačnog BCI uređaja, kako bi dinamički podesili razinu težine edukacijskog videa i podesili razinu izazova prema sposobnostima igrača. Nivo pažnje, mjeren BCI uređajem Mindwave NeuroSky, kod igrača Tetrisa procjenjivan je kao funkcija težine igre. Obrada podataka pri inter- i intra-igračkoj analizi otkrila je da povećanje nivoa igre (težine) prati povećanje pažnje. Pokazalo se interesantnim da su rezultati u skladu s istraživanjem provedenim sa 19 kanalnim EEG uređajem u odnosu na jednokanalnu suhu elektrodu koja je prisutna kod BCI uređaja korištenog u ovom eksperimentu.

2.4. Neurofeedback

1. Paul, Ganesan, Sandhu i Simon (2012.) istraživali su utjecaj neurofeedback treninga koji je trajao četiri tjedna na studente – streličare. Nekoliko parametara je praćeno kako bi se ustanovio efekt neurofeedback treninga na usporavanje rada srca, prednatjecateljski nivo ugode, postnatjecateljski nivo ugode, prednatjecateljski nivo uzbuđenja, postnatjecateljski nivo uzbuđenja, nivo izvedbe, preciznost, omjer senzorno-motoričkog ritma/theta, te prosjek SMR kod streličara tijekom natjecanja. Nakon 12 neurofeedback treninga, eksperimentalna grupa streličara mogla je regulirati psihološki status i EEG komponente tijekom izvođenja aktivnosti. Rezultati upućuju na to da neurofeedback trening poboljšava streličarevu mogućnost postizanja istog (dobrog) rezultata kontrolirajući i regulirajući psihofiziološke i elektroencefalografske mjere.
2. Raymond, Varney, Parkinson i Gruzelier su 2005. napisali članak o utjecaju alpha/theta neurofeedbacka na ličnost i raspoloženje. Autori navode kako je alpha/theta neurofeedback trening do sada pokazao uspješnost kako u ophođenju s ovisnostima, tako i poboljšavajući glazbene sposobnosti kod studenata. Ono što još uvijek nije potpuno razjašnjeno je način posredovanja tih efekata. U radu navode i primjere poboljšane umjetničke ili glazbene izvedbe (ali samo dijelom povezane sa smanjenjem anksioznosti), iako su povezali smanjenje anksioznosti s primijećenim dugoročnim promjenama EEG-a. U svojoj studiji pokušali su testirati hipotezu da alpha/theta neurofeedback između ostalog djeluje po principu normaliziranja ekstremnih osobina ličnosti i podizanja osjećaja blagostanja. Dvanaest ispitanika s

visokim vrijednostima testa povlačenja (PSQ) sudjelovali su u alpha/theta neurofeedback grupi ili grupi s lažnim feedbackom, te su nakon toga procjenjivane njihove osobine ličnosti i raspoloženje. Vrijednosti u upitniku povlačenja nisu se promijenile, ali značajne su razlike pronađene na Profilu stanja raspoloženja (POMS), sa stvarnim feedbackom koji je imao više vrijednosti nego lažni feedback. Stvarni feedback uzrokovao je da se ispitanici osjećaju značajno više puni energije u odnosu na lažni feedback. Sesije stvarnog feedbacka uzrokovale su da se ispitanici osjećaju sabraniji, lakše su se međusobno slagali, bili su ponosniji i samopouzdaniji u odnosu na ispitanike lažnog feedbacka koji su se osjećali umornije, iako sabrano. Zaključeno je kako devet treninga alpha/theta feedbacka nije bilo dovoljno za značajnu promjenu osobina ličnosti, ali poboljšanja u raspoloženju mogu djelomično objasniti učinkovitost alpha/theta neurofeedbacka.

3. Hammond je napisao (2007.) članak o utjecaju neurofeedbacka na poboljšanje sportske izvedbe i tjelesne ravnoteže. Neurofeedback ima potencijal re-trenirati aktivnost moždanih valova kako bi se poboljšala optimalna izvedba sportaša u različitim sportovima. Pokazano je kako neurofeedback ima potencijal utišavanja uma kako bi se unaprijedila izvedba u streličarstvu. Također se može koristiti za unapređenje koncentracije i fokusa, poboljšanje kognitivnih funkcija i kontrole emocija nakon potresa mozga, te za bolju ravnotežu u različitim sportovima. Autor navodi i različite tipove neurofeedbacka za različite sportove, pa tako razlikuje sportove poput streličarstva, streljaštva i golfa sa povećanom alpha aktivnosti, za razliku od nekih drugih sportova sa zahtjevom za sniženim alpha i theta valovima, te povišenim vrijednostima beta valova. Povezano s tim navodi kako model univerzalnosti neurofeedbacka nikako nije primjeren, te da pogrešan tip neurofeedback treninga može dovesti do pada u sportskoj izvedbi.
4. Arns, Kleinnijenhuis, Fallahpour i Breteler su 2008. napravili studiju o novoj metodi za unapređenje izvedbe u golfu, koristeći personalizirani *real-life* neurofeedback tijekom igre. Ispitanici (tri žene i tri muškarca) prvo su bili procijenjeni, a zatim su odradili tri real-life neurofeedback treninga. Tijekom procjene, personalizirani EEG profil na FPz je utvrđen za uspješne i neuspješne udarce. Ciljane frekvencije i amplitude koje su markirane kao optimalna prefrontalna stanja mozga izvedene su od strane dva ocjenjivača čija je međusobna pouzdanost iznosila 91%. Trening se sastojao od 80 udaraca u ABAB dizajnu. Feedback u drugoj i četvrtoj seriji sastojao se od NoGo tona, dok je prilikom prve i treće serije feedback izostao. Ton je bio ugašen

kada se EEG ispitanika podudarao sa definiranim kriterijima tijekom procjene. Ispitanici su bili instruirani da nastave s udarcem isključivo nakon što je NoGo ton prestao. Ukupni postotak uspješnih udaraca bio je značajno veći u drugoj i četvrtoj seriji u usporedbi s prvom i trećom serijom. Nadalje, većina ispitanika popravila je svoju izvedbu s feedbackom putem personaliziranog EEG-a, za u prosjeku 25%. Studija je pokazala da je „zona“ optimalnog mentalnog stanja za udarac u golfu jasan prepoznatljiv obrazac.

5. Fronso i sur. (2016.) napravili su studiju koja se fokusirala na identificiranju neuralnih markera koji su odgovorni za optimalnu i suboptimalnu izvedbu elitnog strijelca sa zračnim pištoljem, bazirano na načelu modela multi-akcijskog plana (MAP). Prema MAP modelu, vrhunski sportaši posjeduju različita iskustva izvedbe: optimalno / automatizirano (tip 1), optimalno / kontolirano (tip 2), suboptimalno / kontrolirano (tip 3) i suboptimalno / automatizirano (tip 4). Prikupljeni su podaci izvedbe (postignuti bodovi), podaci kognitivno-afektivnog područja (opažena kontrola, preciznost i nivo ugode), te podaci kortikalne aktivnosti (32-kanalni EEG) vrhunskog strijelca. Idiosinkratska deskriptivna analiza pokazala je razlike između opažene preciznosti u odnosu na optimalnu i suboptimalnu izvedbu. Daljnje analize poduprle su premisu da je optimalno / automatizirana izvedba (tip 1) karakterizirana kortikalnim uzbuđenjem povezanim sa zadatkom, dok su suboptimalna kontrolirana stanja (tip 3) bila karakterizirana visokom kortikalnom aktivnosti unutar moždane mreže pažnje.
6. Pop-Jordanova i Demerdzieva su 2010. napravile studiju slučaja u kojoj se razjasnilo da se psihološka potpora zajedno sa perifernim biofeedbackom i neurofeedbackom pokazala vrlo uspješnom. Nakon primjene različitih neurofeedback treninga tijekom dva mjeseca neprekidno, njihov je ispitanik pokazao stabilizaciju emocionalnog uzbuđenja koji je prije bio najveća kočnica njegovog uspjeha. Ispitaniku su se rezultati popravili, pobjedio je u kvalifikacijama za Olimpijske igre, te samim time postao kandidat za iste. Ovim su eksperimentom autorice su potvrdile korisnost biofeedbacka u sportskoj psihologiji s potencijalom za poboljšanje koncentracije, pažnje, smanjenje anksioznosti i prekidajućih mentalnih šumova.
7. Landers i sur. su 1991. pokušali utvrditi bi li EEG biofeedback trening mogao unaprijediti streličarsku izvedbu jednako kao i samo-prijavljene mjere koncentracije i samopouzdanja. Šesnaest ispitanika i osam ispitanica ekspertne razine nasumično su izabrani i podijeljeni u jednu od tri grupa: točan feedback (veća aktivnost niskih frekvencija lijeve hemisfere), netočan feedback (veća aktivnost niskih frekvencija

desne hemisfere) i kontrolna grupa bez feedbacka. Pred-testiranje i post-testiranje sastojalo se od 27 strijela, prilikom čega je izmjerena EEG aktivnost lijeve i desne temporalne hemisfere. Feedback grupe su tada primile informacije, dok se kontrolna grupa odmarala 30 minuta. Analiza je pokazala da su samo informacije vezane za izvedbu bile značajne. Grupa koja je primila točan feedback značajno je popravila svoju izvedbu, dok je grupa s netočnim feedbackom pokazala značajan pad u izvedbi od pred-testiranja do post-testiranja. Kontolna grupa nije pokazala značajne razlike u promatranim varijablama. Rezultati su ukazali na određenu povezanost između EEG-a i izvedbe kao učinkovitog načina provođenja biofeedbacka koji utječe na izvedbu kod sub-elitnih (ekspertnih) streličara.

2.5. Motoričko učenje

1. Willingham je 1998. napisao članak vezan za neuropsihološku teoriju motoričkog učenja koja se zasniva na ideji da učenje proistječe direktno iz procesa motoričke kontrole. Tri procesa motoričke kontrole mogu biti usmjerena na specifične zadatke i tako poboljšati izvedbu: izbor prostornih meta za kretanje, sekvenciranje tih meta i transformiranje tih meta u mišićne naredbe. Ovi procesi se događaju van naše svjesnosti. Četvrti, svjesni proces može unaprijediti izvedbu na dva načina: izborom učinkovitijih ciljeva ili onoga što bi trebalo promijeniti u okolini, ili izborom i sekvencioniranjem prostornih meta. Teorija predstavlja obrasce oštećenja kod učenja motoričkih vještina u pacijenata i kod promjena vezanih za učenje tijekom aktivnosti u studijama s funkcionalnim imagiziranjem. Također, u ovoj teoriji navedeno je mnogo prediktora za čisto kognitivno, uključujući mentalnu praksu, reprezentaciju motoričke vještine i interakciju svjesnih i nesvjenih procesa tijekom učenja motoričke vještine.
2. Singer (2000.) je pod okriljem kognitivne psihologije pokušao opisati napretke unutar stvarnih situacija vezanih za zatvorene i otvorene sportove. U svom radu opisuje pokret kognitivne psihologije u odnosu na teorijsku i praktičnu primjenu za sportske psihologe. U radu su dana obrazloženja za korištenje kognitivnih modela koji naglašavaju prirodu procesirane informacije, spoznaje, pažnju i strategije povezane s stjecanjem vještine kod kompleksnih motoričkih vještina unutar sporta, te raspravlja o prirodi i zahtjevima zatovrenih i otvorenih aktivnosti sa navodima za unaprjeđenje treninga i izvedbe. Posebno je zanimljiv dio koji se tiče Singerove (1988.) „Strategije pet koraka“ koja se tiče olakšavanja učenja kod samo-tempirajućih aktivnosti vodeći

se slijedećim sub-strategijama: priprema, stvaranje predodžbe (*imaging*), usmjeravanje pažnje, izvršavanje s tihim umom i procjena kvalitete provedbe.

3. Wulf, Shea and Lewthwaite (2010.) napisali su pregledni članak o nekoliko faktora koji pospješuju učenje novih motoričkih zadataka i izvedbu motoričkih zadataka: promatranje izvedbe i izvođenje (*observational practice*), fokus pažnje, feedback (povratna informacija) i samo-određujuća praksa (subjekt sam određuje barem jedan dio zadatka koji treba napraviti). Na temelju pregledane velike količine literature koja se bavila ovim područjima zaključeno je kako promatranje izvedbe - promatranje drugih, pogotovo ako je popraćeno i kasnijom fizičkom izvedbom iste aktivnosti može znatno doprinijeti učenju te aktivnosti. Ovo uključuje tzv. dijadnu praksu (u parovima) koja ne samo da je ekonomičnija nego i pospješuje učenje. Što se fokusa pažnje tiče, studije su nebrojeno puta pokazale da je korištenje eksternog fokusa u usporedbi sa internim fokusom znatno učinkovitije. Eksterni fokus pažnje olakšava automatizaciju kod motoričke kontrole i promiče efikasnost pokreta. Feedback nema samo informacijsku komponentu, već sadrži i motivacijska svojstva koja mogu utjecati na učenje. Samoodređujuća praksa, uključujući feedback i demonstraciju od strane modela koju određuje sam subjekt pokazala se puno učinkovitijom od eksterno određujućih uvjeta (onih u kojima sve vezano za zadatak postavlja npr. učitelj). Za sve faktore autori zaključuju da imaju informacijsku i motivacijsku komponentu u sebi koje utječu na sam proces učenja. Zaključci pregledanih radova upućuju na generalne principe učenja i imaju relativno široku mogućnost primjene.
4. Vickers se 2010. osvrnula na članak Petera Lightbowna (2010.) želeći objasniti autorove zaključke o unaprijeđenju njegove igre golfa putem povećane relaksacije, efikasnosti pokreta i unutarnje samosvijesti kroz znanstveni pristup i najnovija znanstvene objašnjenja. Tako autorica objašnjava da su najmanje tri aspekta povezana s Ligtbownovim zaključcima, a tiču se: neuralnih i kognitivnih istraživanja i dualnosti ljudskog motoričkog ponašanja, prednosti eksternog fokusa u usporedbi s internim fokusom, te istraživanja vezanih za gledanje i motoričko ponašanje u sportu, odnoseći se na preciznu kontrolu pogleda, odnosno točnije perioda tihog oka (quiet eye period) koje vodi do optimalne detekcije i procesiranja eksternih informacija koje poboljšavaju fokus, smanjuju anksioznost i vode do viših nivoa izvedbe. Autorica navodi prednosti eksternog fokusa nad internim, citira Wulf (2001.) i hipotezu ograničene aktivnosti, spominje pomicanje fokusa sa internog na eksterni u odnosu na napredak od početnika prema naprednom i vrsnom igraču golfa, te iskustva iz

uobičajene trenerske prakse u kojoj 99% informacija koje idu iz smjera od trenera prema igraču golfa se odnose na interni fokus odnosno na same pokrete tijela kako bi se tehnički što bolje sam pokret izveo.

2.6. Flow

1. Novak i Hoffman su 1997. godine napisali članak koji se bavio istraživanjem stanja *flow-a* kod korisnika interneta, te su u svom radu dali detaljan pregled konceptualnih i operativnih definicija flow-a unutar 16 pregledanih radova. Većina definicija je preklapajuća i sličnog sadržaja, a u grubo može se svesti na nekoliko osnovnih karakteristika: gubljenje samosvijesti, sužavanje pažnje na način izbacivanja nepotrebnih percepcija i misli, intrinzično ugodno iskustvo, stanje slično vrhunskom iskustvu i vrhunskoj izvedbi, ali ne mora ih nužno podrazumijevati, započinje kad su neke (promatrane) sposobnosti iznad određenog nivoa, osjećaj kontrole nad aktivnosti koja se zbiva (u kojoj se sudjeluje), te potpuna posvećenost i koncentracija – uronjenost u ono čime se bavi.
2. Privette je 1983. napisala članak potanko definirajući i uspoređujući vrhunsko iskustvo/doživljaj (intenzivnu sreću), vrhunsku izvedbu (superiorno funkcioniranje) i flow (intrinzično nagrađujuće iskustvo). Vrhunski doživljaj i vrhunska izvedba su modeli optimalnog ljudskog iskustva i važni prilikom procjene osobine ličnosti. Flow, iako ne nužno uvijek na visokom nivou, dijeli mnoge karakteristike sa oba navedena konstrukta. Važni atributi karakteristični za sva tri stanja uključuju zadubljenost, vrednovanje, sreću, spontanost, osjećaj moći, osobnog identiteta i uključenosti. Topologija sva tri konstrukta također otkriva različite karakteristike: vrhunski doživljaj je mističan i transpersonalan, vrhunska izvedba je transaktivna i jasno fokusirana na sebe i na ciljani objekt, dok je flow opisan kao zabavno stanje u svojoj strukturi, te samim time određuje i ciljeve i motivaciju i sredstva potrebna za vođenje i završetak same aktivnosti.

2.7. Psihološka i psihofiziološka istraživanja u streličarstvu

1. Robazza, Bortoli i Nougier su 2000. objavili istraživanje koje je za glavni cilj imalo testiranje modela IZOF-a (Individual Zones of Optimal Functioning) koje se ticalo umirujućih i inhibirajućih emocija. Prema IZOF modelu, sportaš bi trebao imati

najbolju izvedbu kada su intenziteti emocija prije same izvedbe slični onim intenzitetima emocija povezanih sa sjećanjima optimalnih izvedbi. Također, loša izvedba očekuje se kad su intenziteti emocija slični onima iz sjećanja na lošu izvedbu. Ova hipoteza testirana je tijekom zagrijavanja i natjecanja na svjetskom streličarskom prvenstvu 1995. na jednoj ispitanici. Upotrijebljen je multidimenzionalni pristup mjerenja i procjene emocija, frekvencije srca i izvedbe. Intraindividualna analiza otkrila je da su rezultati emocionalnih testova bili slični rezultatima loše izvedbe iz sjećanja, pogotovo prije samog natjecanja. Disfunkcionalni emocionalni uzorak prije natjecanja pratila je ne-optimalna frekvencija srca, disfunkcionalno ponašanje i loši rezultati. Dobiveni rezultati bili su u skladu s IZOF predviđanjima veze između emocija i izvedbe.

2. Filho, Moraes i Tenenbaum su 2008. napravili pristup Individualnih uzročno povezanih zona izvedbe (Individual affect-related performance zones - IAPZs), kako bi proučavali vezu između afektivnih stanja i sportske izvedbe, odnosno kako bi odredili idiografične profile povezane s optimalnom i ne-optimalnom izvedbom. U istraživanju su sudjelovala tri brazilska streličara, a mjerenja su rađena tijekom cijele natjecateljske sezone, te tijekom različitih tipova i disciplina natjecanja. Percepcije ispitanika vezane za uzbuđenje i ugodu bile su zabilježene, kao i frekvencije srca. Dobiveni rezultati pokazali su razlike između streličara u varijablama koje su procjenjivale afekt (uzbuđenje i užitak), kao i u somatskim varijablama (koje su mjerile frekvenciju srca). Rezultati su ukazali na to da streličari posjeduju unikatne IAPZ za različite udaljenosti gađanja, varirali su unutar njihovih optimalnih i ne-optimalnih IAPZ tijekom cijele natjecateljske sezone, te da optimalna izvedba pojedinog gađanja ne uzrokuje nužno i optimalnu izvedbu daljnjeg gađanja, već da je optimalna izvedba neovisna.
3. Hung, Lin, Lee i Chen su 2008. napisali članak o pružanju psihološke potpore nacionalnoj reprezentaciji Taiwana u streličarstvu za Olimpijske igre 2004. U radu je detaljno opisan svaki korak integriranja sportskog psihologa unutar streličarske ekipe, teškoće s kojima su se susretali u početku u smislu zadobivanja povjerenja, neophodnog team buildinga (zbog nepovjerenja prema drugim trenerima, te zbog rivalstva unutar tima obzirom da su pripreme za same OI krenule puno prije finalnog izbora 3 natjecateljice i 3 natjecatelja). Autori streličarstvo definiraju kao sport zatvorenog tipa (samo-tempirajućeg – sa poznatim/nepromjenjivim okolinskim okruženjem) sa visokim zahtjevima za koncentracijom i inhibicijom smetnji.

Nadodaju da su streličari posebno osjetljivi na povišenu razinu stresa koja može dovesti do pretjerane anksioznosti i podraženosti. Olimpijske igre, odnosno olimpijski turnir sa svojim pravilima postavlja i dodatne opterećujuće zahtjeve pred streličara. Za procjenu streličarevih jakih i slabih strana korištena su tri različita tipa upitnika baziranih na procjeni psiholoških sposobnosti u sportu, te anksioznosti u sportu. Od intervencijskih programa korištene su vježbe disanja, vježbe zamišljanja, simulacije natjecanja, deprivacije sna/spavanja, te predočavanja vezanog za odlazak na natjecanje. Nakon testiranja, mjesec dana prije samih OI, rezultati su pokazali značajno poboljšanje u kategorijama dobrog nošenja sa stresom, te pružanja najboljeg *sebe* pod pritiskom, koncentracije, motivacije za rad s trenerima, te samopouzdanja. Promjena nije bilo u motivaciji, ali su svi streličari i treneri dali pozitivnu reakciju na psihološku potporu. Najvažnije, došlo je i do značajnih promjena u uspješnosti, izvedbi i rezultatu.

4. Ertan, Soylu i Korkusuz su 2004. napisali članak o povezanosti rezultata i indeksa vještine mjerene EMG-om kod streličara. Cilj mjerenja bio je utvrditi indekse vještine bazirane na EMG pokazateljima promatrajući tri grupe ispitanika (7 elitnih, 6 početnika i 10 ne-streličara). Pravilan hvat tetive, te neometano otpuštanje tetive luka smatraju se ključnim čimbenicima izvođenja pravilne tehnike. Promatrala se aktivnost mišića flexor digitorum superficialis i extensor digitorum, odgovornih za pravilno izvođenje otpuštanja, untar perioda od dvije sekunde (sekundu prije otpuštanja i sekundu nakon otpuštanja).
5. Carillo, Christodoulou, Koutedakis i Flouris su 2011. procijenjivali modulaciju autonomnog živčanog sustava putem promjena u varijabilnosti frekvencije srca tijekom natjecanja u streličarstvu, te streličarsku izvedbu uspoređujući početnike (N=7) i iskusne (N=10) streličare adolescentske dobi. Zaključili su da u usporedbi s početnicima, iskusni streličari koriste više vremena za ispucavanje svake strijele, imaju višu nisku vrijednost frekvencije vala, kvadrat korijena aritmetičke sredine kvadriranih razlika između uzastopnih R-R intervala i postotak uzastopnih normalnih do normalnih intervala većih od 50 ms, te pokazuju porast aktivnosti u parasimpatičkom živčanom sustavu u usporedbi natjecateljskih s prednatjecateljskim vrijednostima.

Iz pregleda dosadašnjih istraživanja izdvojeno je nekoliko ključnih činjenica važnih za ovo istraživanje:

- Višestruko je dokazana veća učinkovitost eksternog fokusa pažnje nad internim fokusom pažnje i to u različitim sportovima, u sportovima strukturno sličnim streličarstvu, kod izvođača pojedinog motoričkog zadatka različitih nivoa ekspertize, te prilikom transfera i retencije.
- Streličarstvo i strukturalno slični sportovi poput gofa, streljaštva i pikada, istraživačima su bili posebno zanimljivi radi mogućnosti provedbe EEG istraživanja obzirom na statičnu prirodu sporta. Sportaši u spomenutim sportovima dominantno prilikom vrhunske izvedbe imaju izražene zahtjeve za povećanom aktivnosti alfa moždanih valova.
- BCI MindWave NeuroSky uređaj koji je korišten u ovom istraživanju ima potvrđenu aplikativnu validnost. Uređaj je korišten za usporedbu samoprocjenjene pažnje sa izlaznom vrijednosti stanja pažnje koju pokazuje, te za potvrdu premise povećanja nivoa pažnje mjerene uređajem kao posljedice povećanja kognitivnog opterećenja.
- Definiranjem jasnog, prepoznatljivog i individualnog obrasca zone optimalnog mentalnog stanja moguće je provoditi uspješan neurofeedback trening u streličarstvu, golfu i streljaštvu.
- Postoji čitav niz teorija vezanih za motoričko učenje i izvedbu, čiji sažeci prelaze okvire ovog rada.
- Stanje flow-a je stvarno, mistično i ugodno. Sportaš ima osjećaj kontrole nad aktivnosti koju radi bez svjesne kontrole, osjeća potpunu posvećenost i koncentraciju. Kako to kvantificirati? U pregledanim istraživanjima pronađene su poveznice između vrhunske izvedbe i rezultata, specifičnog mentalnog obrasca, dominantne alfa moždane aktivnosti te osjećaja *flow*-a u sportaša.

Na temelju svega, definirani su cilj i hipoteze ovog rada.

3. CILJ I HIPOTEZE

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi optimalnu usmjerenost fokusa pažnje i vrijednosti pažnje i opuštenosti (mjerene BCI uređajem) koje odgovaraju postizanju najboljeg rezultata kod početnika i vrhunskih streličara.

H1: Eksterni fokus pažnje pogodovat će postizanju višeg pogotka kod početnika i kod vrhunskih streličara.

H2: Vrijednosti pažnje i opuštenosti bit će više tijekom gađanja u uvjetu eksternog fokusa (U3) kod početnika i kod vrhunskih streličara u odnosu na uvjet internog fokusa (U2).

H3: Prilikom postizanja najvećeg pogotka (10), vrhunski streličari bilježit će rast vrijednosti pažnje i opuštenosti tijekom gađanja (i nakon otpuštanja), za razliku od početnika kojima će neposredno prije otpuštanja vrijednosti pažnje padati.

4. METODE RADA

4.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika činila je grupa od 10 streličara početnika (SP) i grupa od 10 vrhunskih streličara (VS), svi bez poremećaja pažnje u svojoj anamnezi. Svi su ispitanici muškog spola, prosječne starosti 29,8 god. (SP) i 25,2 god. (VS). SP grupu sačinjavali su streličari s trenažnim stažem kraćim od godinu dana i maksimalnim WA INDOOR rezultatom od 520 krugova. WA INDOOR rezultat predstavlja standardni tip metnog dvoranskog natjecanja u kojem se pucaju dvije runde po 30 strijela podijeljenih u 10 zasebnih serija po 3 strijele (2x(10x3)). Maksimalan zbroj pogodaka je 600 krugova, odnosno 300 po svakoj rundi. VS grupu činili su streličari članovi nacionalnih reprezentacija (s postignutim minimalnim rezultatom 570 krugova WA INDOOR što predstavlja normu za ulazak u nacionalnu reprezentaciju za dvoranska natjecanja), od kojih su neki svjetski i europski prvaci te rekorderi. Ispitanici nisu bili upoznati s hipotezama i ciljem istraživanja vezanim za fokus pažnje, nego samo s vrijednostima i kretanjem mjera pažnje i opuštenosti u odnosu na rezultat. Svi ispitanici su dali svoj pisani pristanak za sudjelovanje u ovom istraživanju, a istraživanje je bilo prijavljeno i odobreno pri Znanstvenoj i Etičkoj komisiji Kineziološkog fakulteta u Zagrebu.

S obzirom na veličinu uzorka, statistička snaga povećana je velikim brojem čestica mjerenja po ispitaniku (3 uvjeta x 30 mjerenja u svakom uvjetu x 2 grupe ispitanika (10 VS + 10 SP)).

4.2. Uzorak varijabli

Uzorak varijabli u ovom istraživanju proizašao je iz promatranih obilježja entiteta u različitim uvjetima gađanja. Za procjenu preciznosti gađanja, koristila se mjera udaljenosti strijele od samog središta lica mete, prikazana brojem krugova standardnog načina vrednovanja pogotka. Za procjenu stanja pažnje, koristila se mjera Pažnje mjerena na relativnoj skali vrijednosti od 0-100 putem jednokanalnog mobilnog EEG sustava Mindwave Mobile (MindWave®, NeuroSky, Inc. U.S.A.). Za procjenu stanja opuštenosti, koristila se mjera Opuštenosti mjerena na relativnoj skali vrijednosti od 0-100 putem istog uređaja. Postupci mjerenja sve tri varijable potanko su opisani u potpoglavlju 4.3. Aparatura i 4.4. Eksperimentalna procedura.

4.3. Aparatura

S svrhom točnog određivanja trenutka otpuštanja strijele, kamera (Logitech HD Pro Webcam C920, U.S.A.) postavljena iza streličara i spojena na glavno računalo snimala je gađanje (Slika 1.).



Slika 1. Postav kamere i glavnog računala

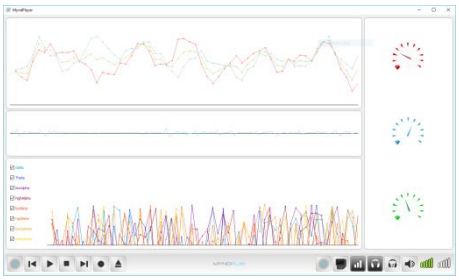
Različite moždane aktivnosti generiraju različite frekvencije valova: delta valovi (0 – 3 Hz) podrazumijevaju duboki san, bez snova, bez REM-stanja; theta valovi (4 - 7 Hz) odnose se na zamišljanje, sanjarenje, prvi san i sl.; alpha valovi (8 – 12 Hz) odnose se na opušteno, smireno i svjesno stanje; te beta valovi (13 – 30 Hz) koji podrazumijevaju mentalnu koncentraciju i aktivno razmišljanje. Općenito, moždani valovi dinamično variraju i njihove frekvencije se mijenjaju ovisno o mentalnom i emocionalnom stanju pojedinca (Lee, 2009.). Jednokanalni mobilni EEG sustav Mindwave Mobile (MindWave®, NeuroSky, Inc. U.S.A.) i Mindplay Pro softver korišteni su kako bi se snimali i spremali signali moždanih valova u računalo. EEG sustav nosi se na glavi, sa jednom aktivnom elektrodom pozicioniranom na čelu (Fp1), te referentnom i temeljnom elektrodom na ušnoj kvačici. Sve elektrode su suhog tipa (Slike 2 i 3.)



Slika 2. i Slika 3. Jednokanalni mobilni EEG sustav Mindwave Mobile sprijeda i sa strane

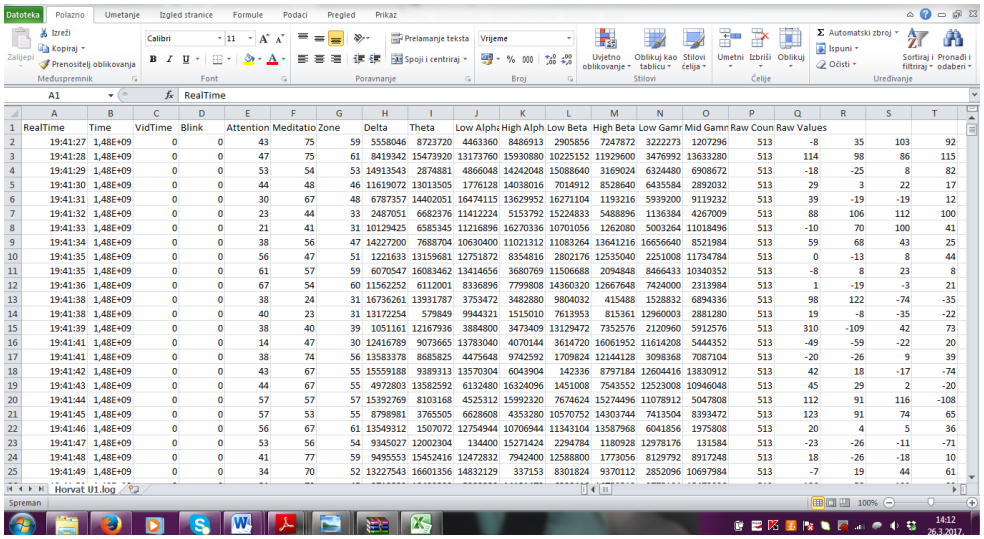
Detektirani EEG signali filtrirani su i konvertirani u digitalne podatke pri 512 Hz frekvenciji uzorkovanja. Šumovi i abnormalni EEG signali čije amplitude su prelazile 100 mikrovolti su eliminirane. Sam uređaj u sebi sadrži priloženi algoritam pomoću kojeg se mogu

karakterizirati pojedina mentalna stanja. Spomenuta tehnologija pojačava sirove signale moždanih valova, te uklanja pozadinske šumove. Nakon toga se taj algoritam pridodaje preostalom signalu, rezultirajući s dvije izlazne interpretirane eSense™ vrijednosti svake sekunde. Jedna eSense™ vrijednost tvorničkog naziva Pažnja indicira intenzitet korisnikove razine mentalnog fokusa ili pažnje, i reprezentira intenzivnu koncentraciju i usmjerenu i stabilnu mentalnu aktivnosti. Rastresenost, lutajuće misli, nedostatak fokusa i anksioznost mogu uzrokovati niske vrijednosti Pažnje na eSense™ mjeraču. Druga eSense™ vrijednost tvorničkog naziva Opuštenost, indicira nivo korisnikove mentalne smirenosti i opuštenosti i odnosi se na mentalna stanja, ne fizičke nivoe. Nivoi Pažnje i Opuštenosti prezentirani su relativnim vrijednostima od 1 do 100. Prijenos podataka pažnje i opuštenosti na računalo vršio se putem Bluetooth veze. Mjerač pažnje Računalo prikazuje ove signale i podatke sa digitalnim vrijednostima i analognim grafovima kao bi ih se moglo lako pratiti (Slika 4.).



Slika 4. Grafički prikaz mjerača pažnje i opuštenosti

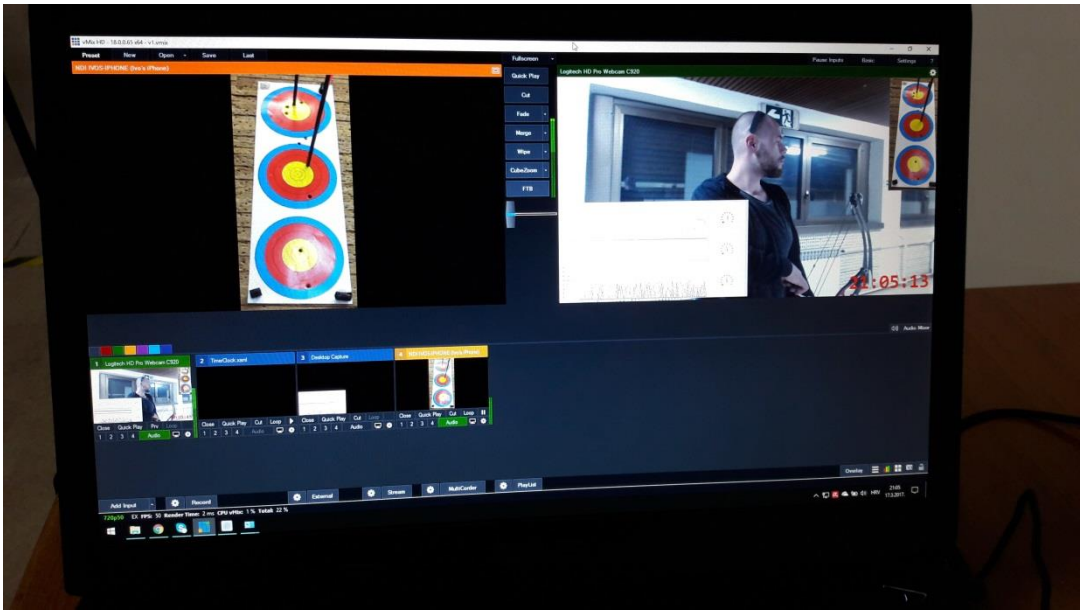
Podatci su također spremani na računalo i kasnije su se mogli eksportirati za daljnju analizu (Slika 5.).



RealTime	Time	VidTime	Blink	Attention	Meditatio	Zone	Delta	Theta	Low Alpha	High Alph	Low Beta	High Beta	Low Gamr	Mid Gamr	Raw Coun	Raw Values
19:41:27	1,48E+09	0	0	43	75	59	5558046	8723720	4463360	8486913	2905856	7247872	3222273	1207296	513	-8
19:41:28	1,48E+09	0	0	47	75	61	8419342	15473920	13173760	15930880	10225152	11929600	3476992	13633280	513	114
19:41:29	1,48E+09	0	0	53	54	53	14913543	2874881	4866048	14242048	15088640	3169024	6324480	6908672	513	-18
19:41:30	1,48E+09	0	0	44	48	46	11619072	13013505	1776128	14038016	7014912	8528640	6435584	2892032	513	29
19:41:31	1,48E+09	0	0	30	67	48	6787357	14402051	16474115	13629952	16271104	1193216	5939200	9119232	513	39
19:41:32	1,48E+09	0	0	23	44	33	2487051	6682376	11412224	5153792	15224833	5488896	1136384	4267009	513	88
19:41:33	1,48E+09	0	0	21	41	31	10129425	6585345	11216896	16270336	10701056	1262080	5003264	11018496	513	-10
19:41:34	1,48E+09	0	0	38	56	47	14227200	7688704	10630400	11021312	11083264	13641216	16656640	8521984	513	59
19:41:35	1,48E+09	0	0	56	47	51	1221633	13159681	12751872	8354816	2802176	12535040	2251008	11734784	513	0
19:41:35	1,48E+09	0	0	61	57	59	6070547	16083462	13414656	3680769	11506688	2094848	8466433	10340352	513	-8
19:41:36	1,48E+09	0	0	67	54	60	11562252	6112001	8336896	7799808	14360320	12667648	7424000	2313984	513	1
19:41:38	1,48E+09	0	0	38	24	31	16736261	13931787	3753472	3482880	9804032	415488	1528832	6894336	513	98
19:41:38	1,48E+09	0	0	40	23	31	13172254	579849	9944321	1515010	7613953	815361	12960003	2881280	513	19
19:41:39	1,48E+09	0	0	38	40	39	1051161	12167936	3884800	3473409	13129472	7352576	2120960	5912576	513	310
19:41:41	1,48E+09	0	0	14	47	30	12416789	9073665	13783040	4070144	3614720	16061952	11614208	5444352	513	-49
19:41:41	1,48E+09	0	0	38	74	56	13583378	8685825	4475648	9742592	1709824	12144128	3098368	7087104	513	-20
19:41:42	1,48E+09	0	0	43	67	55	15559188	9389313	13570304	6043904	142336	8797184	12604416	13830912	513	42
19:41:43	1,48E+09	0	0	44	67	55	4972803	13582592	6132480	16324096	1451008	7543552	1523008	10946048	513	45
19:41:44	1,48E+09	0	0	57	57	57	15392769	8103168	4525312	15992320	7674624	15274496	11078912	5047808	513	112
19:41:45	1,48E+09	0	0	57	53	55	8798981	3765505	6628608	4353280	10570752	14303744	7413504	8393472	513	123
19:41:46	1,48E+09	0	0	56	67	61	13549312	1507072	12754944	10706944	11343104	13587968	6041856	1975808	513	20
19:41:47	1,48E+09	0	0	53	56	54	9345027	12002304	134400	15271424	2294784	1180928	12978176	131584	513	-23
19:41:48	1,48E+09	0	0	41	77	59	9495553	15452416	12472832	7942400	12588800	1773056	8129792	8917248	513	18
19:41:49	1,48E+09	0	0	34	70	52	13227543	16601356	14832129	337153	8301824	9370112	2852096	10697984	513	-7

Slika 5. Eksportirani podatci u Excel tablici

Istovremeno, softver za snimanje vMix HD (StudioCoast Pty, Ltd.) bio je aktivan na glavnom računalu, te je integrirao *video stream* sa kamere, vrijeme, te *screen region capture* s MindPlay Pro aplikacije (Slika 6.).



Slika 6. Prikaz aktivnih aplikacija i programa na glavnom računalu

Kako bi se odredilo variranje vrijednosti pažnje i opuštenosti (pad/rast) uzimani su podaci u vremenskom razdoblju 1 sekundu prije otpuštanja, u trenutku otpuštanja i 1 sekundu nakon otpuštanja (Vrbik, A. i sur; 2015.). Izraz tijek gađanja odnosi se na spomenute tri vremenske točke.

4.4. Eksperimentalna procedura

Istraživanje je provedeno u standardnim uvjetima dvoranskog natjecanja (WA INDOOR): meta se nalazila na 18 m, a lice je standardno trostruko ϕ40, s srednjim licem pozicioniranim na visini 1,30 m (Slika 7.).



Slika 7. Linija gađanja



Slika 8. WA standardno dvoransko lice

Jedno lice sastoji se od pet koncentričnih krugova vrijednosti od središta prema van 10 – 6 krugova (bodova) (Slika 8).

Ispitanici su koristili vlastitu opremu koja ne odstupa od WA pravila standardne komercijalno dostupne opreme (Slika 9.).



Slika 9. Model ispitanika sa standardnom opremom

Istraživanje je bilo podijeljeno u tri zasebna mjerenja za svakog ispitanika tijekom različitih dana, ovisno o dostupnosti ispitanika. Svaki streličar zasebno je mjeren s obzirom na tehnička ograničenja opreme. Svako mjerenje sastojalo se od zagrijavanja (3 serije x 3 strijele) i testiranja (10 serija x 3 strijele). Predviđeno trajanje zagrijavanja i testiranja po ispitaniku iznosilo je otprilike 45 min. Prije zagrijavanja, na ispitanike se stavio EEG uređaj, kako bi se tijekom zagrijavanja mogla provjeriti povezanost s računalom i prijenos podataka. Tijekom zagrijavanja, ispitanici su se mogli proizvoljno zagrijavati (gađajući u prazno ili u lice mete) bez ikakvih upute od strane mjeritelja. Snimanje podatka započelo je početkom testiranja. Tijekom testiranja mjeritelji su bilježili pogotke ispitanika prema standardnim WA pravilima. Testiranje je obuhvatilo tri različita uvjeta gađanja: U1 – slobodno usmjeren fokus pažnje, U2 – interno usmjeren fokus pažnje i U3 – eksterno usmjeren fokus pažnje. Ispitanici su prvo bili mjereni u U1 uvjetu gađanja, a redoslijed daljnjih mjerenja određen je slučajnim izborom (U2/U3 ili U3/U2).

Prema WA pravilima, za gađanje tri strijele unutar jedne serije dozvoljeno je 120 sekundi. Unutar jedne serije streličar je sam određivao ritam i tempo gađanja. Između serija, predviđeno vrijeme odmora bilo je ono potrebno da se zabilježe pogotci (rezultat), te da se strijele izvade iz mete i vrate ispitaniku (cca 90 sekundi).

Za sva tri uvjeta gađanja ispitanici su bili instruirani da se potrude biti što precizniji i da uvijek ciljaju isključivo u samo središte lica (krug 10 bodova). Dodatno, od ispitanika se tražilo da održavaju pogled usmjeren cijelo vrijeme na lice (metu) kako bi se uklonila mogućnost distrakcije vizualne pažnje. U prvom uvjetu gađanja (U1) ispitanicima se nisu davale nikakve upute (slobodno usmjeren fokus pažnje). U druga dva uvjeta gađanja, ispitanicima je pažnja biti usmjerena putem verbalnih uputa na drukčiji aspekt gađanja: (U2) na koordinirani rad ruku i otpuštanje (kretanje dijelova tijela – interni fokus pažnje), te (U3) na let strijele i na žuto (sredina lica – 10 bodova), (efekti pokreta – eksterni fokus pažnje).

U1 uvjet gađanja služio je kao kontrolni uvjet, a ispitanik je isključivo primio uputu: „Pokušaj biti što precizniji.“ U2 uvjet gađanja predstavljao je uvjet internog fokusa pažnje i pažnja ispitanika bila je usmjerena na rad ruku i otpuštanje. Prije svake serije gađanja (10 puta), ispitanik je primio sljedeće instrukcije: „Fokusiraj se na kretanje svojih ruku i lagano otpuštanje. Ako si nemiran i ne možeš se smiriti u žutom, pokušaj to popraviti tako što ćeš bolje odraditi 'guram – vučem' i čekati da te otpuštanje iznenadi. Pokušaj biti što precizniji.“

U3 uvjet gađanja predstavljao je uvjet eksternog fokusa pažnje: pažnja ispitanika bila je usmjerena na let strijele i na žuto (sredinu lica). Prije svake serije gađanja (10 puta), ispitanik je primio sljedeće instrukcije: „Fokusiraj se na let strijele i na žuto. Ako si nemiran i ne možeš

se smiriti, pokušaj to popraviti tako što ćeš dopustiti da se pina nišana stopi s licem i pratiti let strijele prema meti. Pokušaj biti što precizniji.“ (Lohse i sur; 2013; Lohse i sur; 2010.)

S ciljem provjere pridržavanja upute u U2 i U3 uvjetima gađanja, nakon svake serije na kratkom upitniku, ispitanik je naznačio na što je usmjerio pažnju tijekom gađanja. Pitanja su bila sastavljena tako da je pored rednog broja serije stajao slijedeći iskaz: „Tijekom gađanja najviše sam svoju pažnju usmjerio na: (1) koordinaciju ruku: guram – vučem, (2) lagano otpuštanje, (3) let strijele, (4) žuto, (5) drugo (što?)“. Odgovori su bili prikupljeni od strane ispitivača (upitnik u Prilogu 1.).

4.5. Statistička obrada

Za sve varijable izračunati su centralni i disperzivni parametri: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), minimum (MIN), maksimum (MAX) i raspon rezultata, te mjere spljoštenosti (KURT) i zakrivljenosti (SKEW) distribucije. Za izračun razlika između različitih uvjeta u grupama korištena je analiza varijance (ANOVA). U slučaju odstupanja od normalne distribucije u varijabli Pogodak, korištena je Friedmanova ANOVA kao neparametrijska alternativa jednofaktorskoj ANOVA-i, odnosno naknadni pojedinačni Wilcoxonovi testovi ranga. Svi zaključci izvedeni su na razini statističke pogreške $p<0,05$.

4.6. Upitnik

Praksa unutar društvenih istraživanja često podrazumijeva tzv. manipulacijsku provjeru, dodatnu provjeru koja sadrži kvalitativne podatke i koja istraživaču potvrđuje u određenoj mjeri da promatrana varijabla ili varijable doista pokazuju promatrane karakteristike (Peh i sur., 2011., Lohse i sur., 2011., An, Wulf i Kim, 2013; Abdollahipour i sur., 2014., Vrbik i sur., 2015.). U slučaju ovog istraživanja, nakon svake serije u uvjetima U2 i U3, ispitanici su bili upitani jesu li se pridržavali uputa za pojedini uvjet gađanja, kako bi se dobiveni podaci sa što većom sigurnosti mogli kasnije interpretirati. Ispitanicima je bilo jasno navedeno da je davanje njihovog iskaza izuzetno važno za samo istraživanje, stoga su bili ohrabrivani u smislu iskrenog davanja odgovora. Prema izjavama u upitniku, u U2 uvjetu, grupa SP u 95,67% bila je usmjerena na upute internog fokusa (guram - vučem i/ili lagano otpuštanje), a grupa VS u 94%. U U3 uvjetu, grupa SP u 94,67% bila je usmjerena na upute eksternog fokusa (žuto i/ili let strijele), a grupa VS u 94,33%. Zanimljivo je bilo da je u preostalom broju odgovora (neusmjerenih na tendirani fokus), na pitanje: „Na što si usmjerio svoju pažnju?“, vrlo čest odgovor bio: „Ni na što“ (i u U2 i u U3), ili na neki drugi element tehnike (usmjerenost na kretnje tijela) u U2.

5. REZULTATI I RASPRAVA

Danas je vrhunski sport igra milimetara i stotinki. Ono što trenere i sportaše uvijek zanima je: identifikacija i hijerarhija svih sposobnosti i mentalnih stanja odgovornih za uspjeh u pojedinoj aktivnosti, optimalne razine tih sposobnosti i stanja, način treninga, te moguće razlike u stvarnim natjecateljskim uvjetima u odnosu na poželjna stanja i karakteristike tih razlika. Streličarska natjecanja mogu trajati i više od osam sati u jednome danu, a veći streličarski turniri protežu se u nekoliko dana. Zahtjevi za koncentracijom i održavanjem fokusa su iznimno visoki. Jednako tako, mogućnost opuštanja, odnosno dovođenja u poželjno stanje pobuđenosti vrlo je važno, jer omogućava streličaru optimalnu izvedbu gađanja.

5.1. Deskriptivni parametri pogodaka kod vrhunskih streličara

U svakom uvjetu gađanja, VS su otpucali 300 strijela (900 ukupno). U kontrolnom uvjetu gađanja U1, od ukupno mogućih 3000 krugova postignuto je 2880, od čega 7 sedmica, 6 osmica, 87 devetki i 200 desetki (mod). Prosječna vrijednost pogotka iznosila je 9,60 ± 0,65SD, a 66% otpucanih strijela su desetke. U uvjetu internog fokusa pažnje U2, od ukupno mogućih 3000 krugova postignuto je 2879, od čega 1 sedmica, 11 osmica, 96 devetki, te 192 desetke (mod). Prosječna vrijednost pogotka iznosila je 9,60± 0,58SD, a 64% otpucanih strijela su desetke. U uvjetu eksternog fokusa pažnje U3, od ukupno mogućih 3000 krugova postignuto je 2907, od čega 7 osmica, 79 devetki i 214 desetki (mod). Prosječna vrijednost pogotka iznosi 9,69± 0,51SD, a 71% otpucanih strijela su desetke. Ovi podaci prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Deskriptivni parametri vrhunskih streličara po uvjetima gađanja

UVJET	N	AS	MED	MOD	FREK. MODA	SUMA	MIN	MAX	VAR	SD	SKEW	KURT
U1	300	9,60	10	10	200	2880	7	10	0,42	0,65	-1,89	4,19
U2	300	9,60	10	10	192	2879	7	10	0,34	0,58	-1,22	1,05
U3	300	9,69	10	10	214	2907	8	10	0,26	0,51	-1,34	0,81

U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus, N – broj otpucanih strijela, AS – aritmetička sredina, MED – medijan, MOD – mod, FREK. MODA – frekvencija pojavljivanja moda, SUMA – suma, MIN – minimalna vrijednost, MAX – maksimalna vrijednost, VAR – varijanca, SD – standardna devijacija, SKEW – Skewness, KURT – Kurtosis.

5.2. Deskriptivni parametri pogodaka kod streličara početnika

U svakom uvjetu gađanja, SP su otpucali 300 strijela (900 ukupno). U kontrolnom uvjetu gađanja U1, od ukupno mogućih 3000 krugova postignuto je 1826, od čega 38 šestica, 53 sedmice, 59 osmica, 55 devetki i 26 desetki. 69 puta (mod) SP nisu pogodili lice. Prosječna vrijednost pogotka iznosila je 6,09± 3,51 SD. U uvjetu internog fokusa pažnje U2, od ukupno

mogućih 3000 krugova postignuto je 1798, od čega 27 šestica, 46 sedmica, 67 osmica, 52 devetke i 31 desetku. 77 puta (mod) SP nisu pogodili lice. Prosječna vrijednost pogotka iznosila je 5,99± 3,68 SD. U uvjetu eksternog fokusa pažnje U3, od ukupno mogućih 3000 krugova postignuto je 1969, od čega 35 šestica, 48 sedmica, 61 osmicu, 75 devetki (mod) i 26 desetki. 55 puta SP nisu pogodili lice. Prosječna vrijednost pogotka iznosila je 6,56± 3,31 SD. Ovi podaci prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Deskriptivni parametri streličara početnika po uvjetima gađanja

UVJET	N	AS	MED	MOD	FREK. MODA	SUMA	MIN	MAX	VAR	SD	SKEW	KURT
U1	300	6,09	7,00	0	69,00	1826	0	10	12,31	3,51	-0,95	-0,65
U2	300	5,99	7,50	0	77,00	1798	0	10	13,55	3,68	-0,85	-0,93
U3	300	6,56	8,00	9	75,00	1969	0	10	10,93	3,31	-1,23	0,07

U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus, N – broj otpucanih strijela, AS – aritmetička sredina, MED – medijan, MOD – mod, FREK. MODA – frekvencija pojavljivanja moda, SUMA – suma, MIN – minimalna vrijednost, MAX – maksimalna vrijednost, VAR – varijanca, SD – standardna devijacija, SKEW – Skewness, KURT – Kurtosis.

5.3. Odnos uvjeta gađanja i pogodaka kod vrhunskih streličara i kod streličara početnika

Kako bi se utvrdio odnos između uvjeta gađanja (U1/U2/U3) i pogodaka (0-10) kod vrhunskih streličara (VS) i streličara početnika (SP) prije svega testirana je normalnost distribucije pogodaka Kolmogorov – Smirnovljevim testom. Test je pokazao da se distribucija podataka značajno razlikuje u odnosu na normalnu distribuciju, stoga je za utvrđivanje uvjeta gađanja koji pogoduje postizanju najvišeg rezultata korištena alternativa jednofaktorskoj analizi varijance, neparametrijska Friedmanova ANOVA. Ova metoda se upotrebljava na ordinalnim skalama za isti uzorak subjekata ili slučajeva mjeren u tri ili više navrata, odnosno tri ili više uvjeta (Pallant, 2009.). Nakon utvrđivanja statistički značajne razlike koja nastaje između tri uvjeta, sljedeći korak su naknadni pojedinačni Wilcoxonovi testovi ranga za utvrđivanje razlika od interesa (Pallant, 2009., www.documentation.statsoft.com). Podatci u Tablici 3. pokazuju vrijednosti najboljeg rezultata ukupno, odnosno sumu (0-3000), prosječno (0-10) i broj postignutih desetki kod vrhunskih streličara u sva tri uvjeta gađanja, zajedno sa rezultatima Friedmanovog i Wilcoxonovog testa.

Tablica 3. Rezultati Friedmanovog i Wilcoxonovog testa i deskriptivni parametri pogodaka za vrhunske streličare

UVJET GAĐANJA	N	UKUPNI ZBROJ POGODAKA	AS ± SD PROSJEČNI POGODAK	BROJ DESETKI	PROSJEČNI RANG (FRIE.ANOVA)	FRIEDMAN ANOVA	WILCOXONOV TEST RANGA
U1	300	2882	9,60 ± 0,65	200	1,98	p = 0,112	U1:U2 p = 0,811
U2	300	2879	9,60 ± 0,58	192	1,95		U1:U3 p = 0,079
U3	300	2907	9,69 ± 0,51	214	2,07		**U2:U3 p = 0,047**

U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da su najbolji rezultati kod vrhunskih streličara postignuti u U3 uvjetu gađanja (eksterni fokus), a najlošiji u U2 (interni fokus) uvjetu gađanja. Friedmanova ANOVA nije pokazala statistički značajne razlike, ali one su pronađene naknadnim testiranjem između U2 i U3 uvjeta gađanja (p=0,047). Iako prema deskriptivnim parametrima razlika u prosječnom pogotku između uvjeta nije velika, ukoliko se navedene vrijednosti promotre na razini formata standardnog natjecanja (60 strijela), vrijednosti rezultata u uvjetima iznose U1: 576, U2: 576 i U3: 581. Komparirajući navedene rezultate sa postignutim rezultatima na dva prošla Svjetska dvoranska prvenstva u kategoriji muških seniora, primjećuju se vidljive razlike u plasmanu. Primjerice, 581 – 16. mjesto, 576 – 28. mjesto (2014. god.), odnosno 12. i 25. mjesto (2016. god.). Osnovna tendencija u natjecateljskom streličarstvu je postići što je moguće veći broj bodova, odnosno veći broj desetki, što je slučaj unutar U3 uvjeta gađanja eksternog fokusa.

Ista procedura napravljena je i za streličare početnike, a rezultati su predstavljeni u Tablici 4.

Tablica 4. Rezultati Friedmanovog i Wilcoxonovog testa i deskriptivni parametri pogodaka za streličare početnike

UVJET GAĐANJA	N	UKUPNI ZBROJ POGODAKA	AS ± SD PROSJEČNI POGODAK	BROJ DESETKI	PROSJEČNI RANG (FRIE.ANOVA)	FRIEDMAN ANOVA	WILCOXONOV TEST RANGA
U1	300	1826	6,09 ± 3,51	26	1,96		U1:U2 p = 0,920
U2	300	1798	5,99 ± 3,68	31	1,94	**p = 0,038**	**U1:U3 p = 0,023**
U3	300	1969	6,56 ± 3,31	26	2,11		**U2:U3 p = 0,012**

U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus

Vidljivo je da su najbolji rezultati kod streličara početnika postignuti u U3 uvjetu gađanja (eksterni fokus), a najlošiji u U2 uvjetu gađanja (interni fokus). Statistički značajna razlika dobivena je između U1 i U3 uvjeta gađanja, te U2 i U3 uvjeta gađanja. Relativno velik broj nula odnosno promašaja, znatnim je dijelom uzrokovan formatom standardnog natjecateljskog lica, koje za razliku od ostalih formata odstupa svojim izgledom odnosno površinom i dodatnim brojem bodova (5-1), što za početnike predstavlja svojevrstan problem s obzirom na smanjenu bodovnu površinu. Navedene vrijednosti prosječnog pogotka promotrene na razini formata standardnog natjecanja (60 strijela), po uvjetima iznose U1: 365,4, U2: 359,4 i U3: 393,6. Iako postoji jasna razlika između rezultata, ona za streličare početnike s obzirom na njihovu razinu vještine nije toliko važna kao primjerice za vrhunske streličare. Interesantno je da su SP u U3 uvjetu imali najmanji broj 0 (22 manje nego u U2 uvjetu gađanja), te znakovito veći broj devetki u odnosu na ostala dva uvjeta (U1:U2:U3 – 55:52:75), što govori o boljoj grupiranosti pogodaka, odnosno o preciznijoj izvedbi.

Unutar motoričkog prostora, preciznost je definirana kao kvalitativna sposobnost koja omogućava da se bacanjem predmeta ili ciljanjem pogodi određeni statični ili pokretni cilj koji se nalazi na određenoj udaljenosti (Milanović, 1997.). U streličarstvu, precizan pogodak rezultat je precizne izvedbe pokreta povezanih sa specifičnom koordinacijom, na temelju kinestetičkih informacija iz memorije i receptora te usklađenošću s vizualnim ciljem (Milanović, 1997., Čižmek, 2007; Čižmek i Peršun, 2011; Vrbik i sur., 2015.). Streličarstvo spada u tzv. sportove preciznosti, u kojima je najvažnije što češće i što točnije pogoditi cilj gađanja - centar mete, odnosno lica. (Podržaj, 1998; Frangilli V. i Frangilli M., 2005.). U ovom istraživanju eksterni fokus pažnje doprinio je boljem rezultatu i preciznijim pogotcima u odnosu na interni fokus pažnje i nenavođenu situaciju (bez uputa o lokalizaciji fokusa - kontrolni uvjet) i to kod početnika i kod vrhunskih streličara. U mnogim istraživanjima koja su se bavila prednostima eksternog nad internim fokusom u zadacima preciznosti dobiveni su slični rezultati. Prednost eksternog fokusa nad internim u procjeni bolje preciznosti kod

početnika dokazana je u radu Wulf, Lauterbach i Toole (1999.). Prilikom tog su eksperimenta početnici golfa bili podijeljeni u dvije grupe, od kojih je svaka imala drukčiji intervencijski fokus: eksterni (zamah palice) i interni (zamah ruke). Bolja preciznost primijećena je tijekom odmicanja eksperimenta u obje grupe, međutim značajno bolje, odnosno preciznije rezultate imala je grupa eksternog fokusa. Slično kao i u ovom istraživanju, grupa početnika s eksternim fokusom imala je manji broj promašaja (0 bodova) u odnosu na interni fokus. U retencijskom testiranju bez upute, grupa eksternog fokusa ponovno je imala bolje rezultate u odnosu na grupu internog fokusa. Bolja preciznost u uvjetu eksternog fokusa nad internim fokusom demonstrirana je i u radu Wulf, McConnel, Gaertner i Schwarz (2002.), prilikom izvođenja tenis servisa u odbojci. Naime, iako nije primijećena razlika u kvaliteti samog pokreta (korektno izvršena tehnika), razlika u preciznosti servisa potvrđena je i kod početnika i kod iskusnih igrača odbojke, te u retencijskom mjerenju. Isti autori su u drugom eksperimentu istraživali preciznost pri izvođenju udarca u nogometu kod iskusnih nogometaša uz različitu povratnu informaciju (eksterno/interno orijentiran fokus) i različitu frekvenciju davanja povratne informacije (100% i 33%, nakon svakog ili svakog trećeg udarca.). Davanje eksterno usmjerene povratne informacije (usmjerenu na efekte pokreta) bilo je znatno učinkovitije na preciznost u odnosu na interno usmjerenu povratnu informaciju (usmjerenu na kretanje dijelova tijela), te nadalje, rjeđa interno usmjerena povratna informacija bila je korisnija od one nakon svakog udarca, za razliku od eksterno usmjerene povratne informacije koja je bila jednako učinkovita bez obzira na učestalost davanja. Slično istraživanje proveli su Wulf, Chiviacowsky, Schiller i Avilla (2010.) u zadatku ubacivanja lopte u igru u nogometu sa djecom početnicima u dobi od 10 do 12 godina. Rezultati su pokazali da je učenje motoričke forme (tehnika izvedbe izbačaja lopte u igru) bilo olakšano u slučaju eksterno usmjerene povratne informacije nakon svake izvedbe, u odnosu na eksterno usmjerenu povratnu informaciju nakon svake treće izvedbe, te interno usmjerenu povratnu informaciju nakon svake i svake treće izvedbe. S druge strane, iako se preciznost s brojem izvedbi povećavala, nije bila statistički značajna, što je objašnjeno prije svega time da je uputa i bila usmjerena na motoričku formu. Nadalje, postojala je vanjska informacija o točnosti izvedbe koja je bila podjednako dostupna grupama, te su se tako ispitanici mogli sami potrebno pripremiti za bolju izvedbu. U istraživanju Zachry, Wulf, Mercer i Bezodis (2005.) na iskusnim košarkašima dokazana je prednost eksternog fokusa (obruč koša) u odnosu na interni (zglob šake) pri izvođenju slobodnog bacanja. Dodatno, mjerena EMG aktivnost mišića prikazala je u uvjetu eksternog fokusa smanjenu aktivnost mišića biceps brachia i triceps brachia, što se objašnjava kao posljedica utišavanja „buke“ unutar motoričkog sustava,

odnosno diskriminantnijeg regrutiranja motoričkih jedinica. U svom eksperimentu Lohse i sur. (2011.) pokušali su rasvijetliti na koji način eksterni fokus pažnje mijenja sam pokret (kretanje), na zadatku gađanja pikado ploče pod različitim uvjetima fokusa pažnje. Bolja preciznost uočena je prilikom eksternog fokusa pažnje, no zanimljivo je da je opažena varijabilnost pokreta unutar različitih fokusa pažnje. Polazeći od toga da prilikom eksterno usmjerenog fokusa, sustav motoričke kontrole podešava se tako da optimizira objektivni cilj zadatka (primjerice centar mete), za razliku od interno usmjerenog fokusa koji je usmjeren na sam pokret. Upravo zbog toga, u uvjetu eksternog fokusa, primijećena je veća preciznost (ishod pokreta), povećana varijabilnost pojedinih dijelova tijela između pokušaja, te povećana povezanost između tih dijelova tijela. To konkretno znači da se prilikom bacanja pikado strelice prema ploči između bacanja tijekom eksternog fokusa, pozicija i kutna brzina pojedinog zgloba (npr. lakta ili ramena) mijenjaju (u prostoru), ali se povezanost između njih povećava (pomicanjem jednog zgloba, drugi se prilagođuje kako bi se efektivno ispunio zadatak). Ovi su podaci vrlo zanimljivi jer su oprečni uvriježenim načinima poučavanja tehnike streličarstva. U njima je glavna premisa za izvođenja pokreta zauzimanje uvijek istog položaja tijela u prostoru čime se u stvari izaziva naglašavanje internog fokusa, što je vrlo čest slučaj i u ostalim sportovima (Vickers, 2010.). Spomenuto je možda dobro polazište revizije metodike poučavanja elemenata tehnike u streličarstvu. Povećana preciznost prilikom eksterno usmjerenog fokusa pažnje bila je potvrđena i u istraživanju Wulf i Su (2007.). i to kod početnika i kod iskusnih igrača golfa. U oba slučaja pokazalo se da je eksterni fokus korisniji u odnosu na preciznost pogotka. Posebno zanimljiv je prijedlog autora o udaljavanju fokusa pažnje s porastom razine vještine izvođača (što je sportaš bolji u svojoj izvedbi, objekt eksternog fokusa može biti sve dalji, (pr. proksimalno – distalno: golf palica – udariti loptu povratnom rotacijom) što je svakako vrijedan prijedlog koji treba testirati u trenažnom procesu. Druga zanimljivost očituje se u sličnim rezultatima u kontrolnom i interno usmjerenom uvjetu fokusa pažnje, kod iskusnih igrača golfa, a dobiveni su i u ovom istraživanju kod vrhunskih streličara. Naime, autorice navode čest primjer tendiranja nižim nivoima kontrole u uvjetu bez upute (kontrolni uvjet), objašnjavajući ga tipičnim načinom opreznog ophođenja odraslih u novim zadacima i narušavanjem izvedbe za razliku od slobodnog i automatiziranog funkcioniranja karakteriziranog eksternim fokusom pažnje.

S ovim dijelom istraživanja, povezanim s odnosom različitog uvjeta gađanja ovisno o usmjerenosti mjesta fokusa pažnje (eksterni, interni) s visinom odnosno vrijednosti pogotka (preciznost), ovaj rad uvrštava i streličarstvo u obitelj promatranih sportova, te dopunjuje znanstveni mozaik prednosti eksternog fokusa nad internim po pitanju preciznosti izvedbe.

Zbog svega navedenog, prva hipoteza koja je glasila: „Eksterni fokus pažnje pogodovat će postizanju višeg pogotka kod početnika i kod vrhunskih streličara”, u potpunosti se prihvaća.

5.4. Vrijednosti pažnje i opuštenosti u različitim uvjetima fokusa pažnje kod početnika i kod vrhunskih streličara

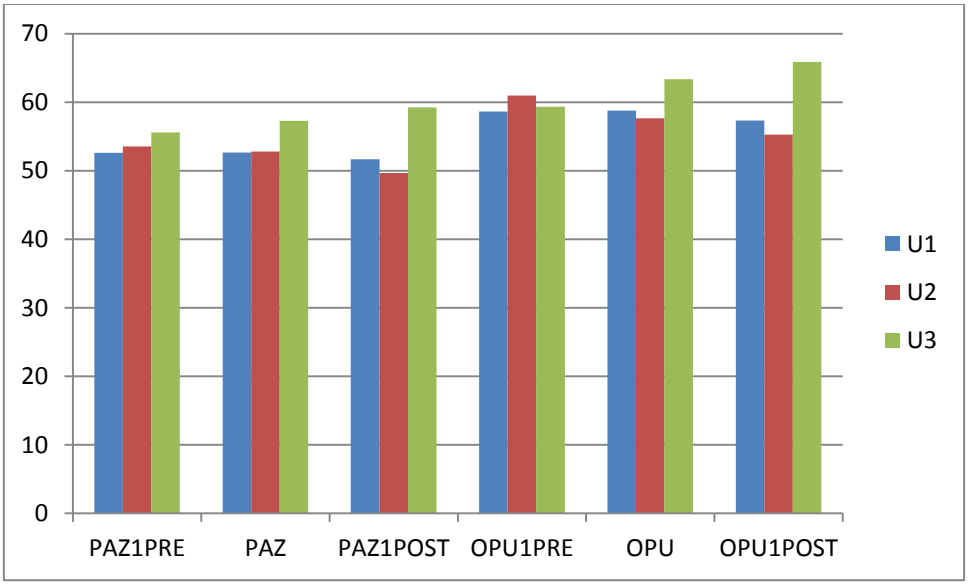
Osnovni deskriptivni parametri za vrhunske streličare za svaki uvjet prikazani su u Tablici 5. Pri analizi kod vrhunskih streličara u sva tri uvjeta fokusa pažnje u obzir su uzete vrijednosti pažnje i opuštenosti za pogotke 9 i 10 iz razloga malog broja entiteta za ostale pogotke.

Tablica 5. Vrijednosti pažnje i opuštenosti kod vrhunskih streličara u U1, U2 i U3 uvjetu gađanja

	POGODAK	N	PAZ1PRE AS	PAZ1PRE SD	PAZ AS	PAZ SD	PAZ1POST AS	PAZ1POST SD	OPU1PRE AS	OPU1PRE SD	OPU AS	OPU SD	OPU1POST AS	OPU1POST SD
U1	7	7	32,43	22,21	34,14	21,72	39,29	20,42	59,14	19,33	63,43	12,15	63,14	8,86
	8	6	38,83	10,67	43,17	10,13	44,67	6,31	57,17	9,20	53,83	9,62	57,50	11,27
	9	87	53,03	21,00	51,94	18,85	51,08	15,91	57,97	16,41	58,63	15,37	56,44	14,16
	10	200	52,39	19,26	52,98	19,24	51,94	17,93	58,91	17,88	58,84	15,39	57,74	14,12
U2	7	1	13,00	0,00	11,00	0,00	4,00	0,00	63,00	0,00	53,00	0,00	32,00	0,00
	8	11	41,36	20,16	33,00	18,82	35,36	24,56	61,18	14,08	52,09	14,56	42,09	15,86
	9	96	48,61	19,41	49,13	19,51	46,41	19,34	59,50	17,61	56,92	18,33	55,73	19,30
	10	192	56,01	21,21	54,65	20,91	51,26	20,06	61,72	16,82	57,98	16,74	55,05	16,87
U3	8	7	51,57	10,18	53,86	10,42	51,14	11,41	62,00	15,18	63,29	18,08	60,71	15,90
	9	79	51,47	18,34	52,01	19,21	53,67	19,25	57,53	16,12	61,52	16,08	61,72	19,64
	10	214	57,12	18,03	59,24	18,96	61,28	21,22	59,97	16,02	64,04	15,50	67,39	18,23

N-broj strijela, PAZ1PRE-vrijednosti pažnje 1 sekundu prije otpuštanja, AS-artimetička sredina, SD-standardna devijacija, PAZ-vrijednosti pažnje u trenutku otpuštanja, PAZ1POST-vrijednosti pažnje 1 sekundu nakon otpuštanja, OPU1PRE-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu prije otpuštanja, OPU-vrijednosti opuštenosti u trenutku otpuštanja, OPU1POST-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu nakon otpuštanja. U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

Preglednije razlike između efekata različitih uvjeta gađanja na vrijednosti pažnje i opuštenosti kod VS prikazane su u Grafikonu 1.



Grafikon 1. Prikaz vrijednosti pažnje i opuštenosti u sva tri uvjeta gađanja kod vrhunskih streličara

PAZ1PRE-vrijednosti pažnje 1 sekundu prije otpuštanja, PAZ-vrijednosti pažnje u trenutku otpuštanja, PAZ1POST-vrijednosti pažnje 1 sekundu nakon otpuštanja, OPU1PRE-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu prije otpuštanja, OPU-vrijednosti opuštenosti u trenutku otpuštanja, OPU1POST-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu nakon otpuštanja. U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

Vidljivo je da su kod vrhunskih streličara vrijednosti pažnje i opuštenosti u svim vremenskim točkama najviše u uvjetu gađanja eksterno usmjerenog fokusa pažnje u odnosu na oba druga uvjeta, osim u varijabli Opuštenost 1 sekundu prije otpuštanja (OPU1PRE), gdje su više vrijednosti postignute u interno usmjerenom uvjetu gađanja. Statistički značajne razlike pronađene su u varijablama PAZ1PRE (p=0,031) kod VS između U1 i U2 uvjeta gađanja, PAZ1PRE (p=0,032), PAZ (p=0,001) i PAZ1POST (p=0,000), OPU (p=0,003) i OPU1POST (p=0,000) između U1 i U3 uvjeta gađanja, te PAZ1PRE (p=0,001), PAZ (p=0,000) i PAZ1POST (p=0,000), OPU (p=0,000) i OPU1POST (p=0,000) između U2 i U3 uvjeta gađanja. Konkretnije, navedene vrijednosti rezultata upućuju na višu koncentraciju i opuštenost kod vrhunskih streličara tijekom gađanja prilikom eksterno usmjerenog fokusa u odnosu na interni fokus pažnje i slobodno usmjereni fokus pažnje.

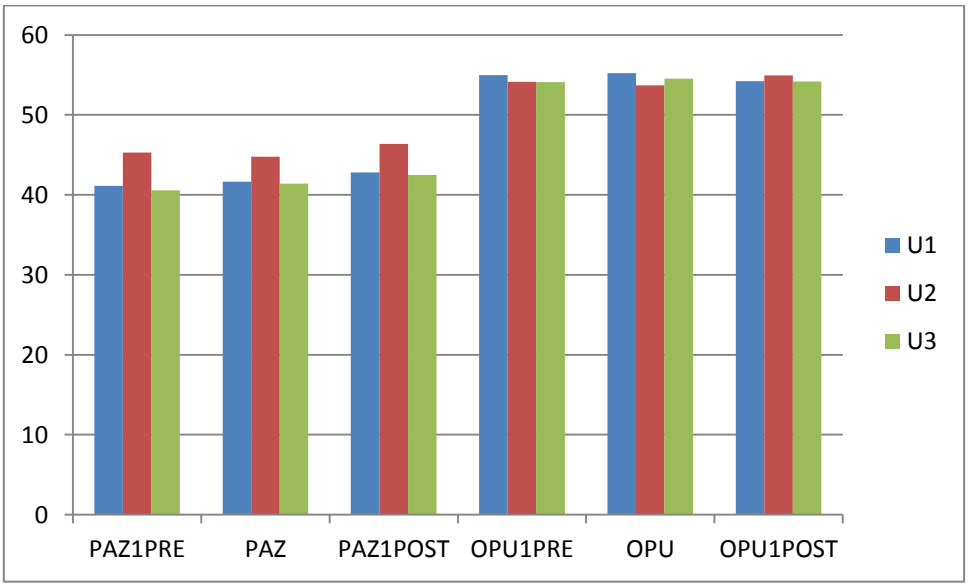
Osnovni deskriptivni parametri za streličare početnike prikazani su za svaki uvjet u Tablici 6. Sve vrijednosti pogodaka uzete su u obzir prilikom analize.

Tablica 6. Vrijednosti pažnje i opuštenosti kod streličara početnika u U1, U2 i U3 uvjetu gađanja

	POGODAK	N	PAZ1PRE AS	PAZ1PRE SD	PAZ AS	PAZ SD	PAZ1POST AS	PAZ1POST SD	OPU1PRE AS	OPU1PRE SD	OPU AS	OPU SD	OPU1POST AS	OPU1POST SD
U 1	0	69	44,75	17,63	43,67	15,93	44,33	16,13	55,84	15,80	54,57	14,90	53,65	14,83
	6	38	44,08	16,53	42,03	18,13	42,00	18,74	56,87	17,83	56,66	17,56	57,58	16,79
	7	53	45,36	20,66	46,64	19,46	47,36	18,31	53,49	13,89	55,11	13,48	55,53	13,83
	8	59	39,66	18,68	41,49	17,39	42,88	17,13	56,64	14,07	58,02	15,21	56,24	14,66
	9	55	34,75	18,68	35,71	17,24	39,73	16,51	54,07	17,44	54,82	17,56	53,24	17,52
	10	26	35,42	15,48	38,35	15,78	37,19	16,43	51,04	17,65	49,58	15,41	45,58	12,92
U 2	0	77	48,47	17,73	48,49	17,59	50,88	16,12	53,95	16,78	54,04	16,12	55,65	15,74
	6	27	50,67	23,12	51,26	20,49	53,04	18,74	58,33	20,18	57,41	18,19	57,74	18,03
	7	46	44,26	17,37	43,57	18,35	45,43	14,91	50,13	14,31	50,61	14,76	51,61	13,81
	8	67	44,46	19,84	44,66	18,19	47,01	16,26	55,36	17,17	54,82	16,50	56,84	16,16
	9	52	40,65	20,43	41,02	19,04	42,85	17,81	55,79	16,71	54,42	16,43	55,85	16,84
	10	31	43,90	15,77	38,26	17,12	35,32	18,34	51,29	21,16	50,71	21,00	50,00	20,51
U 3	0	55	41,00	18,44	40,82	19,33	42,80	18,75	52,51	16,52	54,25	16,29	55,91	15,34
	6	35	45,54	20,39	43,71	18,92	44,46	17,31	54,37	15,06	56,03	15,54	55,54	16,00
	7	48	43,48	21,02	44,44	19,05	44,33	17,16	55,21	15,50	54,69	15,17	53,25	16,12
	8	61	41,51	19,95	43,48	19,09	44,05	19,56	53,00	15,25	53,11	15,48	54,39	15,44
	9	75	37,73	17,77	40,60	16,98	43,07	14,79	54,57	16,81	55,44	15,48	54,33	14,29
	10	26	33,42	14,33	31,54	15,49	30,23	16,66	56,19	14,55	53,77	16,71	49,62	21,07

N-broj strijela, PAZ1PRE-vrijednosti pažnje 1 sekundu prije otpuštanja, AS-artimetička sredina, SD-standardna devijacija, PAZ-vrijednosti pažnje u trenutku otpuštanja, PAZ1POST-vrijednosti pažnje 1 sekundu nakon otpuštanja, OPU1PRE-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu prije otpuštanja, OPU-vrijednosti opuštenosti u trenutku otpuštanja, OPU1POST-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu nakon otpuštanja. U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

Efekti različitih uvjeta gađanja na vrijednosti pažnje i opuštenosti kod streličara početnika prikazane su u Grafikonu 2.



Grafikon 2. Prikaz vrijednosti pažnje i opuštenosti u sva tri uvjeta gađanja kod streličara početnika

PAZ1PRE-vrijednosti pažnje 1 sekundu prije otpuštanja, PAZ-vrijednosti pažnje u trenutku otpuštanja, PAZ1POST-vrijednosti pažnje 1 sekundu nakon otpuštanja, OPU1PRE-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu prije otpuštanja, OPU-vrijednosti opuštenosti u trenutku otpuštanja, OPU1POST-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu nakon otpuštanja. U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

Vrijednosti pažnje u sve tri točke mjerenja najviše su u uvjetu gađanja interno usmjerenog fokusa pažnje, a najniže u uvjetu eksterno usmjerenog fokusa. Statistički značajne razlike pronađene su u varijablama PAZ1PRE (p=0,001), PAZ (p=0,002) i PAZ1POST (p=0,000) između U1 i U2 uvjeta gađanja, PAZ1PRE (p=0,010), PAZ (p=0,019) i PAZ1POST (p=0,016) između U1 i U3 uvjeta gađanja, te PAZ1PRE (p=0,007), PAZ (p=0,003) i PAZ1POST (p=0,000) između U2 i U3 uvjeta gađanja. Streličari početnici najviše vrijednosti pažnje ostvaruju prilikom interno usmjerenog fokusa pažnje, zatim prilikom slobodnog usmjerenog fokusa pažnje, te najniže vrijednosti u eksterno usmjerenom uvjetu fokusa pažnje. Streličari početnici nisu pokazali razlike mjerene u varijablama za procjenu opuštenosti u različitim uvjetima gađanja.

U ranijim istraživanjima korisnost eksternog fokusa nad internim fokusom pažnje potvrđena je na način olakšane upotrebe nesvjesnih, brzih i refleksivnih procesa kontrole i to kao: smanjenje zahtjeva kapaciteta pažnje (Wulf, McNevin i Shea, 2001.), bolja prilagodba na visokofrekventne bazne pokrete (McNevin, Shea, Wulf, 2003.), smanjenje vremena predpripreme, odnosno efikasnije motoričko planiranje (Lohse, Sherwood i Healy, 2012.), te smanjenje mišićne aktivnosti kao indikatora veće kretne učinkovitosti (Lohse, Sherwood, i Healy, 2010.).

Prema tehničkim karakteristikama samog uređaja MindWave, mjera pažnje odnosi se na intenzitet ispitanikove razine mentalnog fokusa odnosno pažnje koja se pojavljuje tijekom intenzivnog koncentriranja i usmjerene, ali stabilne mentalne aktivnosti. Mjera opuštenosti indicira razinu korisnikove mentalne smirenosti i opuštenosti. Obje mjere predstavljaju izlaznu vrijednost algoritma koji prikupljene sirove vrijednosti preračunava u dvije izlazne mjere: pažnju i opuštenost na relativnoj skali od 0-100. Opis algoritma za izračun ovih vrijednosti dio je zaštićene poslovne tajne (Patsis, Sahli, Verhelst, Troyer, 2013.).

Lee (2009.) i Vrbik A. i sur. (2015.) vršili su istraživanja na streličarima koristeći se MindWave EEG uređajem. Dobiveni rezultati ukazali su na više i rastuće vrijednosti pažnje i opuštenosti prilikom otpuštanja kod elitnih streličara u odnosu na one srednjeg nivoa (rastuće vrijednosti pažnje, padajuće vrijednosti opuštenosti) (Lee, 2009.), te više vrijednosti pažnje kod streličara složenog luka u odnosu na one zakrivljenog luka (Vrbik i sur; 2015.), međutim usmjeravanje fokusa pažnje nije bilo tema istraživanja.

Utjecaj eksternog odnosno internog fokusa pažnje na različite psihofiziološke pokazatelje bio je tema nekolicine istraživanja u sličnim sportovima. Naime, Neumann i sur. (2011.) su na uzorku igrača golfa početnika i iskusnih igrača golfa promatrali vrijednosti srčanih i dišnih aktivnosti ovisno o različitom fokusu pažnje. Pri usporedbi grupa, iskusni igrači golfa imali su bolje rezultate, sniženu frekvenciju srca, veću varijabilnost frekvencije srca, naglašeno usporavanje otkucaja srca prije samog udarca, te veću tendenciju izdisanja prije udarca. Ranije spomenuta istraživanja EMG aktivnosti Lohse i sur. (2011.), te Zachry (2005.) bavila su se smanjenom aktivnosti mišića nadlaktice kod igrača pikada i u slučaju slobodnih bacanja u košarci. Kako se to odražava na EEG aktivnosti prilikom različitog fokusa pažnje? Prema Bernsteinu (1967, citirano prema Peh i sur. 2011.) s porastom sofisticiranosti izvedbe, koordinacija i kontrola izvedbe delegiraju se nižim nivoima centralnog živčanog sustava, omogućavajući angažiranje samoorganizirajućih kretnih sustava koji su najučinkovitiji za dani zadatak. Eksterni fokus pažnje vrlo malo utječe na prekidanje nižih razina kontrole, s obzirom da je pažnja usmjerena na efekte kretanja, a ne na samo kretanje. Nadalje, uz pomoć paradigme ekspert – početnik, omogućen je uvid u načine kako mentalne operacije variraju kao funkcija sposobnosti, posebice u odnosu na pamćenje, pažnju i strategiju ostvarenja postavljenih zadataka (Chase i Simon, 1973; Chi i sur; 1981., i 1982., citirano prema Singer, 2000.). Prema navedenome, u slučaju vrhunskih streličara, povišene vrijednosti pažnje i opuštenosti mjerene MindWave uređajem tijekom eksterno umjerene pažnje u odnosu na interno usmjereni fokus i kontrolni uvjet gađanja, mogu se objasniti automatiziranim

izvođenjem aktivnosti s distalno usmjerenom pažnjom koja je inače karakteristična za vrhunsku izvedbu u streličarstvu (McNevin i sur; 2003; Behan i Wilson, 2007.).

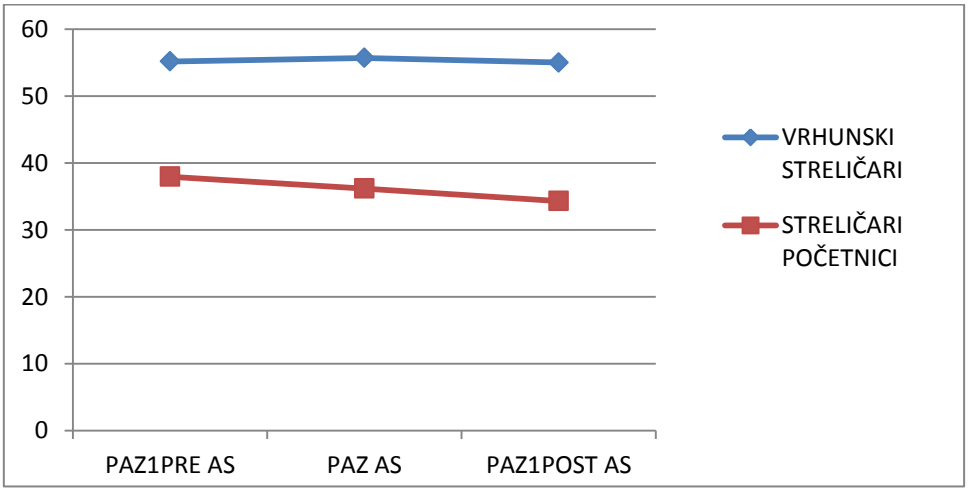
S druge strane, kod streličara početnika, eksterni fokus pažnje nije rezultirao povišenim vrijednostima pažnje, kao u postavljenoj hipotezi. Naprotiv, povišene vrijednosti bile su obilježje internog fokusa pažnje, za razliku od sličnih vrijednosti u kontrolnom i u uvjetu eksternog fokusa. Razlog tome može se nalaziti u nekoliko činjenica: kao što je navedeno u opisu ispitanika, početnici koji su sudjelovali u ovom istraživanju imali su određeno (kratko) iskustvo gađanja lukom i strijelom. Metodika poučavanja streličarske tehnike u najvećem broju slučajeva potencira analitičku metodu učenja s intenzivnim razmišljanjem o pojedinim elementima prilikom izvođenja i to na način svojevrsne *check-liste* koja prati segmente izvedbe. Samim time, moguće je da je početnicima bilo lakše pri navođenom uvjetu gađanja internog fokusa, sa specifično preciziranom uputom jednog elementa tehnike, koncentrirati se na samu izvedbu, za razliku od još uvijek relativno apstraktnog prebacivanja fokusa, s obzirom na nedovoljno iskustvo, na „vanjski“ dio sebe (usmjerena misao na konkretan dio tijela mogla je uzrokovati više vrijednosti mjerene uređajem od primjerice relativno širokog pojma „leta strijele“ ili „žutog“). Nadalje, slično kao i s eksternim fokusom, u kontrolnom uvjetu gađanja bez ikakve upute, početnicima je možda bilo teško koncentrirati se na isključivo jednu stvar (tip razmišljanja koji iz tehničkog opisa uređaja uzrokuje povisivanje vrijednosti pažnje), čime je fokus pažnje vrlo vjerojatno varirao i mijenjao se, uzrokujući niže vrijednosti. S obzirom da je osnovna premisa kvalitetne i efikasne izvedbe streličarske tehnike ponavljanje istog položaja tijela u prostoru (što za posljedicu ima pogađanje istog mjesta strijele u meti) (Čižmek, 2007; Vrbik i sur; 2015.), Peh i sur. (2011.) navode kako u aktivnostima u kojima je glavni cilj (re)(producirati specifični obrazac kretanja (poput streličarske tehnike), interni fokus pažnje može biti objektivno efikasniji. Također, Newell (1985.) je unutar svog modela učenja predstavio interni fokus kao važan čimbenik tijekom akvizicije koordinacije određenog pokreta ili prilikom izvođenja određenih motoričkih zadataka s ograničenjima. Vrijednosti opuštenosti djelomično su iznenađenje u ovom istraživanju s obzirom na visinu rezultata i podjednake iznose u sva tri uvjeta gađanja. Dobiveni rezultati mogu se protumačiti na nekoliko načina: prije svega, samo mjerenje nije bilo održano u specifičnim natjecateljskim uvjetima u kojima bi različiti nivoi anksioznosti, stresa i nemira mogli biti prisutni, te samim time smanjivati mjerene vrijednosti opuštenosti. Nadalje, ispitanici su bili ohrabrivani tijekom eksperimenta da slobodno koriste predviđeno i dozvoljeno vrijeme na raspolaganju za ispucati tri strijele po seriji, a time si osiguravajući dovoljno vremena za smireni ulazak u rutinu gađanja. Također, ispitanici su u

eksperimentalnim uvjetima primali uputu da budu što je moguće precizniji, što indicira i veću smirenost, čime su vrlo vjerojatno potaknuli i efikasnije načine disanja prije natega i u nategu, te mentalnu predpripremu na liniji prije samog izvođenja, a čiji je cilj relaksacija u smislu osjećaja mentalne opuštenosti.

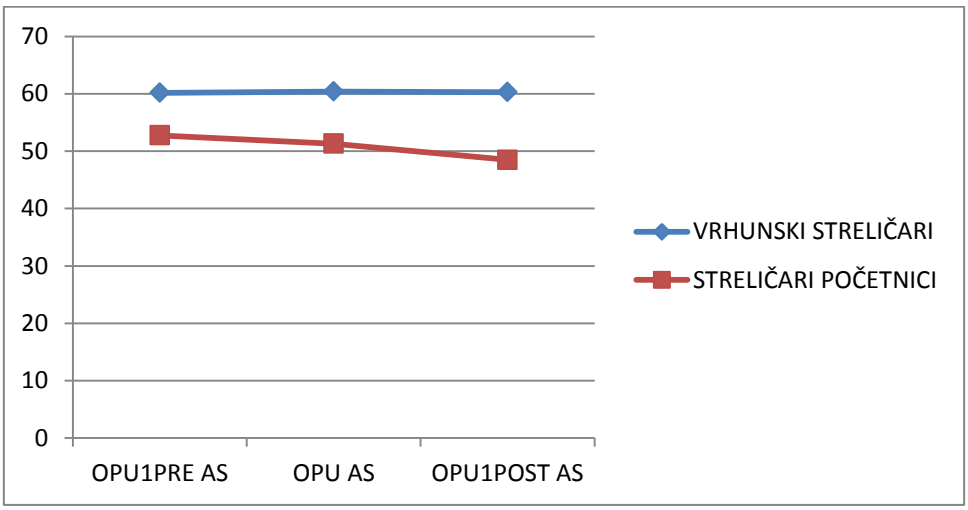
S obzirom na sve navedeno, druga hipoteza koja je glasila: "Vrijednosti pažnje i opuštenosti bit će više tijekom gađanja u uvjetu eksternog fokusa (U3) kod početnika i kod vrhunskih streličara u odnosu na uvjet internog fokusa (U2)", djelomično se prihvaća.

5.5. Razlike u vrijednostima pažnje i opuštenosti između vrhunskih streličara i streličara početnika

Na temelju istraživanja koje je proveo Lee (2009.) sa suradnicima, te Vrbik A. i sur. (2015.), promatrajući vrijednosti pažnje i meditacije mjerene MindWave EEG uređajem, postavljena je hipoteza o rastućim vrijednostima pažnje i meditacije kod vrhunskih streličara tijekom gađanja (1 sek. prije, trenutak otpuštanja, 1 sek. nakon), te padajućih vrijednosti kod streličara početnika pri postizanju najvišeg pogotka (10). Analiza je pokazala vrlo interesantne rezultate u kojima su, ne raščlanjujući podatke po uvjetima gađanja, vrhunski streličari pokazali stagnirajuće vrijednosti pažnje i opuštenosti, za razliku od streličara početnika koji su imali padajuće vrijednosti (Grafikon 3. i Grafikon 4.).

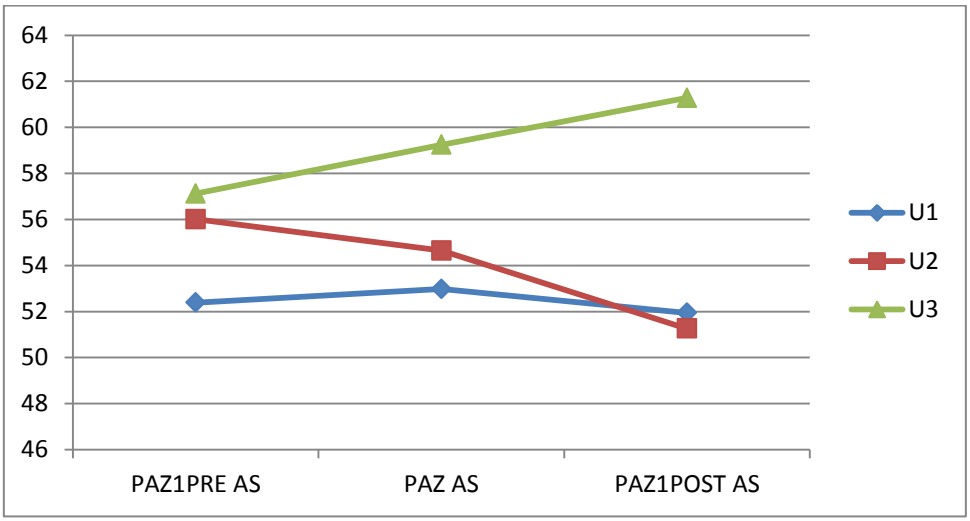


Grafikon 3. Prikaz vrijednosti pažnje kod vrhunskih streličara i streličara početnika prilikom postizanja 10-tke
PAZ1PRE-vrijednosti pažnje 1 sekundu prije otpuštanja, AS-artimetička sredina, PAZ-vrijednosti pažnje u trenutku otpuštanja, PAZ1POST-vrijednosti pažnje 1 sekundu nakon otpuštanja.



Grafikon 4. Prikaz vrijednosti opuštenosti kod vrhunskih streličara i streličara početnika prilikom postizanja 10-tke
AS-artimetička sredina, OPU1PRE-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu prije otpuštanja, OPU-vrijednosti opuštenosti u trenutku otpuštanja, OPU1POST-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu nakon otpuštanja.

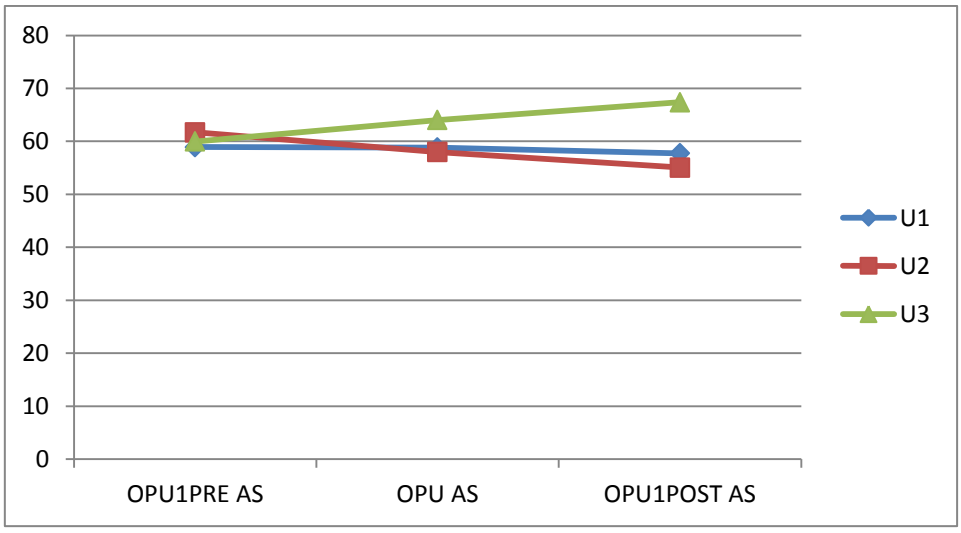
Raščlanjivanjem vrijednosti pažnje kod vrhunskih streličara po uvjetima gađanja, vidljivo je da su rastuće vrijednosti pokazane u uvjetu eksterno usmjerenog fokusa gađanja, za razliku od padajućih u uvjetu interno usmjerenog fokusa i relativno stagnirajućih u kontrolnom uvjetu (Grafikon 5.).



Grafikon 5. Prikaz vrijednosti pažnje kod vrhunskih streličara prilikom postizanja 10-tke u različitim uvjetima gađanja

PAZ1PRE-vrijednosti pažnje 1 sekundu prije otpuštanja, AS-artimetička sredina, PAZ-vrijednosti pažnje u trenutku otpuštanja, PAZ1POST-vrijednosti pažnje 1 sekundu nakon otpuštanja, U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

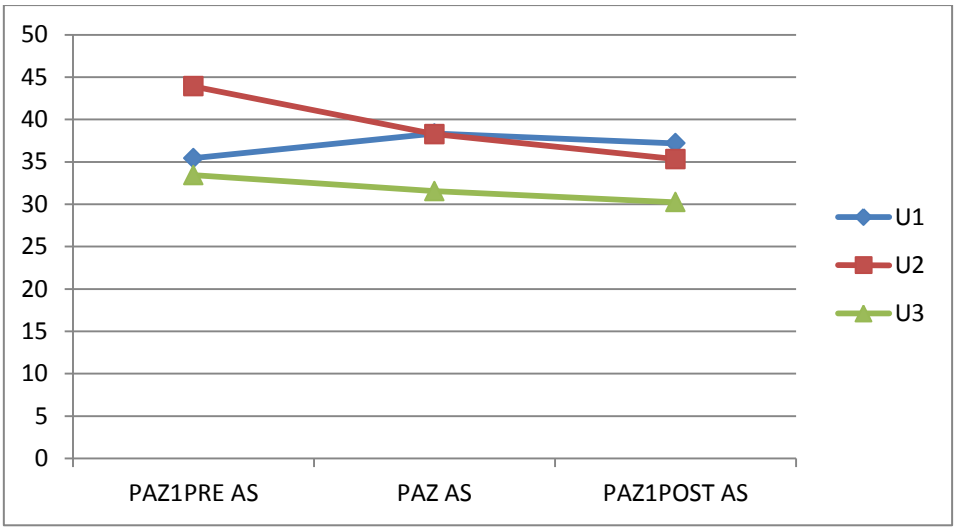
Raščlanjivanjem vrijednosti opuštenosti kod vrhunskih streličara po uvjetima gađanja, vidljivo je da su rastuće vrijednosti pokazane u uvjetu eksterno usmjerenog fokusa gađanja, za razliku od padajućih u uvjetu interno usmjerneog fokusa i blago padajućih u kontrolnom uvjetu (Grafikon 6.).



Grafikon 6. Prikaz vrijednosti opuštenosti kod vrhunskih streličara prilikom postizanja 10-tke u različitim uvjetima gađanja

AS-artimetička sredina, OPU1PRE-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu prije otpuštanja, OPU-vrijednosti opuštenosti u trenutku otpuštanja, OPU1POST-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu nakon otpuštanja. U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

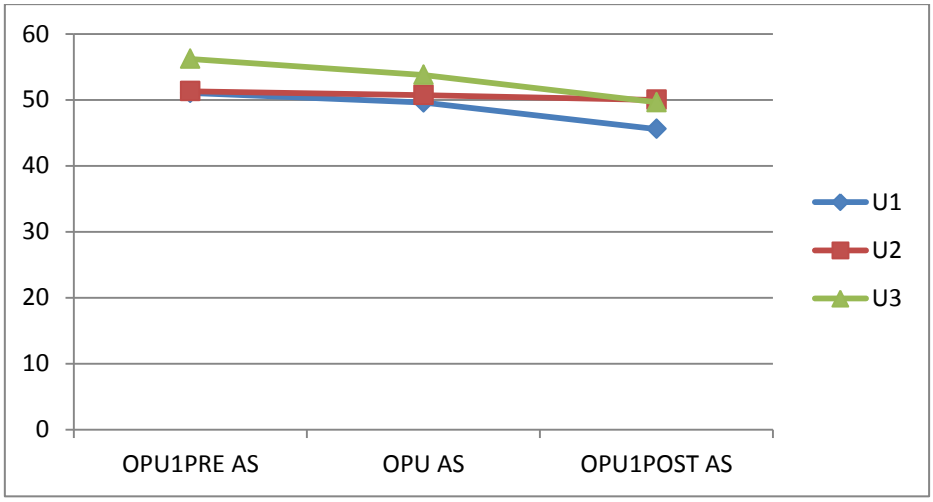
Raščlanjivanjem vrijednosti pažnje kod streličara početnika po uvjetima gađanja, vidljivo je da su rastuće vrijednosti pokazane u kontrolnom uvjetu gađanja između 1 sek. prije otpuštanja i otpuštanja, a nakon toga počinju blago padati, za razliku od padajućih u uvjetu interno usmjerenog fokusa i kontrolnom uvjetu (Grafikon 7.).



Grafikon 7. Prikaz vrijednosti pažnje kod streličara početnika prilikom postizanja 10-tke u različitim uvjetima gađanja

PAZ1PRE-vrijednosti pažnje 1 sekundu prije otpuštanja, AS-artimetička sredina, PAZ-vrijednosti pažnje u trenutku otpuštanja, PAZ1POST-vrijednosti pažnje 1 sekundu nakon otpuštanja, U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

Raščlanjivanjem vrijednosti opuštenosti kod streličara početnika po uvjetima gađanja, vidljivo je da su padajuće vrijednosti pokazane u kontrolnom uvjetu i uvjetu eksterno usmjerenog fokusa, za razliku od stagnirajućih vrijednosti u uvjetu interno usmjerenog fokusa (Grafikon 8.).



Grafikon 8. Prikaz vrijednosti opuštenosti kod streličara početnika prilikom postizanja 10-tke u različitim uvjetima gađanja

AS-artimetička sredina, OPU1PRE-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu prije otpuštanja, OPU-vrijednosti opuštenosti u trenutku otpuštanja, OPU1POST-vrijednosti opuštenosti 1 sekundu nakon otpuštanja. U1 – kontrolni uvjet gađanja, U2 – interni fokus, U3 – eksterni fokus.

Za vrhunske streličare dobiveni rezultati upućuju na nekoliko stvari. Prije svega povećanje pažnje i opuštenosti u uvjetu eksternog fokusa poklapa se sa rezultatima istraživanja i karakteristikama gađanja vrhunskih streličara koje je proveo Lee i sur. (2009.). Pri najvišem stupnju izvedbe, streličareva zadaća je nakon otpuštanja prijeći u fazu tzv. *follow througha*, koja se opisuje kao neprekinuti nastavak fizičkih i mentalnih aktivnosti (WA, 2014. www.worldarchery.org), koje su se prethodno odvijale od samog otpuštanja s naglaskom na praćenje leta strijele (Čižmek, 2007; Vrbik A. i sur. 2015.). Drugim riječima, streličar s eksternim fokusom pažnje nakon otpuštanja prelazi u završnu fazu izvedbene tehnike u kojoj još dalje pomiče svoj fokus pažnje, a koji je povezan s dodatnim poboljšanjem izvedbe (McNevin, Shea i Wulf, 2003; McKay i Wulf; 2011; Behan i Wilson, 2007; Williams, 2002.). Iznimno treba naglasiti da se najvrsnija izvedba otpuštanja treba dogoditi nesvjesno, odnosno na način da streličar ne zna točan trenutak kada će se izlazak tetive iz prstiju (otpuštanje) dogoditi, i to ne na način namjernog aktiviranja mišića ispružača prstiju, već opuštanjem mišića pregibača prstiju prilikom istovremenog, kontinuiranog i dinamičkog rada leđa (Ertan, Kentel, Tumer i Korkusuz, 2003; Ertan, 2009; Kolayis i Ertan 2016., Čižmek, 2007.). Takvu izvedbu streličari kvalitativno opisuju kao „tunel“, odnosno osjećaj kao da ne mogu pogriješiti niti promašiti. Navedeno se poklapa sa stanjima opisanim kao *zona* ili *flow*, terminom koji u istraživanjima koja su se bavila tim fenomenom podrazumijeva potpunu koncentraciju i uključenost u aktivnost, osjećaj kontrole, jedinstvo uma i tijela, te osjećaj osobne ispunjenosti pri vrhunskoj izvedbi sa sužavanjem fokusa pažnje (Privette, 1983; Novak i Hoffman, 1997; Young, 1999.).

S druge strane, padajuće vrijednosti u internom fokusu pažnje kod vrhunskih streličara najvjerojatnije su uzrokovane upravo pripremom za otpuštanje, odnosno samim otpuštanjem, te pretjeranim provjeravanjem korektne izvedbe pojedinih elemenata tehnike koje na kraju može dovesti i do „smrzavanja“ odnosno „kratkog spoja“ u izvedbi (Vereijken, van Emmerik, Whiting i Newell, 1992; citirano prema Wulf i sur. 2001.). Vrlo je važno spomenuti da je streličar s interno usmjerenim fokusom pažnje zaokupiran velikim brojem zadataka koje mora izvršiti, koji su sami po sebi izvedivi ukoliko nisu postavljeni unutar dodatnog mentalnog opterećenja poput lica, zapisivanja pogodaka, natjecanja ili eliminacijskih borbi. U takvim slučajevima, višak vizualnih informacija predstavlja dodatno opterećenje, odnosno u najvećem broju slučajeva preveliko opterećenje, zbog kojeg usmjereno razmišljanje na pojedine dijelove tijela, kutne odnose između njih te uspoređivanje s idealnim biomehaničkim modelima dovodi do gubljenja mogućnosti koncentracije, usmjerenih misli i smirenosti, a time i do narušavanja izvedbe. U kontrolnom uvjetu gađanja bez uputa i navođenog fokusa,

najniže vrijednosti u usporedbi s druga dva uvjeta i blago padajuće vrijednosti, vrlo su vjerojatno produkt kombinacije oba fokusa pažnje. Naime, tijekom mjerenja vrhunskih streličara, (u slobodnoj komunikaciji, bez ikakvog znanja o usmjerenom fokusu pažnje), gotovo su svi istaknuli da kada gađaju pokušavaju fokus pomaknuti na nišanjenje, odnosno „na žuto“ (omogućavajući si pritom odrađivanje tehnike na automatiziranom nivou) (Shiffrin i Schneider, 1997.). Međutim, isto tako je prijavljeno, da kada imaju određeni problem s tehnikom, fokus prebacuju na taj dio kretanja tijela. S obzirom na već ranije spomenutu interno usmjerenu metodiku poučavanja streličarstva, s tek kasnijim uvođenjem eksternog fokusa (tijekom završne faze, ali i nakon savladavanja određenih nivoa izvedbe), možda bi uvođenje nove „škole“ (Wulf, 2013.), moglo pospješiti učenje tehnike streličarstva, ubrzati akviziciju elemenata i faza tehnike, te smanjiti količinu detalja za obradu koji utječu na izvedbu i rezultat.

Za streličare početnike, padajuće vrijednosti pažnje u skladu su s postavljenom hipotezom. Temeljem hipoteze o ograničenoj aktivnosti (Wulf i sur. 2001.), eksterni fokus trebao bi uzrokovati bolje rezultate u usporedbi s internim fokusom pažnje, ne samo kod iskusnih i vrhunskih sportaša, već i kod početnika (Wulf i Weigelt, 1995; Wulf i sur; 2001; An i sur; 2013; McNevin i sur; 2003; Lohse i su; 2010; Wulf, 2013.). S druge strane, Newellov (1967.) model motoričkog učenja koji podrazumijeva tri faze učenja: koordinaciju, kontrolu i vještinu, predstavlja opći okvir akvizicije koordinacije i kontrole, koja se povećava treningom i protekom vremena, te može poslužiti kao uvid u relativnu efikasnost različitog usmjeravanja pažnje (Peh i sur; 2011.). On smatra da u ranim fazama učenja (koordinacija), početnici se suočavaju s usvajanjem funkcionalnog kretnog obrasca na način stvaranja odnosno sastavljanja komponentnih veza pojedinih bitnih dijelova tijela. U sljedećoj fazi (kontrola), izvedba je moguća u promjenjivim uvjetima okoline, a izvođači bolje povezuju derivate viših razina poput brzine kretanja, ispoljene sile i sl., koji sudjeluju u stvaranju pokreta kako bi uspješno završili zadatak. Treća faza, faza vještine podrazumijeva davanje optimalnih vrijednosti varijablama koje kontroliraju kretanje. Prema Newellu (1967.), interni fokus pažnje može biti primjereniji za početnike tijekom koordinacijske faze, koja uključuje sastavljanje osnovnih, funkcionalnih koordinacijskih obrazaca od dostupnih kretnih mogućnosti koje nudi ljudski lokomotorni sustav. Štoviše, Newell (1967.), smatra interni fokus pažnje korisnijim, ako kontekst izvedbe naglašava kretnu formu, umjesto ili za razliku od ishoda izvedbe. Time se objašnjava kako interni fokus pažnje može biti vrlo važan za akviziciju kretnih vještina tijekom ranih faza učenja, no kasnije tijekom faze kontrole, eksterni fokus može biti korisniji za uspješno usvajanje osnovnih funkcionalnih pokreta.

Najviše postignute vrijednosti unutar internog fokusa pažnje, odnosno najniže u uvjetu eksterno usmjerenog fokusa pažnje, mogle bi se objasniti upravo ovim modelom motoričkog učenja. Slično kao i kod vrhunskih streličara u internom fokusu, kod početnika je usmjerena uputa internog fokusa vrlo vjerojatno omogućila bolju koncentraciju, mirnije stanje uma, te samim time i više vrijednosti, dok je eksterni fokus kod početnika (koji teže isključuju proprioceptivni feedback), uzrokovao dodatno kognitivno opterećenje, a čime su usmjerenost misli i opuštenost bili narušeni (Birnie, 2016.). Ono što je posebno interesantno je da su padajuće vrijednosti zabilježene tijekom gađanja u varijabli pažnje i opuštenosti u sva tri uvjeta gađanja, osim u varijabli pažnje u kontrolnom uvjetu između 1 sek prije otpuštanja i u trenutku otpuštanja. Ta informacija možda može upućivati na optimalni izbor fokusa pažnje, uspostavljajući ravnotežu između eksternog i internog fokusa pažnje prilagođenog početnicima. Zanimljivo je da su u svim varijablama nakon otpuštanja primijećene padajuće vrijednosti što se može povezati s tipičnom reakcijom početnika koji odmah po otpuštanju tetive završavaju proces gađanja, bez završne faze, prekidajući vezu sa lukom, strijelom i metom.

Zbog svega navedenog hipoteza koja glasi: „Prilikom postizanja najvećeg pogotka (10), vrhunski streličari bilježit će rast vrijednosti pažnje i opuštenosti tijekom gađanja (i nakon otpuštanja), za razliku od početnika kojima će neposredno prije otpuštanja vrijednosti pažnje padati" se prihvaća.

6. ZAKLJUČAK

Krajem 19. stoljeća zabilježena su istraživanja koja su se bavila proučavanjem (ometajućeg) djelovanja prevelike pažnje na izvedbu dobro uvježbane aktivnosti (Bliss, 1892-1893., Boulder, 1935., prema Wulf i Prinz, 2001). Primjerice, iskusni će vozač automobila u datom trenutku, ukoliko usmjeri razmišljanje na to koja noga mora pritiskati koju pedalu uzrokovati narušavanje dotad automatizirane aktivnosti (radnje), odnosno njezin prekid ili pogrešku (Wulf i Prinz, 2001). U velikom broju istraživanja potvrđeno je kako fokus pažnje kod pojedinca može imati značajan utjecaj na motoričku izvedbu i učenje (Wulf, 2013; Wulf i Prinz, 2001). Konkretnije, usmjeravanje fokusa na pokrete tijela (interni fokus pažnje) tijekom izvođenja motoričkog zadatka pokazalo se manje učinkovitim u odnosu na usmjeravanje fokusa pažnje na efekte pokreta (eksterni fokus pažnje) (An i sur; 2013; Wulf, 2013; Lohse i sur; 2010; 2013; Wulf i sur; 2010; Wulf i Su, 2007; Wulf i Prinz, 2001; McNevin i sur; 2003; Zachry i sur; 2003; Vance i sur; 2004). Objašnjenje učinaka različitog fokusa pažnje predloženo je unutar hipoteze o ograničenoj aktivnosti (McNevin i sur; 2003; Wulf i sur; 2001.), prema kojoj prilikom interno usmjerenog fokusa pažnje, pojedinci svjesno pokušavaju kontrolirati pokrete tijela, čime ograničavaju motorički sustav i prekidaju automatizirane procese. Eksterni fokus koji se bazira na usmjeravanju pažnje na efekte pokreta tijela, dopušta nesvjesnim i automatiziranim procesima kontrolu pokreta rezultirajući boljom izvedbom, ali i učenjem (Zachry i sur; 2005.).

U ovom se radu istraživao utjecaj usmjerenosti pažnje (eksterni / interni fokus) na preciznost pogodaka kod početnika i vrhunskih streličara, razina pažnje i opuštenosti mjereni mobilnim EEG uređajem s obzirom na različite uvjete gađanja (kontrolni uvjet, uvjet internog fokusa pažnje i uvjet eksternog fokusa pažnje), te karakteristike variranja pažnje i opuštenosti kod početnika i vrhunskih streličara prilikom najbolje izvedbe (postizanja pogotka od 10 krugova). Prema rezultatima, u uvjetu eksterno usmjerenog fokusa gađanja, obje grupe imale su bolje rezultate u odnosu na ostala dva uvjeta, veći broj 10-ki (VS), odnosno veći broj 9-ki i manji broj 0 (SP). Više vrijednosti pažnje i opuštenosti u eksterno usmjerenom fokusu gađanja izmjerene su kod vrhunskih streličara, dok su početnici više vrijednosti postizali u uvjetu interno usmjerenog fokusa gađanja. Prilikom postizanja najvišeg pogotka, vrhunski streličari bilježili su najviše i rastuće vrijednosti pažnje i opuštenosti mjerene mobilnim EEG uređajem, za razliku od početnika koji su demonstrirali padajuće vrijednosti prilikom tijeka gađanja. Navedeno upućuje na zanimljivu uzročno – posljedičnu prirodu odnosa automatizirane vrhunske izvedbe i fokusirane pažnje i optimalnog nivoa opuštenosti, za razliku od nedovoljno učvršćenog motoričkog znanja u početnika koji često mijenjaju fokus

pažnje narušavajući koncentraciju, te time utječući i na svoju opuštenost. Dobiveni rezultati kod vrhunskih streličara u potpunosti su u skladu s ranijim istraživanjima poboljšane preciznosti i eksternog fokusa dokazanih u golfu (Wulf, Lauterbach i Toole, 1999.), servisu u odbojci (Wulf i sur; 2002.), udarcu u nogometu (Wulf i sur; 2002., Wulf, Waechter i Wortmann, 2003.) i slobodnom bacanju u košarci (Al Abood, Benett, Herandez, Ashford i Davids, 2002.), te najviših i rastućih vrijednosti pažnje i opuštenosti prilikom tijeka gađanja (Lee, 2009.) u eksternom uvjetu gađanja, te potvrđuju inicijalne hipoteze. Bolja preciznost u eksterno usmjerenom fokusu pažnje primijećena je i kod streličara početnika, međutim više vrijednosti pažnje zabilježene su u interno usmjerenom fokusu pažnje, te padajuća priroda vrijednosti pažnje tijekom gađanja.

Vrhunska streličarska izvedba podrazumijeva savršeno izvođenje elemenata tehnike preciznim ponavljanjem svih kinematičkih parametara odabranih, odnosno ključnih tjelesnih koordinata s posljedicom preciznog i poželjnog pozicioniranja strijela u cilju gađanja (licu, meti). Porastom ekspertize streličara, navedeni uzročno–posljedični odnos postaje sam po sebi razumljiv, međutim, kod streličara početnika nerijetko se dogodi previd loše izvedene tehnike uslijed (slučajnog) dobrog pogotka zbog čega se metodika streličarske tehnike fokusira na učenje tehnike (interni fokus pažnje usmjeren na dimenzije tijela). Jedan od ključnih elemenata tehnike u streličarstvu je otpuštanje, što je opisano kao neometani izlazak tetive iz hvata stražnje ruke streličara kao posljedica relaksacije mišića pregibača prstiju tijekom aktivnog primicanja stražnje lopatice prema kralježnici (Čižmek, 2007; WA 2014; www.worldarchery.org). Česte pogreške prilikom otpuštanja uključuju lateralnu defleksiju stražnje šake (Horsak i Heller, 2011.), pogrešnu kontrakciju mišića pregibača prstiju i prolaps lopatice čime se direktno utječe na pogodak (Tinazci, 2001; Ertan i sur; 2003; 2005a; 2005b; 2011; Ertan 2009.). Navedeni element izrazito je koordinacijski složen i zahtijeva sintetički pristup u metodici učenja. Prema teoriji ograničene aktivnosti (Mcnevin i sur; 2003; Wulf i sur; 2001.), prilikom internog fokusiranja pažnje (na sam pokret), motorički sustav ne usmjerava pažnju direktno na ishod zadatka, već se preustrojava kako bi se smanjile pogreške u poziciji tijela. Novonastali preustroj optimalno funkcionira u skladu sa zadatkom točnog kinematičkog postavljanja tijela u prostoru odnosno smanjenja kinematičkih devijacija, no posljedično nosi smanjenu preciznost ishoda.

Razlike u izvedbi i psihofiziološkim pokazateljima između različitih nivoa ekspertize pronađene su i obrađene u mnogim ranijim radovima (Neumann i Thomas 2009; 2011; Vrbik A. i sur; 2015; Lee, 2009; Clarys i sur. 1990; Kian, Ghomshe i Norang, 2013; Robazza, Bortoli i Nougier, 1999) u smislu usporavanja otkucaja srca i izdisanja neposredno prije

samog izvođenja udarca u golfu, odnosno otpuštanja u streličarstvu, smanjene EMG aktivnosti, te povišenih vrijednosti pažnje i opuštenosti mjerene EEG uređajem kod vrhunskih sportaša u odnosu na početnike.

Veliki broj istraživanja bavio se utjecajem različitog fokusa pažnje u raznim sportovima, međutim ovo istraživanje prvo je u kojem se fokus pažnje pratio kod streličara i to različitog nivoa sportskog razvoja i rezultata. Iako je ovo istraživanje pokazalo različite karakteristike u promatranim varijablama, treba naglasiti da različiti sportovi, pa čak i različite aktivnosti unutar istog sporta iziskuju u potpunosti drugačiju aktivaciju moždanih aktivnosti i autonomnog živčanog sustava, čime individualizacija trenažnog programa, a tako primjerice i neurofeedback treninga nije samo preporuka, nego predstavlja nužnost (Strack, Linden i Wilson, 2011.).

Važno je reći kako ovaj rad ima nekoliko ograničenja istraživanja. Prije svega navedeno se odnosi na relativno mali uzorak ispitanika uzrokovan dostupnošću vrhunskih streličara i mogućnošću dolazaka na mjerenja zbog izbivanja i natjecateljskih obveza. Veći broj ispitanika po grupi dao bi zasigurno pouzdanije rezultate, međutim statistička snaga samog istraživanja dobivena je povećanim brojem čestica mjerenja po ispitaniku. Nadalje, iako su ispitanici bili zamoljeni za iskrenu povratnu informaciju u upitniku za pridržavanje uputa u pojedinom uvjetu gađanja, istinitost i potpuna neovisnost tih odgovora ne može biti u potpunosti utvrđena. U budućim istraživanjima bilo bi zanmljivo istražiti koja misao „leži“ iza povratne informacije „nisam usmjerio fokus ni na što“, te uključiti u upitnik i mogućnost samoprijave „odličnog osjećaja otpucavanja“, te ih međusobno korelirati i korelirati sa postignutim pogotkom. Na kraju, sva mjerenja na svim ispitanicima provedena su u mirnoj trening atmosferi, stoga bi bilo vrlo interesantno istražiti karakteristike fokusa pažnje i vrijednosti pažnje i opuštenosti i tijekom natjecanja.

Znanstveni doprinos ovog rada sastoji se u proširenju spoznaja o procesu usmjeravanja pažnje i njegovom utjecaju na ishod motoričke aktivnosti (rezultat) i to u smislu: (1) usmjeravanja fokusa pažnje (interni/eksterni), (2) razlika između streličara različitog nivoa trenažne ekspertize, te (3) mogućnosti kvantificiranja psihofiziološkog stanja streličara tijekom različitih uvjeta gađanja mjerene BCI uređajem. Aplikativni doprinos ovog rada odnosi se na: (1) temeljem dobivenih rezultata može se unaprijediti trenerska praksa u smislu preciznijeg usmjeravanja fokusa pažnje kod streličara različitog nivoa s ciljem postizanja boljeg rezultata, (2) putem komercijalno dostupnog i ekonomski prihvatljivog BCI uređaja i treneri i streličari mogu pratiti mentalno stanje (vrijednosti pažnje i opuštenosti) tijekom treninga i natjecanja,

(3) polazište za izradu individualnih protokola i provođenje *neurofeedback* treninga čime se može unaprijediti streličarska izvedba i podići nivo rezultata.

7. LITERATURA

1. Abdollahipour R, Psotta R, Nieto MP, Rouzbahani M, Nikdast H, Bahram A. (2014). Effects of Intentional Focus Instructions on the learning of a target task: a moderation role of a visual feedback. *Kinesiology*, 46, 2. 210-217.
2. Acikada C, Ertan H, Tinazci C. (2004) Shooting Dynamics in Archery, U: Ergen E. and Hibner K, ur. Sports Medicine and Science in Archery, Lausanne, FITA, 15-36.
3. An, J; Wulf, G; Kim, S. (2013). Increased Carry Distance and X-factor Stretch in Golf through an External Focus of Attention. *J Motor Lear Develop*. 1 2-11.
4. Andreassi JL. (2007). Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response. Psychology Group, Taylor and Francis Group, New York.
5. Arns, M; Kleinnjenhuis, M; Fallahpour, K; Breteler, R. (2008). Golf Performance Enhancement and Real-Life Neurofeedback Training Using Personalized Event-Locked EEG Profiles. *J Neurother* 11(4), 11-18.
6. Babiloni, C; Del Percio, C; Iacoboni, M; Infarinato, M; Lizio, R; Marzano, N; Crespi, G; Dassu, F; Pirritano, M; Gallamini, M; Eusebi, F. (2008). Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms. *J Phys*. 586(1) 131-139.
7. Behan M, Wilson M. State anxiety and visual attention: the role of the quiet eye period in aiming to a far target. *J Sport Sci* 2008; 26(2): 207-215.
8. Birnie E. (2016.). Testing the constrained action hypothesis – the impact of internal and external cues on vertical jump and change of direction performance in trained and sedentary populations. St. MAry Univerity London. Magistarski rad.
9. Carillo AE, Christodoulou DX, Koutedakis Y i Flouris AD, (2011). Autonomic nervous system modulation during an archery competition in novice and experienced adolescent archers. *J Sport Sci*; 29(9): 913-917.
10. Carpenter, SK; Lohse, KR; Healy, AF; Bourne, LE; Clegg, BA. (2012). External focus of attention improves performance in a speeded aiming task. *J Applied Res Mem Cogn*. 59.
11. Caterini R. (1993). A model of Sporting Performance Constructed From Autonomic Nervous System Responses. *Eur J of Appl. Physiol*.; 67: 250-255.
12. Clarys JP. Cabri J, Bollens E, Sleeckx R, Taeymans J, Vermeiren M, Van Reeth G, Voss G. (1990). Muscular activity of different shooting distances, different release techniques, and different performance levels, with and without stabilizers, in target archery. *J Sport Sci*; 8(3): 235-257. (Abstract available)
13. Crews, DJ; Landers, DM. (1993). Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt. *Med Sci Sports Exerc*, 25(1), 116-126.

14. Crowley K, Sliney A, Pitt I, Murphy D. (2010). 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Tunis
15. Čižmek A, Peršun J. (2011). Vježbe za razvoj specifične koordinacije, ravnoteže i preciznosti u streličarstvu. U: Jukić i sur. ur. 9th Anual international conference Conditioning of athletes, Zagreb, Faculty of Kinesiology, University of Zagreb and Association of conditioning coaches of Croatia, 412-414.
16. Čižmek, A. (2007). Metodički postupci poučavanja osnova streličarstva. Diplomski rad. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
17. Doppelmayr, M., Finkenzeller T., Sauseng, P. (2008). Frontal Midline Theta in the Pre Shot Phase of Rifle Shooting: Differences Between Experts and Novices. *Neuropsychologia* 46 (5), 1463-1467.
18. Ertan H, Kentel B, Tumer ST, Korkusuz F (2003). Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Hum Mov Sci*; 22: 37-45.
19. Ertan H, i sur. (2011). Individual Variation of Bowstring Release in High Level Archery: A Comparative Case Study. *Hum Mov*; 12(3): 273-276.
20. Ertan H, i sur. (2005) Reliability and validity testing of an archery chronometer. *J Sport Sci and Med*; 4: 95-104.
21. Ertan H, Soylu AR, Korkusuz F. (2005) Quantification the relationship between FITA scores and EMG skill indexes in archery. *J Ele Kin*; 15: 222-227.
22. Ertan H. (2009). Muscular activation patterns of the bow arm in recurve archery. *J Sci Med Sport*; 12(3): 357-360.
23. Ferreira, E; Ferreira, D; Kim, SJ; Siirtola, P. (2014). Assesing real.tima cognitive load based on psycho-physiological measures for younger and older adults. IEEE Symposium on Computational Intelligence, Cognitive Alghorithms, Mind and Brain (CCMB). 39-48.
24. Filho, E.S.M.,Moraes, L.M., Tenenbaum, G. (2008.). Affective and Physiological States during Archery Competitions: Adopting and Enhancing the Probabilistic Methodology of Individual Affect-Related Performance Zones (IAPZs). *J App Sport Sci*, 20: 441-456.
25. Frangilli V. and Frangilli, M. (2005.) Heretic Archer. Legenda, Milano, 61-125.
26. Fronso S, Robazza C, Filho E, Bortoli L, COmani S, Bertollo M. (2016). Neural MArkers of Performance States in Olympic Athlete: An EEG case study in Air Pistol shooting. *J SPort Sci Med* 15, 214-222
27. Ganter, N. et al. (2010.) Comparing three methods for measuring the movement of the bow in the aiming phase of Olympic archery. *J Pro Eng*, 2, 3089-3094.

28. Haapalainen, E; Kim, SJ; Forlizzi, JF; Dey, AK. (2010). Psycho-Physiological Measures for Assessing Cognitive Load. UbiComp '10 Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing. 301-310.
29. Hammond C. (2007). Neurofeedback For the Enhancement of Athletic Performance and Physical Balance. *The Journal of the American Bord of Sport Psychology*. 1(1).
30. Hillman, CH; Apparies, RJ; Janelle, CM; Hatfield, BD. (2000). An electrocortical comparison of executed and rejected shots in skilled marksmen. Biol Psychol. 52(1):71-83.
31. Horsak B, Heller M. (2011). A Three-Dimensional Analysis of Finger and Bowstring Movements During the Release in Archery. *J App Bio*; 2: 151-160.
32. http://www.myndplay.com Pristupljeno 15.2.2017.
33. http://www.neurosky.com Pristupljeno 15.2.2017.
34. http://www.vmix.com Pristupljeno 15.2.2017.
35. Hung TM, Lin TC, Lee CL, Chen LC. (2008). Provision of Sport Psychology Services to Taiwan Archery Team for the 2004 Athens Olympic Games. *Int J Sport Exerc Psychol*. 6, 308-318.
36. Kaiser, DA, (2007). What is Quantative EEG? *J Neurotherap* Vol 10, 4
37. Kian A, Ghomshe FT, Norang Zohreh. (2013). Comparing the ability of controlling the bow hand during aiming phase between two elite and beginnercompound archers: A case study, *Eur J Exp Biol* 3(4) 103-111.
38. Kim, J; Lee, HM; Kim, WJ; Park, HJ; Kim, SW; Moon, DH; Woo, M; Tennant, LK. (2008). Neural correlates of pre-performance routines in expert and novice archers. *J Neu Let* 445: 236-241.
39. Kinney, C.D. (2005.). Archery: An Olympic History 1900-2004., World Sport Research and Publication, Los Angeles.
40. Klimesch W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*. 29, 169-195.
41. Kolays IE, Ertan H. (2016). Differences in Activation Patterns of Shoulder Girdle Muscles in Recurve Archers. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*. 7(1), 25-34.
42. Kramer D. (2007). Predictions of Performance by EEG and Skin Conductance, Indiana *Undergraduate Journal of Cognitive Science*. 2, 3-13.
43. Landers DM, i sur (1991). The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Med Sci Sport Exerc* 23(1): 123-129.
44. Landers DM, i sur. (1994). Effects of learning on Electroencephalographic and Electrocardiographic Patterns in Novice Archers.; 25: 313-330.

45. Lee KooH. (2010). Evaluation of Attention and Relaxation Levels of Archers in Shooting Process using Brain Wave Signal Analysis Algorithms Vol 12, No.3, 341-350.
46. Lee, K. and de Bondt R. (2005.) Total Archery. Samick Sports.
47. Leroyer P, Van Hoecke J, Helal JN. Biomechanical study of final push-pull in archery. *JSport Sci* 1993; 11: 63-69.
48. Lohse, K; Jones, M; Healy, AF; Sherwood, DE. (2013). The Role of Attention in Motor Control. *J Exper Psych General*. doi: 10.1037/a0032817
49. Lohse, K; Sherwood, DE; Healy, AF. (2010). How changing the focus of attention affects performance, kinematics, and electromyography in dart throwing. *Hum Mov Sci*. 29 542-555.
50. Loze, GM; Collins, D; Holmes, PS. (2001). Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: A comparison of best and worst shots. *J Sport Sci* 19: 727-733.
51. Mann DL, Litke N. Shoulder injuries in archery. Can J SportSci 1989; 14. 85-92.
52. Martin, P.E., Siler, W.L., Hoffman, D. Electromyographic analysis of bow string release in highly skilled archers. *JSport Sci*, 1990; 8, 215-221.
53. Masterpasqua F, Healey KN. (2003). Neurofeedback in Psychological Practice. *Professional Psychology: Research and Practice*. 34, 6; 652-656.
54. McNevin N, Shea CH, Wulf G. (2003). Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. *Psychological Research*, 67: 22-29.
55. Memmert, D. (2009). Pay attention! A review of visual attentional expertise in sport. *Int Rev Sport Exerc Psych*, 2(2), 119-138,
56. Neumann DL, Thomas PR. (2009). The relationship between skill level and patterns in cardiac and respiratory activity during golf putting. *Int J Psychophys* 72: 276-282.
57. Neumann, DL; Thomas PR. (2011). Cardiac and respiratory activity and golf putting performance under attentional focus instructions. *J Psych Sport* 12: 451-459.
58. Newell KM. (1985). Coordination, Control and Skill, U: Differing Persectives in Motor Learning, Memory and Control, Urednici: Goodman D, Wilberg RB, Franks IM. Elsevier Science Publishers, North Holland. 295-317.
59. Nishizono, A. et al. (1987). Analysis of archery shooting techniques by means of EMG In Ertan, H. et al. Reliability and validity testing of an archery chronometer. *J Sport Sci Med*, 2005; 4, 95-104.
60. Novak TP, Hoffman DL, (1997). Measuring the Flow Experience Among Web Users, *Interval Research Corporation* 31.

61. Patsis G, Sahli H, Verhelst W, De Troyer O. (2013). 21st International Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization, UMAP
62. Paul, M; Ganesan, S; Sandhu, JS; Simon, JV. (2012). Effect of Sensory Motor Rhythm Neurofeedback on Psycho-physiological, Electro-encephalographic Measures and Performance of Archery Players. *Ibnosina J Med BS* 2012,4(2):32-39.
63. Peh, SYC; Chow, JY; Davids, K. (2011). Focus of attention and it's impact on movemet behaviour. *J Sci Med in Sport*, 14 70-78.
64. Podržaj, M.M. (1998.). Lokostrelstvo. Tiskarna Žbogar. Begunje na Gorenjskem.
65. Pop-Jordanova N, Demerdzieva A. (2010). Biofeedback Training for Peak Performance in Sport – Case Study. *Macedonian Journal of Medical Sciences*. 3(2):113-118.
66. Privette G. (1983). Peak Experience, Peak Performance and Flow: A Comparative Analysis of Positive Human Experiences. *Journal of Personality and Social Psychology*. 45, 6. 1361-1368.
67. Raymond J, Varney C, Parkinson LA, Gruzelier, JH. (2005). The effects of alpha/theta neurofeedback on personality and mood. *Cognitive Brain Research* 23, 287-292.
68. Reboledo-Mendez, G; Dunwell, I; Martinez-Miron, EA; Vargas-Cerdan, MD; De Freitas, S; Liarokapis, F; Garcia-Gaona, AR. (2009). Assesing NeuroSky's Usability to Detect Attention Levels In an Assesment Exercise. Human-Computer Interaction, Part I, LNCS 5610, 149–158.
69. Robazza C, Bortoli L, Nougier V. (1999.). Emotions, heart rate and performance in archery. A case study. *J Sports Med Phys Fitness*, 39(2), 169-172.
70. Robazza C, Bortoli L, Nougier V. (2000). Performance Emotions In An Elite Archer: A case study. *J Sport Behavior*, 23.2.
71. Salazar W i sur. Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. *Res Q Exerc Sport* 1990; 61(4): 351-359.
72. Shiffrin RM, Schneider W. (1977). Controlled and Automatic Human Information Processing: II. Perceptual Learning, Automatic Attending and a General Theory, *Psychological Review*, 84. 2, 127-190.
73. Singer, R.N. (2000). Performance and human factors: considerations about cognition and attention for self-paced and externally paced events. Ergonomic, 43(10), 1661-1680.
74. Sowden P, Barett P. (2006). Psychophysiological measures. U: Breakwell GM i sur. ur. Research methods in Psychology, Oxford, SAGE Publications Ltd146-160.
75. Strack BW, Linden MK, Wilson VS, (2011). Biofeedback and Neurofeedback Applications in Sport Psychology, Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback,

76. Thompson T; Steffert T; Ros, T; Leach, J; Gruzelier, J. (2008). EEG aplications for sport and performance. *J Meth*, 45 279-288.
77. Tinazci C. The Analysis of Shooting Dynamics in Archery. Ankara: Hacettepe Uni 2001; Unpublished Doctoral Thesis.
78. Vance J, Wulf G, Toellner T, McNevin N, Mercer J. (2004). EMG Activity as a Function of the Performer's Focus of Attention. *J Mot Behav* 36. 4. 450-459.
79. Vernon DJ. (2005). Can Neurofeedback Enhance Performance? An Evaluation of Evidence with Implications for Future Research. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 30, 4.
80. Vickers, J.N. (2010). Discovering Golf's Innermost Truths: A new Approach to Teaching the Game – A commentary. *Int J Sport Sci anc Coach*, 5 89-93.
81. Vrbik, A; Bene, R; Vrbik, I. (2015). Heart rate values and levels of attention and relaxation in expert archers during shooting. *Hrvatski športsko medicinski vjesnik*. 30(1):21-29.
82. WA. (2014.) World Archery. <http://www.worldarchery.org/> Pristupljeno 15.2.2017.
83. Williams AM, i sur. Quiet Eye Duration, Expertise, and Task Complexitiy in Near and Far Aiming Tasks. *J Mot Beh* 2002, 34(2): 197-207.
84. Willingham DB, (1998). A Neuropsychological Theory of Motor Skill learning, *Psychological Review*, Vol. 105, No. 3, 558-584.
85. Wulf G. (2013): Attentional focus and motor learning: a review of 15 years, International *Review of Sport and Exercise Psychology*, 6:1, 77-104
86. Wulf, G. (2007). Attentional focus and motor learning: A review of 10 years of research. *E-Journal Bewegung und Training*. 1 4-14.
87. Wulf, G; Shea, C; Lewthwaite, R. (2010). Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Med Edu* 44: 75-84.
88. Wulf, G; Su, J. (2007). An External Focus of Attention Enhances Golf Shot Accuracy in Beginners and Experts. *Res Quart for Exerc Sport*, 78 (4), 384-389.
89. Wulf G, Prinz W. (2001). Directing Attention to movement effects enhances learning: A review, *Psychonomic Bulletin and Review*, 8, (4), 548-660
90. Wulf G, McConnel N, Gaertner M i Schwartz A. (2002). Enhancing the Learning of Sport Skills Through External_Focus Feedback. *J Mot Behav*, 34.2. 171-182.
91. Wulf G, Chiviacowsky S, Schiller E. i Avilla LTG. (2010). Frequent External Focus feedback enhances motor learning. *Frontiers in Psychology*, 1, Article 190.
92. Wulf G, Lauterbach B, Toole T. (1999). The Learning Advantages of An External Focus of Attention in Golf. *Res Quart Exerc and Sport*. 70.2. 120-126.

93. Wulf G, McNevin N, Shea CH. (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 54 A, 4. 1143-1154.
94. Wulf G, Weigelt C. (1997). Instructions About Physical Principles in Learning a Complex Motor Skill: To tell or not to tell… *Res Quart Exerc Sport*, 68 (4), 362-367.
95. Young JA, Pain MD. (1999). The Zone: Evidence of a Universal Phenomenon for Athletes Across Sports. *The Online Journal of Sport Psychology*, 1 (3).
96. Zachry T, Wulf G, Mercer J, Bezodis N. (2005). Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 67, 304-309.
97. Zeplin S, Galli N, Visek AJ, Durham W, STaples J. (2014.) Concentration and Attention in Sport. SportPsych Works, *Exercise and Sport Psychology* APA 47.

ŽIVOTOPIS AUTORICE

Rođena je 20.08. 1981. godine u Zagrebu. Osnovnu školu Ljudevita Gaja završila je u Zaprešiću. 1999. godine maturirala je u jezičnoj gimnaziji Lucijana Vranjanina u Zagrebu. 2007. godine diplomirala je na Kineziološkom Fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. 2009. godine upisala je poslijediplomski doktorski studij na matičnom fakultetu.

U osnovnoj školi počinje se aktivno baviti sportom. Paralelno je trenirala rukomet u rukometnim klubovima „Karbon Zaprešić“, te kasnije u „Trešnjevci“, i streličarstvo u „Prvom streličarskom klubu Zagreb 1955“. Prve zapaženije rezultate u streličarstvu postigla je već tijekom početka srednje škole. Uz mnogobrojna državna i međunarodna postignuća i rezultate, najveći sportski uspjeh je osvajanje brončane medalje na svjetskom dvoranskom seniorskom prvenstvu u Firenzi 2001.godine.

Od 2005. godine počinje honorarno raditi u matičnom klubu „PSK Zagreb 1955“. Od 2007. do 2011. godine radila je kao trenerica mlađih dobnih kategorija Hrvatskog streličarskog saveza, od čega od 2009.-2011. kao izbornica mlađih dobnih kategorija. Od 2011. zapošljava se u „PSK Zagreb 1955“ kao profesionalna trenerica. U međuvremenu je radila kao trenerica mlađih dobnih kategorija u odbojkaškom klubu „Nebo“ iz Zaprešića, te kao voditeljica programa Univerzalne sportske škole OŠ Mate Lovraka u Petrinji. Također od 2011. godine radi kao vanjski suradnik na OIT Kineziološkog fakulteta u Zagrebu na izbornom modulu Streličarstvo. Licencirana je WA trenerica (Svjetska streličarska federacija – World Archery) i nedavno imenovana Regionalnom konzultanticom za strateško planiranje i dobro vođenje od strane WA. Uz svoj trenerski posao, trenutno obnaša funkcije koordinatorice olimpijskih programa u Hrvatskom streličarskom savezu, predsjednice Razvojnog povjerenstva HSS-a, te predsjednice Zagrebačkog streličarskog saveza.

2015. godine ostvarila je svoje najveće postignuće, postavši mama. Sa obitelji stanuje u Petrinji.

POPIS RADOVA:

ZNANSTVENIH:

1. Vrbik, I. Čižmek, A. Jenko-Miholić S. (2010.): Effects of Different Curricula and Class Fund on Motor Abilities Change. U Prskalo I., Findak V. I Strel J. (ur.) 4th Special Focus Symposium: Individualizing Instruction in Kinesiology Education, Zagreb, 165-175. Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
2. Jenko – Miholić S,. Čižmek, A., Peršun, J. (2010.): Differences in morphological characteristics and motor skills between athlete and nonathlete high school boys. U

Prskalo I., Findak V. I Strel J. (ur.) 4th Special Focus Symposium: Individualizing Instruction in Kinesiology Education, Zagreb, 129-138. Učiteljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

3. Čižmek, A., Ohnjec, K., Vučetić, V., Gruić, I. (2010.): Morphological differences of elite Croatian female handball players according to their game position. Hrvatski Športsko-medicinski Vjesnik, Zagreb. 122-127.
4. Jenko – Miholić S,. Čižmek, A., Peršun, J. (2011.) Differences in morphological characteristics, motor skills and BMI between female high school students age 14-18 engaged in some recreational program and those lacking any. U Milanović D. I Sporiš G. (ur.) 6th International Scientific Conference on Kinesiology, Opatija, 238-243. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
5. Vrbik, I., Čižmek, A. Gruić, I. (2011.): Morphological differences between playing positions in elite male handball players. Hrvatski Športsko-medicinski Vjesnik, Zagreb. 94-99.
6. Vrbik, I., Čižmek, A., Peršun, J. (2011.): Razlike u motoričkim sposobnostima srednjoškolaca nogometaša i nesportaša. U Findak V. (ur.) Zbornik radova 20. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, 270-274.
7. Vrbik, I., Čižmek, A., Peršun, J. (2011.): Funkcionalne sposobnosti učenika u srednjoj školi. U Findak V. (ur.) Zbornik radova 20. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, 105-109.
8. Vrbik, I., Čižmek, A., Peršun, J. (2011.): Funkcionalne sposobnosti učenika u osnovnoj školi. U Prskalo I. I Novak D. (ur.) 6. Kongres FIEP-a Europe, Poreč, 512-219.
9. Vrbik, I., Čižmek, A., Čutuk, K. (2012.): Kretanje vrijednosti antropometrijskih mjera i testova za procjenu motoričkih sposobnosti kod učenica od 5. do 8. razreda. U Findak V. (ur.) Zbornik radova 21. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, 245-249.
10. Vrbik, I., Čižmek, A., Čutuk, K. (2012.): Razlike u promjeni nekih antropoloških obilježja kod dvije generacije djevojčica 5. do 8. razreda. U Šimović,V i Bežen, A. (ur.) Education in the modern european environment, Opatija
11. Čižmek, A; Vrbik, I; Jenko_Miholić, S. (2013.) Roditeljska potpora odbojkašicama, streličarima i streličarkama. U: Findak, V. (ur.) 22. Ljetna škola kineziologa, Poreč, str. 113-119, Kineziološki fakutet Sveučilište u Zagrebu
12. Vrbik, A; Bene, R; Vrbik, I. (2015). Heart rate values and levels of attention and relaxation in expert archers during shooting. Hrvatski športsko medicinski vjesnik. 30(1):21-29.

13. Vrbik, I., Vrbik., A. (2016). Video demonstracija kao način poučavanja u području edukacije. U Prskalo, I., Badrić, M., and Horvat, V. (ur.) 11th International Balkan Education and Science Conference, Poreč, 114-122.

STRUČNIH:

1. Čižmek, A., Pavelić-Karamatić L. (2010.): Individualizacija rada u treningu streličarstva mlađih dobnih kategorija. U Findak V (ur.) Zbornik radova 19. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, 312-316.
2. Pavelić- Karamatić, L. Čižmek, A. (2010.): Primjena individualiziranog oblika rada kod poremećaja statike djece. U Findak V (ur.) Zbornik radova 19. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, 352-356.
3. Harasin, D., Čižmek, A. (2010.): Vještine preživljavanja kao sadržaj team building programa. U Andrijašević M. i Jurakić D. (ur.) Međunarodna znanstveno-stručna konferencija Kineziološki sadržaji i društveni život mladih. Zagreb, 308-313.
4. Čižmek, A., Peršun, J. (2011.): Vježbe za razvoj specifične koordinacije, ravnoteže i preciznosti u streličarstvu. U Jukić i sur. (ur.) 9. Godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 412-414. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
5. Vrbik, I., Bjelajac, M., Čižmek, A. (2012.): Kompleksi vježbi za razvoj pozitivne agresivnosti primjenjivih u specifičnoj pripremi rukometaša mlađih dobnih kategorija. U Jukić i sur. (ur.) 10. Godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 393-396. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
6. Vrbik, A; Koller Fundelić, L; Gešpaher, D. (2015.) Neke antropološke karakteristike vrhunskih mladih streličara. U Jukić i sur. (ur.) 13. Godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 105-110. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
7. Vrbik, A; Gešpaher, D; Koller Fundelić, L. (2015.) Kineziološka analiza streličarstva. U Jukić i sur. (ur.) 13. Godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 310-317. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
8. Vukelić, J., Vrbik, I., Vrbik, A. (2016). Neurokognitivne vježbe nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta (Neurocognitive exercise approach after ACL reconstruction). Kondicijski trening, 14(2), 56-63.